

Von den 1950er Jahren bis heute

## Die Entwicklung des Betonstraßenbaus in Österreich

Hermann Sommer, Wien

Der Beitrag fasst die Entwicklung des Betonstraßenbaus in Österreich von den 1950er Jahren bis in die heutige Zeit zusammen. Die Geschichte des österreichischen Betonstraßenbaus zeigt, welchen Herausforderungen die Bauweise sich stellen musste und wie sie die Schwierigkeiten überwand. Durch die Beschreibung der technischen Zusammenhänge wird klar, welche Überlegungen und Rahmenbedingungen zu jenen bautechnischen Lösungen geführt haben, die heute zum Standardrepertoire des Straßenbaus in Österreich und zum Teil auch in anderen Ländern zählen.

### 1 Der Weg zur verstandenen Bauweise

#### 1.1 Ausgangslage

Der Betonstraßenbau in Österreich begann nach dem Krieg in den 1950er Jahren, zunächst auf Bundesstraßen, ab 1957 auf der Autobahn Salzburg – Wien.

Die Bauweise lehnte sich an die der Reichsautobahnen an: 10 m lange Betonfelder, mit einem Baustahlgitter zwischen dem Unterbeton mit Kies und dem frisch auf frisch aufgetragenen Oberbeton mit Hartsplitt. Jede dritte Querruge erhielt als Raumfuge ein fast über die ganze Deckendicke von 22 cm reichendes Holzbrett, das dem Beton bei Erwärmung Ausdehnen ermöglichen und nach Abkühlung die Betonplatten in Richtung ihrer ursprünglichen Lage zurückstellen sollte.

Eine dünne, mit Papier abgedeckte Sandschicht bildete die Deckenunterlage. Auf diese stellte man Drahtkörbe mit den Dübeln, für die Raumfugen mit einem hohen Holzbrett und für die Scheinfugen mit einer unteren trapezförmigen Holzleiste von 5 cm Höhe. Der Betoneinbau erfolgte

in der Regel 7,5 m breit mit schienengeführtem Gerät zwischen Stahlschalungen (Bild 1), das Schneiden der Querrugen am Tag danach und das der Längs-Scheinfuge in der Mitte meist etwas später. Ein bituminöser Verguss aller Fugen sollte das Eindringen von Wasser verhindern.

Die untere Fugeneinlage sollte nach dem 4 cm tiefen Fugenschnitt das Durchreißen der Scheinfugen fördern, der Sand unter der Decke die Reibung mit der Unterlage vermindern und zusammen mit dem Baustahlgitter Rissen zwischen den Fugen vorbeugen. Der Sand lagerte sich allerdings unter Verkehrseinwirkung um und wurde darum bald durch Bitumensand ersetzt.

#### 1.2 Die Probleme der 1960er Jahre

Aufgetretene Schäden und mangelhafter Fahrkomfort stellten in den 1960er Jahren die weitere Anwendung der Bauweise ernsthaft in Frage:

##### 1.2.1 Die Fugen

Viele Fugen waren schadhaft geworden. Beim Betoneinbau hatte die Fertigerbohle

nämlich das Fugenbrett der (damals) zahlreichen Raumfugen schiefgestellt oder den Beton im Fugenbereich nicht ausreichend verdichtet. Bei den Scheinfugen lag der Fugenschnitt nicht immer genau über der unteren Fugeneinlage aus Holz. Beide hatten den Betonquerschnitt um 9 cm (= 41 % der Deckendicke von 22 cm) auf 13 cm geschwächt. Daher gab es auch dort häufig Schäden. Die Reparatur war mühsam, die reparierte Stelle durfte erst nach Wochen wieder befahren werden und die Reparatur hinterließ oft zusätzliche Unebenheiten.

Auch ordnungsgemäß hergestellte Raumfugen waren wegen der Schnittbreite von 2 cm beim Befahren zu hören und zu spüren. Im Lauf der Zeit gingen sie zu (und die Scheinfugen auf), der Verguss wölbte sich über die Fahrbahnoberfläche hoch und verursachte beim Befahren einen Stoß.

##### 1.2.2 Baustahlgitter

Auf der Südautobahn wurden im Abschnitt Wien – Wiener Neustadt allein im Jahr 1965 eine Million m<sup>2</sup> Betondecke eingebaut. Bei großem Einbautempo gerieten die Stahlein-



**Bild 1:** Einbau mit schienengeführtem Gerät in den 1960er Jahren, von hinten: Frontverteiler für Unterbeton, Unterbetonfertiger, Dübelsetzgerät, Seitenverteiler für Oberbeton; nicht sichtbar: Oberbetonfertiger, Nivellierglätter, Arbeitsbühne, Bühne für Auftrag des Verdunstungsschutzes, Arbeits- und Schutzzelte.

#### Der Autor:

**Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hermann Sommer** studierte Bauingenieurwesen an der TU Wien. Anschließend arbeitete er als Bauleiter bei einer Wiener Bauunternehmung, dann 33 Jahre beim Forschungsinstitut der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie, davon 22 Jahre als dessen Leiter. Seit 2001 ist Hermann Sommer selbständig als Sachverständiger und Gutachter tätig.

lagen auf ihre ganze Länge in Schwingungen und erzeugten in der Oberfläche Querwellen. Sie machten schnelleres Fahren unangenehm und führten zu großer Aufregung in der Tagespresse.

### 1.2.3 Tausalzschäden

Die Wirkung künstlicher Luftporen war zwar grundsätzlich bekannt, ihre Notwendigkeit aber noch nicht überall akzeptiert und wo sie es war, funktionierte ihre Anwendung in der Praxis vielfach noch unzulänglich.

### 1.3 Aufklärungsarbeit vor Ort und Versuchsstrecken auf Bundesstraßen

Dem Forschungsinstitut der österreichischen Zementindustrie war bewusst, dass Abhilfe dringend nötig war. Rupert Springenschmid, 1962 dorthin berufen, nicht nur in der Betontechnologie zu Hause, sondern auch mit der Praxis des (damals weltweit führenden) amerikanischen Betonstraßenbaus vertraut, gelang sie:

Das Hauptthema waren zunächst die Frost-Tausalz-Schäden. Jeweils umgehend im Forschungsinstitut durchgeführte mikroskopische Auszählungen wiesen stets nach, dass die unerlässlichen künstlichen Luftporen fehlten. Bei der Herstellung neuer Betondecken kamen dergleichen negative Ergebnisse am erhärteten Beton für eine rechtzeitige Verbesserung natürlich zu spät. Der Luftporenprüfopf allein vermied damals schädliche Schwankungen nicht. Dies gelang aber mithilfe eines Taschenmikroskops. Schlug man auf der Baustelle vom Beton kleine Splitter ab, war an den Bruchflächen zu sehen, ob viele oder wenige kugelförmige Poren vorhanden waren. Auch Polier und Mischmeister konnten dies sehen und begreifen, welche große Wirkung das (in winziger Menge zugegebene) LP-Mittel hatte – und dass Sorgfalt notwendig war. Die Einbauleistung vom Vortag war so an vielen kleinen Betonsplintern einfach auf Gleichmäßigkeit zu beurteilen, die Ursache größerer Schwankungen meist schnell gefunden und damit künftig vermeidbar.

Beratung und Prüfungen kosteten nichts. Prüfungen an Gesteinskörnungen, Bestimmungen des Luftgehalts am Frischbeton und des Wassergehalts sowie die Mitteilung der Ergebnisse erfolgten möglichst vor Ort, LP-Auszählungen und Festigkeiten an Bohrkernen dagegen natürlich im Labor in Wien.

Dieser Einsatz hatte dem Forschungsinstitut bei Baufirmen und Straßenverwaltung Gewicht verschafft und so fand auch Kritik an der Bauweise Gehör: Die Notwendigkeit von Raumfugen sei nicht erwiesen und in den USA kämen die Betondecken ganz ohne sie aus. Die Scheinfugen schneide man in Kalifornien ganz schmal und lasse sie offen liegen. Was schwer ordnungsgemäß herstellbar und womöglich überflüssig sei, lasse man doch besser überhaupt weg?

