



BETONOVÉ VOZOVKY 2004

sborník přednášek z 1. mezinárodní konference

kolektiv autorů

7. října 2004, Slavkov u Brna

ISBN 80-239-3552-6

1. Erfahrungen mit der Betondeckenbauweise in Österreich	2
Zkušenosti s výstavbou cementobetonových krytů v Rakousku	6
Dipl.-Ing. Dr. Johannes Steigenberger	
2. Betonbauweise im Fernstrassen- und Flughafenbau	10
Betonová technologie ve stavbách dálkových silnic a letišť	19
Dipl.-Ing. Ralf Alte-Teigeler	
3. Entscheidungskriterien für den Bau von Betonfahrbahndecken in Österreich	28
Kritéria pro rozhodování pro stavbu vozovek s betonovým krytem v Rakousku	32
Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer	
4. Das Rechenprogramm AWDSTAKO zur Bemessung von Betondecken	36
Program AWDSTAKO k dimenzování betonových krytů	44
Dr.-Ing. Lissi Pfeifer	
5. Die Griffigkeit von Fahrbahndecken aus Beton	52
Protismykové vlastnosti krytů betonových vozovek	64
Dr.-Ing. Walter Fleischer	
6. Befestigungen mit Betonsteinpflaster in Deutschland	76
Konstrukce vozovek s dlažbou z betonových prefabrikátů v Německu	81
Prof. Dr.-Ing. Klaus Krass	
7. Zürich Airport Concrete Pavement Design	86
Projekt betonových ploch curyšského letiště	94
Dipl. Ing. Marco Schnyder, Dipl. Ing. Nutal Bischoff	
8. Experimenty na letišti Praha-Ruzyně	102
Ing. Jaroslava Škarková	
9. Konstrukční vrstva KAPS na Pražské radiále po sedmi letech	108
Ing. Igor Večerka	
10. Dvouvrstvové cementobetonové kryty - proč a jak?	120
Ing. Josef Richter	
11. Evropské normy pro cementobetonové kryty	124
Ing. Marie Birnbaumová	
12. Legislativní podklady Evropské unie pro uplatňování klasifikace kameniva v obchodních vztazích	128
Ing. Alexander Trinner	

Erfahrungen mit der Betondeckenbauweise in Österreich

Dipl.-Ing. Dr. Johannes Steigenberger
Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, A – Wien

Einleitung

Betondecken haben in Österreich eine lange und kontinuierliche Tradition. Seit Jahrzehnten ist kein Jahr ohne eine Betondeckenherstellung vergangen (Abbildung 1). Auf Problemstellungen und Entwicklungen in der Praxis muss rasch reagiert und Vorschriften und Richtlinien schnell an den Stand der Technik angepasst werden.

Betondecken sind hinsichtlich Festigkeit, Lastverteilung, Griffigkeit, Helligkeit, Verschleiß- und Verformungswiderstand für alle Verkehrsflächen geeignet. Sie stellen für das hochrangige Straßenverkehrsnetz mit dem stark zunehmendem Schwerlastanteil und dem sich ständig erhöhendem Verkehrsaufkommen, insbesondere aus Gründen der Verkehrssicherheit, des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit, eine optimale Lösung dar.



Abbildung 1: Baustelle „Mondsee“ Westautobahn A 1 – Generalerneuerung 2003.

Baugrundsätze

Entsprechend den österreichischen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS 3.63, Oberbaubemessung (1)) haben Betonstraßen in der höchsten Lastklasse (Lastklasse S mit über 18 Millionen Bemessungsnormallastwechsel) folgenden Aufbau:

- 25 cm Betondecke (Oberbeton / Unterbeton)
- 5 cm Asphalt
- 20 cm Zementstabilisierung oder 45 cm ungebundene Tragschicht

Die Betondecke wird nicht bewehrt, sie enthält stets Dübel in den Querfugen und Anker in den Längsfugen.

„Der Dickenbemessung der Decke und der Vermeidung von Minderdicken kommt eine große Bedeutung zur Sicherstellung der prognostizierten Lebensdauer zu“. Laut (2) „sind für eine richtig bemessene und nach modernen Gesichtspunkten gebaute Betondecke durchaus Erneuerungsintervalle von 40 Jahren realistisch“.

Die strukturelle Lebensdauer einer Betondecke hängt nicht nur von der Decken-dicke allein, sondern auch von baulichen Randbedingungen, wie Fugenausbildung, Entwässerung, Erosionsbeständigkeit der Unterlage, etc. ab (2).

Aufgrund einer vom österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) geförderten Sonderuntersuchung (3) des Langzeitverhaltens des Systems Fuge (Fugenspalt, Fugenverschluß, Verdübelung/Verankerung, Entwässerung der Unterlage der Betondecke) und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde beschlossen, künftig alle Fugen möglichst dauerhaft zu verschließen unter Beibehaltung einer Sicherheitsentwässerung für die Unterlage der Betondecke (4). Neue Betondecken werden daher nur mehr mit abgedichteten Fugen hergestellt. Zusätzlich soll die Entwässerung der Deckenunterlage durch Einlegen von flachen Drainageprofilen in die eingefräste Asphaltunterlage an den Tiefpunkten sichergestellt werden.

Besondere Aufmerksamkeit muss auch auf die Fugenausbildung auf Brücken gelegt werden, um das Schieben auf Fahrbahnübergangskonstruktionen zu vermeiden (5).