Das leuchtete den Baupraktikern gleich ein. Die Steiermark ließ bei einigen Bundesstraßenlos das Baustahlgitter, die Raum-

fugen und die Trapezleiste unter den Scheinfugen weg und diese nur 3 mm bis 4 mm breit schneiden (die bestehenden Vorschriften galten damals nur für Autobahnen, für Bundesstraßen gab es keine).

Die nicht vergossenen schmalen Querfugen waren beim Befahren nicht mehr zu spüren, bei Trockenheit nicht einmal zu sehen. Die Betondecke war billiger, für den Benutzer fugenlos und für die Straßenerhaltung einfacher geworden. Es gab kaum Kantenschäden und keine Schwierigkeiten beim Winterdienst.

Die besonders experimentierfreudige steiermärkische Bundesstraßenverwaltung ließ bei einigen Betondeckenlosen (schon auf bituminöser Unterlage, s. Abschnitt 1.5) nicht nur den Fugenverguss, sondern zusätzlich auch die Dübel weg, in der Hoffnung, die Verzahnung der Rissflächen würde bei kurzen Feldern die Lasten an den Scheinfugen allein ausreichend übertragen.

Nach einigen Jahren entstanden jedoch bei diesen schwer belasteten Straßen an den Querfugen Stufen von bis zu 1,5 cm, die beim Befahren empfindlich störten: Feinteile, von den damals häufigen Spikereifen fleißig produziert, waren durch die offenen Fugen auf die Deckenunterlage gelangt. Dort pressten schwere Radlasten, wenn sie auf eine neue Platte trafen, Wasser mit Feinteilen unter die Vorgängerplatte, wo sich das Wasser verlor, die Feinteile aber liegen blieben und sich ansammelten. Die Dübel hatten sich somit bei schwerem Verkehr als unerlässlich erwiesen. (In Kalifornien entwickelten sich ebenfalls Stufen, aber viel später als bei uns, weil es dort wenig regnet.)

### 1.4 Die raumfugenlose Bauweise mit offenen Scheinfugen auf der Autobahn

Die Betondecken auf Bundesstraßen ohne Raumfugen, Baustahlgitter und mit schmalen offenen Scheinfugen überzeugten, führten die Betondecke aus der Krise und ab 1967 zu einer grundlegenden Überarbeitung der Vorschriften für die Autobahnen.

#### 1.4.1 Raumfugen

Raumfugen waren nun nur mehr in Sonderfällen vorzusehen, nämlich bei einer Änderung der Deckendicke und bei Brücken (je zwei zum Schutz einer direkt befahrenen Übergangskonstruktion).

#### 1.4.2 Feldlänge

Inzwischen hatte Josef Eisenmann/München bekannt gemacht, welche Wölbspaltungen bei einer ungleichmäßigen Erwärmung bzw. Abkühlung in der Betondecke entstehen und sie in einem theoretischen Bemessungsverfahren zusammen mit den Verkehrslasten berücksichtigt. Danach weisen quadratische Platten die höchste Tragfähigkeit und das geringste Rissrisiko auf. Aus Kostengründen reduzierte man in den Richtlinien die Feldlänge allerdings zunächst nur auf 6,0 m, ließ aber einen gewissen Prozentsatz gerisser Platten zu, um den Bauunternehmungen nicht das ganze Risiko aufzubürden. Diese

Festlegung bewährte sich, wohl aufgrund der gegenüber früher viel tragfähigeren gebundenen Deckenunterlage (s. Abschnitt 1.5). Die Baustahlgitter entfielen, sie hatten ja schon bisher Risse nicht verhindert.

### 1.4.3 Scheinfugen

Die untere Fugeneinlage aus Holz entfiel und 1972 nahmen die Vorschriften auch die offenen Querscheinfugen auf. Messungen auf eine Autobahnversuchsstrecke hatten nämlich inzwischen nachgewiesen, dass die Druckspannungen im Sommer die Beanspruchbarkeit einer ordnungsgemäß hergestellten Betondecke nicht überschreiten, selbst wenn die Scheinfugen ohne Verguss bleiben und sich die Riss-Spalten im Lauf der Zeit mit Feinteilen zusetzen.

Der Ausschreibende durfte nun selbst zwischen vergossenen und schmal geschnittenen offenen Scheinfugen wählen. Die Autobahnverwaltungen der Länder entschieden sich zunehmend für die offenen Fugen.

Raumfugen und Längsscheinfugen wurden und werden immer vergossen. Bei den letzteren verhindern die Anker ein Öffnen der Fuge, der Verguss hält lange und dient dem Verkehr als optische Führung.

### 1.4.4 Deckenbeton

Die Betondecke wird in der Regel zweischichtig hergestellt. Denn der aus Griffigkeits- und Verschleißgründen erforderliche Hartsplitt ist teurer als der für den Unterbeton verwendete Kies.

Der Beton war (wie schon bisher) mit einem geeigneten luftporenbildenden Zusatzmittel herzustellen. Der Luftgehalt hatte 3,5 Vol.-% bis 5,0 Vol.-% zu betragen, die (für die Tragfähigkeit entscheidende) Biegezugfestigkeit mindestens 5,5 N/mm<sup>2</sup> nach 28 Tagen (für Unter- und Oberbeton gleich), die Druckfestigkeit beim Oberbeton mindestens 40 N/mm<sup>2</sup>, beim Unterbeton nur 35 N/mm<sup>2</sup>. Die höhere Anforderung beim Oberbeton sollte einen überhöhten Luftgehalt (der die Druckfestigkeit stärker vermindert als die Biegezugfestigkeit) ausschließen, der auch den Verschleißwiderstand beeinträchtigen würde.

Diese Anforderungen gelten (mit Zusätzen für Waschbeton, s. Abschnitt 3.4, und Anpassungen an neue Normen und Umstellung auf die Spaltzugfestigkeit) im Wesentlichen bis heute.

### 1.5 Gebundene Unterlage

#### 1.5.1 Bituminöse Tragschicht auf Frostschuttschicht

Eine bituminöse Unterlage hatte sich inzwischen bei den Bauvorhaben auf Bundesstraßen gewissermaßen schon von selbst eingeführt: Eine dünne bituminöse Decke war teilweise schon vorhanden oder vorgesehen worden, um den Verkehr während der Bauführung über die Strecke führen zu können. Sie bot der Betondecke nun eine erosionsbeständige Unterlage.

Bei der Autobahn musste man etwas tun, wenn die Frostschuttschicht sich unter

dem Baustellenverkehr als nicht ausreichend stabil erwies oder die geforderten Lastplattenwerte nicht erreichte. In Oberösterreich war der damalige Baudirektor ein Pionier der verschiedenen Stabilisierungsverfahren: Mit dem bei der VÖST (Stahlwerke in Linz) preiswert verfügbaren Heissteter wurden auf der Autobahn die obersten 10 cm der Frostschuttschicht vor Ort (zunächst mit dem Motorgrader als Mischgerät) stabilisiert. Dieser „Baumischbelag“ ertrug den Baustellenverkehr und sollte sich bei der Erneuerung 35 bis 40 Jahre danach (s. Abschnitt 3.4) als noch immer intakt herausstellen.

An seine Stelle trat später eine mindestens 5 cm dicke bituminöse Tragschicht. Sie bildet bis heute bei allen Autobahnen und ähnlich belasteten Straßen die Betondeckunterlage. Sie ist erosionsbeständig, kann unter die Betondecke gelangtes Wasser seitlich abführen und erlaubt, entsprechend verstärkt, auch eine provisorische Verkehrsbenutzung. In kupiertem Gelände mit häufigem Wechsel zwischen Damm, Brücken und Einschnitt ließ man so die Setzungen bis zum Aufbringen der Betondecke abklingen.

## 1.5.2 Bituminöse Tragschicht auf mit Bindemittel stabilisierten Schichten

Beim Bau der A2 Südatautobahn Wien – Tarnis in den 1970er Jahren über die Packalpe (zwischen der Steiermark und Kärnten) hätte man Kiessand für die untere Tragschicht aus dem Grazer Becken heraufführen müssen. Stattdessen wurde der örtlich vorhandene tonige Boden in zwei je 20 cm dicken Lagen mit Kalk stabilisiert und darauf eine 20 cm dicke Zementstabilisierung aus dem entsprechend aufbereiteten Tunnelausbruch eingebaut. Statt die Betondecke (wie in Deutschland) direkt auf die Zementstabilisierung zu legen, sah man dazwischen eine 5 cm dicke Asphalttschicht vor. Die aus frostempfindlichem Korn hergestellte Zementstabilisierung hätte sonst dem Angriff der Tausalztlösung nicht lange standgehalten (alpines Klima, große Seehöhe, Scheinfugen damals schmal geschnitten und nicht vergossen).

Der gleiche Aufbau kam z.B. 2007 in einem Teilabschnitt der A5 Nordautobahn Wien – Brunn zur Ausführung, jedoch mit einem Gemisch von Asphaltfräsgut und Sand für die 20 cm dicke Zementstabilisierung und mit einem Kalk-Zement-Gemisch für die Stabilisierung des örtlich vorhandenen schluffigen Bodens, wobei entsprechend leistungsfähige Fräsen und Stampffußwalzen die Ausführung in einer 40 cm dicken Lage zuließen.

## 1.6 Nachbesserungen

### 1.6.1 Ausfallkörnung für den Oberbeton

Ende der 1960er Jahre erzeugten die damals viel verwendeten Spikereifen in den Fahrbahnen schon deutliche Spurrinnen. Da Asphalt leicht zu reparieren war, Beton dagegen nicht, sollte er einen möglichst hohen Verschleißwiderstand erhalten.

Das Forschungsinstitut in Wien untersuchte die Einflüsse auf den Verschleiß durch Spikereifen mit einem Verkehrssimulator, einer Eigenkonstruktion: In einer knapp 2 m messenden Stahltrommel liefen zwei Spikereifen mit bis zu 100 km/h über an die Innenwand geklemmte kreiszylindrische Betonprobeplatten, deren Verschleiß durch Wiegen einfach zu bestimmen war. (Weitere Versuche mit unterschiedlich bespiketen Reifen und verschiedenen Geschwindigkeiten führten übrigens dazu, dass in Österreich der Spikeüberstand auf 1,5 mm und die Fahrgeschwindigkeit auf 100 km/h begrenzt wurde.)

Das Grobkorn erwies sich als der Träger des Verschleißwiderstands: Es musste aus verschleißfestem Gestein bestehen, das Korn einen möglichst hohem Anteil ausmachen und so groß sein, dass die Spikes es nicht herausreißen konnten.

Die bisher übliche Kornzusammensetzung in der unteren Hälfte des günstigen Bereichs wurde nur für den Unterbeton beibehalten, der Oberbeton dagegen hinfür mit Ausfallkörnung 4/8 und 65 M.-% bis 70 M.-% verschleißresistentem Korn 8/22 (bei Straßenbeton mit Fließmittel, s. Abschnitt 2.2, mindestens 60 M.-%) hergestellt und der Richtwert für den Zementgehalt, der bisher wie beim Unterbeton 350 kg/m<sup>3</sup> betragen hatte, wegen des höheren Mörtelgehalts auf 400 kg/m<sup>3</sup> erhöht.

### 1.6.2 Verkehrsfreigabe

Die bis 1967 vorgeschriebene dreiwöchige Sperrfrist kam von den Beton-Probewürfeln, die in ihrer Stahlschalung und stets in einer Umgebung von 20 °C lagerten und bei den damaligen Zementen erst nach etwa dieser Zeit einen hohen Prozentsatz ihrer 28 Tage-Festigkeit erreichten. Aber notwendig konnte das doch nicht sein: Die Fugenschneider stellten ja den schweren Wasserwagen auf die erst einen Tag alte Decke – ohne dass dies je zu Schäden geführt hätte.

Macht man dagegen Probepismen so hoch wie die Deckendicke und in Schalungen, die seitlich und unten mit Styropor ausgelegt (und mit einer steifen Kunststoff-Folie abgedeckt) sind, kann der Beton sich so wie in der Decke aufheizen und ebenso schnell wie in dieser erhärten. Prüft man nun die (für die Tragfähigkeit maßgebliche) Biegezugfestigkeit, so stellt man fest, dass diese sich schneller entwickelt als die Druckfestigkeit und der für die Verkehrsfreigabe erforderliche Wert sich entsprechend früh einstellt: bei dem damals üblichen Straßenbeton (w/z-Wert bis ca. 0,45) in der warmen Jahreszeit nämlich nach etwa drei Tagen (und nicht erst nach drei Wochen).

### 1.6.3 Rückkehr der verschlossenen Scheinfugen

Mit den schmalen offenen Fugen war man lange Jahre hochzufrieden. Aber schließlich stellte sich doch heraus: Die Betondecke wurde immer länger (denn immer mehr Feinteile setzten den Riss-Spalt zu) und die für den Schutz der Brückenüber-

gänge nötigen Raumbfugen wurden vorzeitig verbraucht. Auch Aufstauchungen traten, wenn auch nur bei nicht ganz ordnungsgemäß hergestellten Stellen, so doch immerhin deutlich früher auf. Zusätzlich fanden sich z.B. bei Probeschürfen für die Planung von Verbreiterungsmaßnahmen unter dem Beton auf einer Seite der Fuge mehr Feinteile vor als auf der anderen: Die Dübel hatten zwar eine Stufenbildung verhindert, aber die Auflagebedingungen der Decke (und damit deren mögliche Lebensdauer) hatten sich doch verschlechtert.

Daraus folgte: Im Interesse einer hohen Lebensdauer sowie wenig Instandhaltung und Verkehrsbehinderung sollten Feinteile möglichst nicht in die Decke eindringen können, d.h. die Fugen doch verschlossen sein; auf jeden Fall bei schwerem Verkehr; nicht bei leichtem Verkehr, denn dort fehlen die häufigen schweren Lasten, die die schädlichen Vorgänge an und unter den Fugen auslösen.

Bei Neuerstellungen auf Autobahnen wurden ab dem Jahr 1990 zunehmend wieder alle Fugen verfüllt, dies schließlich für schweren Verkehr verbindlich vorgeschrieben und ab dem Jahr 2000 bei bestehenden Decken die offenen Scheinfugen nachgeschnitten und vergossen. Bei neuen Betondecken verschließt man heute die Querscheinfugen mit einem Fugenprofil (dieses mit Schnurseele, die ein Überdehnen beim Einbau verhindert), die Längs- und Pressfugen mit bituminösem Verguss.

Damit der Fugenverschluss lange hält, sollen die Scheinfugen gleichmäßig reißen, aufgehen und arbeiten. Dies setzt voraus:

- einen guten Verbund der Decke, erreicht durch sorgfältiges Reinigen, allenfalls (bei größerer Längsneigung) durch leichtes Anfräsen der Deckenunterlage;
- den Verzicht auf so genannte Kontrollfugen, denn diese gehen weiter auf als die später geschnittenen (früher wurde öfter zuerst z.B. nur jede dritte Fuge geschnitten, um Querrissen sicher zuvorzukommen);
- Schneiden grundsätzlich zum frühestmöglichen Zeitpunkt (wenn Kanten gerade noch nicht ausbrechen) und
- laufendes Anpassen der Schnitttiefe (Querscheinfugen mindestens 25 %, Längsfugen mindestens 33 %) an die tatsächliche Deckendicke.

Die Nachbehandlungsmittel sollen (zumindest im Sommer) hell sein. Unter einem dunklen Film (oder einer Folienabdeckung) heizt sich die oberste Betonschicht stärker auf; wegen der höheren Wölbspannungen könnten Risse auftreten, bevor geschnitten werden kann.

### 1.6.4 Entwässerung der Unterlage

Schäden treten erfahrungsgemäß stets zuerst an Tiefstellen auf. Höher gelegene Stellen, an denen die Decke die gleichen Herstellungsmängel und auch eine feuchte Unterlage, aber keine Staunässe aufweist, zeigen dagegen dann noch keine Schäden. Staunässe ist daher zu vermeiden.



Da auch verschlossene Fugen das Eindringen von Wasser auf Dauer nicht gänzlich verhindern, sind an Tiefpunkten vorsorglich gezielt Maßnahmen für die Abfuhr eingedrungenen Wassers vorzusehen.

Solche Stellen gibt es wegen der Querneigung der Fahrbahn auch in der Ebene: Der Abstellstreifen behält seinen Verbund mit der Unterlage lang, während im ersten Fahrstreifen der Schwerverkehr die Platten früher löst. Das unter die Decke gelangte Wasser staut sich dann bei Querneigung nach außen an der Längsfuge und wird schließlich – kenntlich an den schwarzen Fahnen – hochgedrückt.

Vorsorglich werden daher seit 1990 unter den Querfugen des Abstellstreifens und mind. 25 cm in den Fahrstreifen hinein Flachdrains (Kunststoffhohlprofil 8 mm x 8 cm, mit Vlies umhüllt) in (in die bituminöse Unterlage eingefräste) Nuten gelegt und angeschossen, damit das Fahrwerk des Fertigers die Drains beim Betoneinbau nicht beschädigt. Sinngemäß verfährt man bei Querneigung nach innen unter dem inneren Randstreifen (bis in den inneren Fahrstreifen hinein), weil hier der Verbund auch länger hält als im Fahrstreifen. Seitliche Ausleitung durch das Bankett bis zur Mulde oder Böschung bzw. Mittelstreifenentwässerung ist natürlich unerlässlich.

Wenn sich die Drains, wie ursprünglich erwartet, nach fünf, spätestens zehn Jahren zusetzen, hätten sie das Auftreten wasserbedingter Schäden um eben diese Zeitspanne verzögert und ihr Geld schon verdient. Tatsächlich wurden aber die Flachdrains auch nach 20 Jahren noch funktionsfähig vorgefunden, z.B. beim Zulegen eines Fahrstreifens. Man führt dann die Flachdrains unter der neuen Decke nach außen fort und legt zusätzlich noch ein Flachdrain neben die alte Decke (oder sieht unter der neuen Decke 5 cm Drainspalt vor).

Bei Querneigung nach innen bohrt man neben der Längspressfuge durch die gebundene Tragschicht bis zur Frostschutzschicht (mindestens drei Löcher, Durchmesser 10 cm/Feldlänge), verfüllt mit gleichkörnigem Splitt und deckt mit Vlies ab; ebenso bei der Erneuerung einzelner Betonfelder oder Plattenteile, wenn eine Ausleitung nach außen nicht möglich ist.

### 1.6.5 Asphaltstreifen als Raumfugenersatz

Bei Brücken mit einer direkt befahrenen Übergangskonstruktion sind zu deren Schutz zwei Raumfugen vorgeschrieben. Heute macht man zunehmend nur mehr eine Raumfuge (als Kontrollfuge für die Brückenerhaltung) und 30 m bis 50 m davor anstatt der zweiten einen mind. 1,5 m breiten Asphaltstreifen (die anschließenden Betonfelder sind quadratisch auszuführen), der ein allfälliges Schieben der Betondecke aufnimmt und erforderlichenfalls wieder eben gefräst wird. Die bituminöse Unterlage wird vor dem Deckeneinbau auf mind. 150 m Länge fein angefräst und gut gereinigt, damit sich der Beton mit seiner Unterlage sicher gut verbindet.

### 1.6.6 Deckendicke und Feldlänge

Der Zunahme des Schwerverkehrs Rechnung tragend hat seit 2011 die Dicke bei der Lastklasse I (6,5 Mio. bis 18 Mio. BNLW) 22 cm, bei der Lastklasse S (18 Mio. bis 40 Mio. BNLW) 25 cm und bei noch stärkerer Verkehrsbelastung 28 cm und die Feldlänge bei diesen Lastklassen 5,0 m (auf Brücken 4,0 m) zu betragen.

## 2 Bauchemie und Gleitschalungsfertiger

Ab der Mitte der 1970er Jahre gefährdeten zwei Umstände zunehmend die Konkurrenzfähigkeit der Bauweise: die langen Sperrfristen für jungen Beton und die hohen Lohnkosten bei der Herstellung.

### 2.1 Betonstraßenbau in Wien in den 70er Jahren

Wien hat traditionell einen hohen Betondeckenanteil, nicht nur auf den Autobahnen im Stadtgebiet und größeren Straßenzügen wie dem Wiener Gürtel, sondern vor allem auch verteilt auf viele kleine Baustellen.

Der Einbau des steif-plastischen Betons erfolgte lohnaufwendig und zeitraubend mit Kleingeräten wie Rüttelplatten. Der dicht gewordene Verkehr verlangte nun eine schnellere Herstellung und kürzere Sperrzeiten bis zur Verkehrsfreigabe, vor allem und besonders nach Reparaturen.

### 2.2 Straßenbeton mit Fließmittel

Mit den damals frisch aufgekommenen Fließmitteln konnte man einen steif-plastischen Beton auf weich verflüssigen und den Einbau sehr erleichtern. Freilich erforderte die Arbeit mit ihnen eine Umstellung. Hatte man bisher den Beton im Interesse eines geringen Wasser- und Zementanspruchs möglichst sandarm („resch“) hergestellt, so musste der Beton jetzt vergleichsweise viel Mehlkorn und Feinsand enthalten. Eine gewisse (früher als fachwidrig verpönte) Klebrigkeit musste nämlich verhindern, dass beim Einbau der Feinmörtel davonlief und das Grobkorn liegen blieb. Manch alter Betondeckenbauer schüttelte den Kopf über die klebrige Neuigkeit und meinte, ihr werdet euch noch wundern. Womit er nicht ganz unrecht hatte, s. Abschnitt 2.4.

Die verflüssigende Wirkung der Fließmittel hält nur kurze Zeit an. Darum kommt der Beton in Fahrmischern auf die Baustelle und erhält das Fließmittel erst kurz vor Betonübergabe eingemischt. Das erhöht die Betonkosten, erleichtert aber den Einbau. Der gut zusammenhaltende Beton kann mit der Rinne des Fahrmischers grob und mit dem Rechen fein verteilt und durch Stoßen mit dem Rechenrücken (auch im Bereich von Dübelkörben) ausreichend verdichtet und mit einer leichten Rüttelbohle eben abgezogen werden. Den Unterbeton lässt man etwas liegen, bis die verflüssigende Wirkung nachgelassen hat, und baut den nur wenige cm dünnen Oberbeton erst dann ein. Der Beton würde sonst aus der Querneigung abfließen.

Damit waren Reparaturen und die in der Stadt so häufigen Kleinerherstellungen leicht geworden. Die Regeln für die Zusammensetzung und Verarbeitung konnte das Forschungsinstitut in Wien in Zusammenarbeit mit der Einbaupartie der Bauunternehmung Pittel & Brausewetter verhältnismäßig schnell entwickeln und schon 1978 in die Vorschriften einführen.

Seitdem ist der Straßenbeton mit Fließmittel in Wien täglich geübte Praxis und (heute wegen der Griffigkeit fast durchweg als Waschbeton, s. Abschnitt 3) überall zu finden: bei schwer belasteten Straßen, in jedem Staubereich, bei Busspuren und Bus-Haltebuchten.

In der ersten Zeit enthielt das Fließmittel noch viel Entschäumer. Es durfte nicht hoch dosiert werden, weil sonst die künstlichen Luftporen des Betons verloren gingen oder sich unzulässig vergrößerten. Bald waren die Fließmittel aber so weit, dass man den Beton nicht nur verflüssigen, sondern ihn zusätzlich auch besser, nämlich mit weniger Wasser und kleinerem w/z-Wert herstellen konnte, d.h. mit entsprechend höheren Festigkeiten.

### 2.3 Frühzeitige Verkehrsfreigabe

Der damals übliche Straßenbeton (w/z-Wert bis ca. 0,45) konnte in der warmen Jahreszeit den Verkehr nach etwa drei Tagen aufnehmen, s. Abschnitt 1.6.2.

Bei Straßenbeton mit Fließmittel waren jedoch ohne Erhöhung des Zementgehalts auch w/z-Werte um 0,40 (später auch deutlich darunter) und damit früh höhere Festigkeiten möglich: Der Verkehr durfte (bei entsprechender Witterung bzw. mit wärmedämmender Abdeckung) die neue Betondecke schon einen Tag nach dem Einbau befahren.

Der sogenannte 24-Stunden-Beton (w/z unter 0,40) ist in Wien seit zwei Jahrzehnten eine Selbstverständlichkeit. Er erfordert natürlich eine sorgfältige Organisation, vor allem auch der Vorarbeiten (Begrenzungsschnitte, Entfernen der alten Decke, Richten der Unterlage). Auf Autobahnen und anderen stark befahrenen Straßen verlegt man auch diese in eine verkehrsunruhige Zeit (z.B. ab Freitagabend oder in der Nacht), baut den Beton ab Samstag mittags ein und gibt am Sonntag wieder frei, bevor der Wochenendverkehr zurückflutet.

### 2.4 Neue Nachbehandlungsmittel

Um ein Austrocknen des jungen Betons zu verhindern, sprühte man bisher den Verdunstungsschutz erst auf die nur mehr mattfeuchte Oberfläche (auf der nassen Oberfläche hätte sie keinen sperrenden Film gebildet.) Der feinteilreiche Straßenbeton mit Fließmittel konnte aber bei warmem oder windigem Wetter schon vorher Risse entwickeln, die zwar nur wenige cm tief reichten, aber Nachteile für das Langzeitverhalten befürchten ließen.

Der neue Beton benötigte also ein Nachbehandlungsmittel, das sich auf die noch feuchte Oberfläche auftragen ließ und

dennoch ausgezeichnet vor Verdunstung schützte. Der österreichischen Bauchemie gelang es schnell, solche Mittel zu entwickeln, und sie kümmerte sich auch darum, dass sie auf der Baustelle funktionierten. Ein Prüfverfahren und die Zulassungsbedingungen für solche Mittel folgten 1985.

Aber was tun bei plötzlich einsetzendem Regen? Die Bauchemie half wieder mit einem Mittel, das schon eine Viertelstunde nach dem Aufsprühen eine regenfeste Haut bildete und die bisher üblichen Regenschutzzelte ersetzen konnte. Die neuen Nachbehandlungsmittel beseitigten so ein wesentliches Hindernis für die Einführung des Gleitschalungsfertigers.

## 2.5 Gleitschalungsfertiger

Der Betoneinbau erfolgte damals noch zwischen Schalungsschienen, auf denen die Geräte fuhren. Dafür brauchte es viele: Verteiler und Fertiger für Unterbeton, Dübelsetzgerät, Verteiler und Fertiger für Oberbeton, Nivellier/Diagonalglätter, Arbeitsbühnen, Bühne zum Aufspritzen des Nachbehandlungsmittels, Arbeits- und Schutzzelte (Bild 1). Diesen Geräteeinsatz sollten nun zwei Gleitschalungsfertiger (je einen für Unter- und Oberbeton) ersetzen: wandernde Strangpressen für Fertigungsbreiten bis 14,25 m und Tagesleistungen (je nach Mischanlage und Transportkapazität) bis zu einem Kilometer und mehr. Sie ersparen auch die Schalungsschienen, deren Verlegen, Abmontieren und Reinigen für die Wiederverlegung mehr Personal erforderte als der Einbau selbst. Eine Betondeckenbaustelle beschäftigte damals rund 100 Mann mit entsprechend hohen Lohnkosten.

Dennoch konnten sich unsere Baufirmen erst spät zu dem wirtschaftlicheren Einbau mit den neuen Geräten entschließen: Man hätte die Dübel in Körben auf das Planum nageln müssen (während es für den Einbau zwischen Schalungsschienen ein Dübelsetzgerät gab) und wusste nicht, wie der Beton für den zweischichtigen Einbau über die Dübelkörbe hinweg zu den Fertigern zu bringen wäre. Denn bei unseren Platzverhältnissen muss der Beton in der Regel auf der unteren Tragschicht der in Bau befindlichen Richtungs-fahrbahn zugeführt werden. Auch wogen die zunächst verfügbaren Gleitschalungsfertiger bis zu 60 t, was bei den Brücken zu Schwierigkeiten führen würde.

Der Gleitschalungsfertiger kam daher in Österreich erst 1985 an, als er nur 40 t wog und es ihn auch mit Dübelsetzautomatik gab (diese wird zum Einrütteln auf den eingebauten Unterbeton abgesetzt, während der Fertiger weiterfährt). Die bisher vorgeschriebenen Arbeits- und Schutzzelte konnte man freilich nicht mehr einfach an einen Fertiger anhängen und auf Schienen nachziehen. Die neuen, sehr wirksamen Nachbehandlungsmittel (Abschnitt 2.4) ersetzen sie. Natürlich muss der Beton auch etwas anders, nämlich feinteilreicher als für den Einbau zwischen Schalungen zusammengesetzt sein, damit er gleich

nach dem Einbau gut zusammenhält, seine Form behält und auch an den Rändern nicht absackt.

Die Einstellung der Rüttelflaschen beim Oberbetonfertiger war von Anfang an heikel, denn sie sollten in den Rüttelgassen keine Entmischungen erzeugen oder gar den Unterbeton hochziehen. Als Problem erwies sich dies freilich erst später, als mit dem zunehmendem Verkehr die Ansprüche an die Struktur der Oberfläche stiegen, s. Abschnitt 3.3.

## 3 Waschbeton und Recycling

### 3.1 Problem auf der Autobahn und Lösungsansatz

Ende der 1980er Jahre sah es für die Betondecke traurig aus: Der zunehmende Verkehr hatte den Verkehrslärm zu einem Thema der Medien und der Politik gemacht. Die alten Betondecken waren leider deutlich lauter als Asphalt, denn die damals noch sehr verbreiteten Spikes hatten den Mörtel zwischen den groben Körnern herausgekratzt. Die Fahrbahn wies nun lauter kleine Buckel auf und brachte die Reifen zum Dröhnen. Die Straßenverwaltung sah sich im Hinblick auf die öffentliche Meinung kaum mehr in der Lage, die für schwere Verkehrsbelastungen besonders geeignete Betondecke auszusprechen.

Ein weiteres Problem war die Westautobahn: Die ältesten Abschnitte bei Salzburg waren 50 Jahre alt, hatten ausgedient und mussten ersetzt werden. Das Gleiche stand für die ganzen 300 km bis Wien bevor. Aber wie sollte das geschehen?

Auf die alte Decke konnte man nicht einfach eine andere legen, weil die vielen bestehenden Brücken die zusätzliche Last nicht getragen hätten. Man musste also die ausgediente Schicht entfernen und eine neue einbauen. Das war angesichts der strenger gewordenen Bestimmungen für den Landschafts- und Umweltschutz nicht einfach: Wohin mit dem herausgebrochenen Beton von 300 km Autobahn und woher die riesigen Mengen an Kies nehmen? Darin lag eine Chance: Er sollte aus dem alten Beton gewonnen werden!

### 3.2 Wiederverwendung von Altbeton

#### 3.2.1 Brechen von Altbeton und neuer Beton mit Betonbrechgut 4/32

Warum auch nicht? Schließlich ist Beton ein künstliches Gestein und alter Straßenbeton mit Druckfestigkeiten von 70 N/mm<sup>2</sup> bis 100 N/mm<sup>2</sup> nicht weniger fest als manches natürliche Gestein.

Die beim Brechen von Altbeton anfallenden groben Körner bestehen überwiegend aus den ursprünglichen Gesteinskörnern mit angerauten Oberflächen und wenig anhaftendem Feinmörtel. Im feinen Brechgut finden sich dagegen alle mürben, wenig festen Bestandteile und der zementreiche Feinmörtel angereichert wieder.

Wenn wir das Brechgut in Fraktionen trennten und diese im Labor nach einer günstigen Sieblinie zusammensetzten, wies der neue Beton einen kleineren E-Modul

und ein deutlich größeres Schwinden auf als Beton aus Sand und Kies – wie nach dem hohen Gehalt (an altem und neuem) Zementstein nicht anders zu erwarten. Vor allem war aber auch der Frost-Tausalz-Widerstand deutlich beeinträchtigt.

Im Gegensatz dazu unterschied sich Beton aus Betonbrechgut 4/32 und Natursand 0/4 bezüglich E-Modul, Schwinden, Kriechen und Frost-Tausalz-Widerstand vom Vergleichsbeton aus Sand und Kies kaum. Die vorgeschriebene Druckfestigkeit erforderte sogar eher etwas weniger Zement und führte dennoch zu deutlich höheren Biegezugfestigkeiten: Das grobe Beton-Brechgut hatte sich mit dem neuen Zementstein besser verbunden als der Kies bei erstmaliger Verwendung im Beton. Überdies enthielt er weniger Alkalien und konnte somit zu einer allfälligen Alkali-Kieselsäure-Reaktion weniger beitragen.

Der neue Unterbeton soll daher aus Betonbrechgut 4/32 und Natursand 0/4 ohne Beton-Brechgut < 4 mm hergestellt werden.

Diese Untersuchungen hatte das Forschungsinstitut in Wien schon 1984 (sechs Jahre, bevor das Problem akut wurde) mit Eigenmitteln durchgeführt. Seitdem hatte sich allerdings eine Komplikation eingestellt: Die von den Spikes geschaffenen Spurrinnen waren inzwischen mit bituminösem Mischgut aufgefüllt worden, das sich im Brechgut wiederfinden musste. Zusätzliche Versuche ergaben erfreulicherweise, dass ein bituminöser Anteil im Grobkorn erst bei einem Anteil von über 20 M.-% die Biegezugfestigkeit beeinträchtigte, während er in der Praxis stets unter 10 M.-% lag (s. Abschnitt 3.4.2).

#### 3.2.2 Verwendung des feinen Brechguts

Der Verzicht auf das feine Brechgut für den neuen Beton fiel leicht, denn es wurde an anderer Stelle benötigt: Nämlich für die Zementstabilisierung der obersten 20 cm der Frostschuttschicht, die ohne diesen Zusatz zu wenig Feinmaterial für ein hinreichend dichtes Gefüge enthielt. Die Stabilisierung des obersten Bereichs der Frostschuttschicht (die nach 40 Jahren bis 50 Jahren Bestand den heutigen Anforderungen vielfach nicht mehr entsprach) sollte die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion erhöhen und hielt zusammen mit 5 cm bituminöser Tragschicht dem Baustellenverkehr, der zur Gänze auf der zu erneuernden Richtungs-fahrbahn erfolgen musste, ausgezeichnet stand.

In weiten Bereichen der A1 Westautobahn ruhte die alte Betondecke auf einer mit Teer stabilisierten Schicht, die krebs-erregende organische Schadstoffe enthielt. Sie kam aufgefräst ebenfalls zur Stabilisierung und verbesserte die Kornzusammensetzung. Freilich musste die Zementindustrie, als stärker kontaminierte Bereiche angetroffen wurden, einen speziellen hydraulischen Tragschichtbinder mit adsorptiven Bestandteilen entwickeln, der die Schadstoffe besser binden konnte als Zement. Eine zusätzliche Sicherheit gegen Auslaugen bot die überdeckende bituminöse Tragschicht.



### 3.3 Waschbeton

Die Lärmemission war damals nicht nur bei uns ein Thema geworden. Der Betonstraßenausschuss der PIARC (Permanent International Association of Road Congresses, ein Zusammenschluss der nationalen Forschungsgesellschaften für das Straßenwesen) suchte zusammen, was es dazu weltweit gab. Eine für unsere Verhältnisse geeignete übernehmbare fertige Lösung fand sich nicht, wohl aber eine physikalische Grundlage dafür, wie eine Lärminderung zu erreichen wäre:

Grobe Wellen oder Buckel auf der Fahrbahn lassen die Reifen dröhnen, eine ganz glatte Oberfläche lässt sie zischen, weil die Luft aus der Reifenauflandfläche nicht gut entweichen kann. Die Reifen rollen leise, wenn die Fahrbahn zwar eben, aber feinrauh ist: Die einzelnen Erhebungen sollten nicht weiter als 10 mm voneinander entfernt sein (siehe dazu auch Abschnitt 5).

Diese Anforderung war mit einem feinkörnigen Beton mit Splitt 4/8 (statt wie bisher 8/22 mm) zu erfüllen, wenn sein Anteil durch Verwendung von Sand 0/1 und einer Ausfallkörnung 1/4 so hoch (mindestens 68 M.-%) war, dass die Splittkörner an der Oberfläche eng nebeneinander lagen. Um eine Rautiefe von 0,8 bis 1,0 mm zu erzielen, wurde auf die frische Oberfläche ein Kontaktverzögerer aufgesprüht, mit einem Verdunstungsschutz abgedeckt und der verzögerte Oberflächenmörtel später (je nach Temperatur und Verzögerer nach z.B. sechs Stunden bis 24 Stunden) weggebürstet.

Bei einer Rautiefe von 1,0 mm (bestimmt nach dem Sandfleckverfahren) blieb ein Korn von 4 mm Durchmesser noch zu mehr als der Hälfte im Feinmörtel eingebettet. Darum wurde eine Rautiefe von 0,8 mm bis 1,0 mm angestrebt – und mit einem entsprechenden Kontaktverzögerer (marktüblich z.B. für die Fertigteilerzeugung) auch erreicht.

Der Feinmörtel musste besser sein, um das Korn 4/8 ebenso fest zu halten wie früher das Korn 8/22. Dazu wurde ein w/z-Wert von 0,38 angestrebt, der mit 450 kg/m<sup>3</sup> Zement

und den damals verfügbaren Zusatzmitteln auch baupraktisch zielsicher zu erreichen war. Daraus ergab sich eine zu fordernde Biegezugfestigkeit von 7,0 N/mm<sup>2</sup> – und brachte als willkommenen Nebeneffekt trotz GK8 den E-Modul und das Schwinden in die Nähe der Werte für den Unterbeton.

### 3.4 Die Umsetzung in die Praxis

#### 3.4.1 Vorteile des Recycling-Konzepts

Das in Bild 2 dargestellte Recyclingkonzept erlaubt es, alles im Baulos aufgenommene Material hochwertig wiederzuverwenden, Deponien und Kiesgruben zu schonen, Transporte zu vermindern und sogar Kosten zu sparen (nach den Berechnungen der Autobahnverwaltung Salzburg etwa 5 %, selbst wenn man die Vorteile für die Umwelt nicht rechnet). Zusätzlich vermindert der als Waschbeton GK8 ausgeführte Oberbeton die Lärmbelastung bzw. die Kosten für Lärmschutzwände.

#### 3.4.2 Unterbeton aus Altbeton

Ein Deckenerneuerungslos bei Salzburg bot eine günstige Voraussetzung für die Erprobung des Recyclingbetons. Eine nahe gelegene Transportbetonfirma betrieb nämlich auch eine stationäre Recyclinganlage für Altbeton. Dort wurde der Beton von 1 km alter Autobahndecke hingeschafft, gebrochen und durch Nasssiebung die Fraktionen 4/8, 8/16 und 16/32 erzeugt, die den Anforderungen für natürliche Gesteinskörnungen entsprachen. Der damit und mit Natursand 0/4 mm hergestellte Unterbeton ließ sich einwandfrei einbauen und erfüllte auch bei den Betonprüfungen alle Erwartungen.

Künftige Erneuerungslose benötigten allerdings mobile Anlagen für das Brechen und Aufbereiten des Altbetons und für die Betonherstellung, die nicht nur sehr leistungsfähig, sondern auch leicht transportierbar und umsetzbar sein mussten. Denn die Autobahnverwaltung schrieb zur Verminderung der Unfallgefahr die Lose so aus, dass die für den öffentlichen Verkehr verbleibende, nur im Gegenverkehr mit herabgesetzter Geschwindigkeit zu befahrene

Richtungsfahrbahn jeweils nicht länger als etwa 8 km war.

Ein großes Kies- und Transportbeton-Unternehmen hatte den Mut und den Weitblick, in solche Anlagen zu investieren und sie weiterzuentwickeln. Das regte auch die Konkurrenz an und Recycling und Betonherstellung funktionierten eigentlich von Anfang an wie am Schnürchen.

Für das Brechen des Altbetons wurden Prallmühlen (nicht Backen- oder

Kreiselbrecher) verwendet, weil diese bei entsprechendem Betrieb die größtmögliche Ausbeute (nämlich etwa 65 M.-%) an wertvollem Grobkorn lieferten. Denn bei diesen zerfällt der Beton hauptsächlich entlang der Schichtgrenzen zwischen groben Körnern und Feinmörtel: Die Schwächstellen werden herausgebrochen und die größeren Gesteinskörner bleiben weitgehend unversehrt. Zwei Fahrstreifen alten Betons lieferten genug Grobkorn für den Unterbeton von drei neuen Fahrstreifen.

Die nass aufbereiteten Körnungen durfte man nicht austrocknen lassen. Sonst hätten sie dem frischen Beton Wasser entzogen und ihn schon vor dem Einbau ansteifen lassen können.

Ein Problem schien anfangs noch das bituminöse Mischgut zu bieten, mit dem die von den Spikes in der alten Decke geschaffenen Spurrinnen ausgefüllt worden waren und das sich im aufbereiteten Beton-Brechgut wiederfinden würde. Ihr Anteil im Korn 4/32 überschritt in der Praxis aber nie 10 M.-% und beeinträchtigte die Betoneigenschaften nicht.

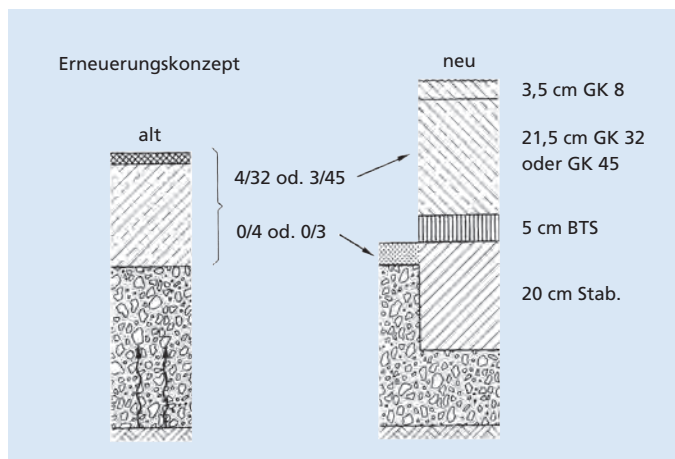
#### 3.4.3 Waschbeton

Nach einer kurzen Versuchsstrecke auf dem Währinger Gürtel in Wien baute die Firma Pittel+Bräuserwetter 1990 bei einer Fahrstreifenenerneuerung auf der A23 Südosttangente 1 km Waschbeton ein. Die Erstausführung auf der stärkst belasteten Autobahn Österreichs war natürlich ein Härtestest der besonderen Art. Aber die Wiener Autobahnverwaltung meinte: Wenn es dort hält, kann man es überall machen und das war, was es zu wissen galt.

Wegen der Kürze des Bauvorhabens wurde sowohl der mit Naturkies hergestellte Unterbeton wie auch der Waschbeton GK 8 als Straßenbeton mit Fließmittel ausgeführt. Das Aufsprühen des Verzögerers, Abdecken mit Folie und Ausbürsten des Oberflächenmörtels mit Wasser besorgte die Spezialfirma Robuco aus Belgien, wo man dies – freilich mit einem grobkörnigen Beton – schon seit einigen Jahren tat. (Bei späteren Baustellen wurde ohne Wasser ausgebürstet, der Name „Waschbeton“ blieb aber.) Die Oberflächenstruktur fiel sehr zufriedenstellend und gleichmäßig aus. Die Messung mit dem Rollgeräusch-Messanhänger ergab ein ähnlich niedriges Rollgeräusch wie auf manchem Drainasphalt.

Nicht so unkompliziert und geradlinig ließ sich der Waschbetoneinbau mit dem Gleitschalungsfertiger an. Die Rüttelflaschen neigten nämlich sehr dazu, Ober- und Unterbeton zu durchmischen oder gar den Unterbeton in einzelnen Rüttelgassen zur Oberfläche hochzuziehen.

Zufriedenheit kehrte erst ein, als eine Bauunternehmung sich an ihren Gleitschalungsfertiger einen Zusatzfertiger für den Oberbeton anbauen ließ, dessen Verdichtungsweise auf den neuen Oberbeton abgestimmt war: mit waagrechten, die ganze Einbaubreite gleichmäßig überdeckenden Rüttelstäben und einer Verdichtungsener-



**Bild 2: Erneuerungskonzept für die Betondecken der A1 Westautobahn (Vorschlag 1990, heute Waschbeton GK8 mindestens 4 cm dick und Unterbeton stets GK32)**



Bild 3: Ausbürsten des Waschbetons ohne Wasser



Bild 4: Einbau der Waschbetondecke 2007 auf der S1-Schnellstraße nördlich von Wien

gie, die den Unterbeton nicht anregte. Nicht nur die Oberbetondecke, vor allem auch die Oberflächenstruktur war sehr zufriedenstellend und gleichmäßig.

Die anfangs nach belgischem Vorbild auf die mit Verzögerer abgesprühte Oberfläche als Verdunstungsschutz verlegte Folie erwies sich bei warmer Witterung als nachteilig: Der Beton heizte sich stärker auf und neigte früher zum Reißen. Die Folie wurde weggelassen und stattdessen auf den Kontaktverzögerer ein hierfür geeignetes Nachbehandlungsmittel, später überhaupt ein Kombinationsmittel (Kontaktverzögerung und Nachbehandlung in einem) aufgesprüht. Die gute Sperrwirkung ließ sich schon daran erkennen, dass das Auskehren ohne Staubeentwicklung und ohne Wasser erfolgen konnte (Bild 3). Es wird also gar keinen Wasch- sondern ein Bürstbeton gemacht.

Sofort nach dem Ausbürsten ist ein zweites Nachbehandlungsmittel auf den ja (je nach Witterung) erst sechs Stunden bis 24 Stunden jungen Beton aufzusprühen, das die Anfangsgriffigkeit der Betondecke nicht beeinträchtigen darf.

Dieser Doppeldecker war allerdings mit 65 t sehr schwer, auf Brücken und beim Umzusetzen entsprechend unhandlich. Der Einbau erfolgte nach einigen Jahren wieder mit zwei getrennten Fertignern (Bild 4). Der Anbau des Ungetüms wurde entfernt und leider nicht zu einem selbständigen Oberbetonfertiger umgebaut, sondern verschrotet. Der auf den feinkörnigen Oberbeton abgestimmte Fertiger fehlt also leider bis heute wieder.

Den Firmen gelingt es aber trotzdem, durch Erfahrung und Erhöhung der Oberbetondecke den mit empfindlichen Sanktio-

nen belegten Anforderungen (s. Abschnitt 4.3) bezüglich Gleichmäßigkeit der Oberflächenstruktur (Aussehen, Profilspitzenzahl, Rautiefe), Dicke des unvermischten Oberbetons, Lärmemission und Griffigkeit (letztere nicht nur bei Übernahme, sondern auch am Ende der fünfjährigen Gewährleistungsfrist) zu genügen.

Die Lärminderung wird bei Waschbeton wie bei allen Decken mit der Zeit nicht besser, aber sie altert sehr langsam: Nach fünf Jahren ist das Rollgeräusch bei ihr niedriger als bei allen, selbst den teuersten Alternativen.

Anfangs wurde der Waschbeton wegen der etwas höheren Kosten nur in lärmensiblen Bereichen ausgeführt und in nicht-sensiblen statt dessen Oberbeton GK 22 mit Längsbesenstrich. Nachdem sich dort aber einige aufsehenerregende Unfälle zufolge mangelnder Griffigkeit ereignet hatten, entschied man sich wegen der guten Griffigkeit auch in solchen Bereichen für Waschbeton (allenfalls mit GK 11 statt GK 8) – übrigens auch auf Stadtstraßen in Wien, wo wegen der geringeren Fahrgeschwindigkeit das Rollgeräusch der Reifen ja keine größere Rolle spielt.

## 4 Vorschrift und Praxis 2016

### 4.1 Festigkeitsanforderungen

Tafel 1 zeigt die Festigkeitsanforderungen 1998 für Straßenbeton. Waschbeton benötigt einen festeren Zementstein, um die teilweise freigelegten Körner 4/8 bzw. 4/11 so festzuhalten, dass der Verkehr sie nicht herausreißt; daher die höhere Biegezugfestigkeit.

Die Anforderungen der Tafel 1 bezüglich Festigkeitsniveau haben sich seit 1998 kaum verändert, zeigen aber heute ein anderes Gesicht, weil auf die EN-Normen und auf die an Bohrkernen prüfbare Spaltzugfestigkeit umgestellt wurde. Details siehe: RVS 08 17 02 Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Betondecken – Deckenherstellung, Fassung April 2011. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, Wien.

Tafel 1: Festigkeitsanforderungen 1998 für Straßenbeton (Luftgehalt 4,0 Vol.-% bis 6,0 Vol.-%, L 300 1,8 %, AF 0,18 mm)

Schicht	Zementgehalt [kg/m <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>	Festigkeit nach 28 Tagen [N/mm <sup>2</sup> ]		Oberfläche	Anmerkung
		Druck	Biegezug		
Unterbeton GK 32	350 <sup>2)</sup>	≥ 35	≥ 5,5		auch bei RC-Beton
Oberbeton GK 22	400	≥ 40	≥ 5,5	Besenstrich	nur mehr selten
Oberbeton GK 11	450		≥ 7,5	Waschbeton	wenn Griffigkeit im Vordergrund
Oberbeton GK 8			≥ 7,5	Waschbeton	fast ausschließlich angewendet

<sup>1)</sup> Richtwert <sup>2)</sup> bei RC-Material 365 kg/m<sup>3</sup>

Tafel 2: Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Straßenbeton

Anforderung an die Betonoberfläche		konventionell	WB GK8	WB GK11
Rautiefe [mm] <sup>3)</sup>		≥ 0,4	0,7 bis 1,0	0,8 bis 1.2
Profilspitzen [n/25 cm <sup>2</sup> ]	Richtwert		60	45
	Mindestwert		≥ 50	≥ 35
Rollgeräusch bei 100 km/h <sup>2)</sup> [dB(A)]			≤ 101	≤ 102
Griffigkeit bei 60 km/h <sup>3)</sup>			≥ 0,62 Abnahme, ≥ 0,55 Gewährleistungsende	

<sup>1)</sup> Sandfleckverfahren <sup>2)</sup> gemessen mit dem Rollgeräuschmessanhänger <sup>3)</sup> gemessen mit RoadSTAR





**Bild 5:** Die Erneuerung einer Betondecke (Bild Autobahnabschnitt Wien – Wiener Neustadt) stellt zusätzliche Anforderungen an die Organisation der Bauarbeiten und der Verkehrsführung.

## 4.2 Anforderungen an die Oberfläche

Tafel 2 fasst die Anforderungen an die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche zusammen.

## 4.3 Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) forderte bei uns später Aufmerksamkeit als in den Nachbarländern: Die typischen Rissbilder fielen erst um das Jahr 2000 herum an einigen Stellen auf. Die angetroffenen reaktiven Gesteinskörner gehörten zum langsam reagierenden Typ, deren Reaktionsgeschwindigkeit durch den im österreichischen Betondeckenbau seit je verwendeten Zement mit Hüttensandzumahlung wohl zusätzlich verlangsamt wurde. Übrigens hat der österreichische Talsperrenbau wegen der dort (zur Verminderung von Reaktionswärme und Reißneigung des Betons) üblichen niedrigen Zement- und hohen Flugaschengehalte im Beton die AKR ebenfalls erst spät entdeckt. Heute verlangen die Betondeckenvorschriften den Nachweis, dass die vorgesehenen Gesteinskörnungen nicht reaktiv sind (mindestens 20-jähriges positives Praxisverhalten oder bestandener Mörtelschnell (14 Tage)- oder Betonlangzeitversuch (ein Jahr) auf AKR).

Diese Versuche sind auch am Betonrecyclingmaterial < 4 mm durchzuführen. Der Altbeton muss einen ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand aufweisen.

## 5 Schlussbemerkungen

Die Bauweise entwickelte sich jeweils in Antwort auf eine Gefährdung: Die Probleme der 1960er Jahre (vor allem mit den Fugen) lieferten den Anstoß zur Entwicklung der modernen Bauweise und zur Erkenntnis, wie Betonfestigkeit, Deckendicke, Feldlänge, Dübel, Fugenverschluss, Deckenunterlage und deren Entwässerung zusammenwirken. Später gefährdeten lange Verkehrssperren und hohe Lohnkosten ihre Konkurrenzfähigkeit. Die damals neuen Fließmittel und der Gleitschalungsfertiger schafften Abhilfe. Ende der 1980er Jahre waren die bevorstehende

Erneuerung der alten Decken und das Rollgeräusch auf der Fahrbahn die großen Herausforderungen, die mit einem Recyclingkonzept und dem feinkörnigen Waschbeton eine Antwort fanden.

Die Betondecken der österreichischen Autobahnen (Salzburg – Wien, Wien – Italien bzw. Slowenien, Salzburg-Italien, Wien-Ungarn) haben sich bewährt. Sie werden für eine Lebensdauer von 30 Jahren geplant und sind in der Regel 35 Jahre bis 40 Jahre alt, wenn sie erneuert werden. Freilich sind Verbesserungsmöglichkeiten schon lange zu sehen, sei es nur ein für den Waschbeton besser geeigneter Fertiger oder überhaupt ein neuer Oberbeton nach dem Konzept der feinrauhn Ebene mit Schluchten. Auch neue, jetzt noch nicht allgemein erkannte Herausforderungen werden auftreten und zu Veränderungen führen, sobald alle Betroffenen sie als notwendig oder vorteilhaft sehen.

## Danksagung

Für eine langjährige vertrauensvolle und zielstrebige Zusammenarbeit sei dankend gedacht an:

- die AG Betonstraßen der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr für ihr stetes Bemühen, Neues schnellstmöglich in die Vorschriften und damit zur Anwendung zu bringen;
- die Bauunternehmungen, die sich unter Inkaufnahme von Kosten und Risiko an Neues wagten;
- die Autobahnverwaltung, die das RC-Konzept und den Waschbeton mutig aufgriff und die Anfangsschwierigkeiten standfest ertrug; und
- die Mitglieder des PIARC-Betonstraßenkomitees, die in fast brüderlicher Gemeinschaft Informationen und Erfahrungen weltweit austauschten und bereitwillig Hilfe boten.

## Literaturhinweis

Auf ein Zitat der vielen notwendig gewordenen Detailarbeiten wurde verzichtet. Sie stammen ja alle aus vordigitaler Zeit und werden heute kaum mehr aufgesucht.

# 8<sup>th</sup> INTERNATIONAL V D Z CONGRESS

26 – 28  
September

Duesseldorf

2018

Germany



The V D Z Congress is an international scientific forum of the cement industry and its suppliers.

**Delegates from all over the world** will come together to discuss the latest developments and challenges in state-of-the-art cement manufacturing with international scientists and experts from cement plants at the forefront of technology.



# vdz.

Tel. +49-211-45 78-342  
info@vdz-congress.org  
www.vdz-congress.org