Betonzusammensetzung und Anforderungen (6)

An den Beton werden neben der Festigkeit (Verkehrslasteinwirkung) sehr hohe Anforderungen gestellt: Verschleißfestigkeit, Frost- und Witterungsbeständigkeit, Frost-Tausalzbeständigkeit, etc.

Für die Betondeckenherstellung ist ein Portlandhüttenzement CEM II A-S (DZ), Festigkeitsklasse 32,5 oder 42,5 (7, 8) zu verwenden. Die Biegezugfestigkeit im Alter von 28 Tagen, geprüft nach EN 196-1 (9) muß mindestens 7 N/mm² betragen. Die Mahlfeinheit, bestimmt als spezifische Oberfläche nach Blaine darf 3.500 cm²/g nicht überschreiten, der Erstarrungsbeginn (20 °C) soll 120 Minuten nicht unterschreiten.

Die hochwertigen, polier- und verschleißfesten Gesteinskörnungen sind teuer und werden daher nur für den Oberbeton verwendet. Der Unterbeton kann mit lokal verfügbaren preisgünstigeren Gesteinskörnungen oder auch mit Recycling-zuschlägen aus der alten Betondecke hergestellt werden. Die Betonzusammensetzungen für Ober- und Unterbeton enthalten künstliche Luftporen.

Die RVS 8S.06.32 (6) enthält Richtwerte für die Betonzusammensetzung (Zementgehalt, Luftgehalt) enthalten.

Oberflächenstruktur

Die Oberfläche einer Betondecke wird in Österreich überwiegend mit einer lärmindernden Waschbetonoberfläche ausgeführt. Bei den in konventioneller Technik (also ohne Waschbetonstruktur) hergestellten Betonfahrbahndecken mit Größtkorn 22 mm sind immer wieder Probleme aufgetreten (10).

Bereits 1990 wurde in Österreich die Waschbetonbauweise mit Größtkorn 8 mm eingeführt – vor allem in Hinblick auf die guten lärmindernden Eigenschaften. Mit der Einführung Größtkorn 11 mm (Abbildung 2) soll nun ein besonders hohes Griffigniveau erreicht werden. Ein geringfügig höherer Rollgeräuschpegel wird zufolge größerer Rauftiefe und damit höherer Griffigniveau bei Nässe akzeptiert. Bewährt hat sich diese Bauweise auch im städtischen Bereich, wo Straßenbeton mit Fließmittel eingebaut wird.

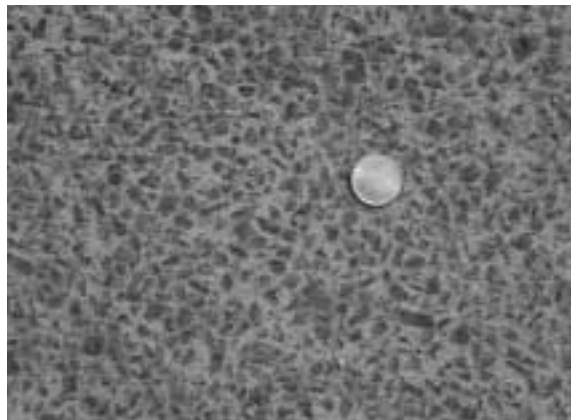


Abbildung 2: Oberflächenstruktur „Waschbeton, Größtkorn 11 mm“.

Betondecke im Tunnel

Tunnel werden unter größtmöglichen Sicherheitsaspekten geplant und gebaut. Als Folge der schweren Brandereignisse in Tunnel in den vergangenen Jahren wurde in Österreich eine Richtlinie (11) herausgegeben, die ab einer Tunnellänge von 1.000 m eine Betonfahrbahndecke vorschreibt (Abbildung 3).



Abbildung 3: Betonfahrbahndecke im Herzogbergtunnel, Südatautobahn A 2.

12-Stunden-Beton

War bis vor wenigen Jahren der 24-Stunden-Beton im Wiener Raum noch gängige Praxis für die Reparatur von einzelnen Betonfeldern, so reicht er bei dem ständig steigenden Verkehrsaufkommen heute nicht mehr. Im Juli 2002 wurde erstmals auf der A 23 ein sogenannter 12-Stunden-Beton in großen Mengen eingebaut. An nur zwei Wochenenden wurden etwa 1.250 m² Fahrbahn saniert (12).

Arbeit	Freitag	Samstag	Sonntag
	16 20	4 8 12 16 20	4 8 12 16 20
Einrichten der Baustelle	█		
Aufbruch	█		
Vorarbeiten	█		
Einbau Beton		█	
Fugenverguss			█
Räumen der Baustelle			█
Verkehrssperre	█		

12 Stunden

Abbildung 4: Bauablaufplan Autobahn A 23 – Sommer 2002 (12)

Neben optimaler Organisation und Ablaufplanung der Reparaturbaustelle (Abbildung 4) spielt vor allem die Erhärtungsgeschwindigkeit des neuen Betons eine entscheidende Rolle. Durch den Einsatz von geeigneten, leistungsfähigen Fließmitteln kann der W/Z-Wert bei gleichbleibender Verarbeitbarkeit gesenkt und die Erhärtungsgeschwindigkeit erhöht werden (Abbildung 5).

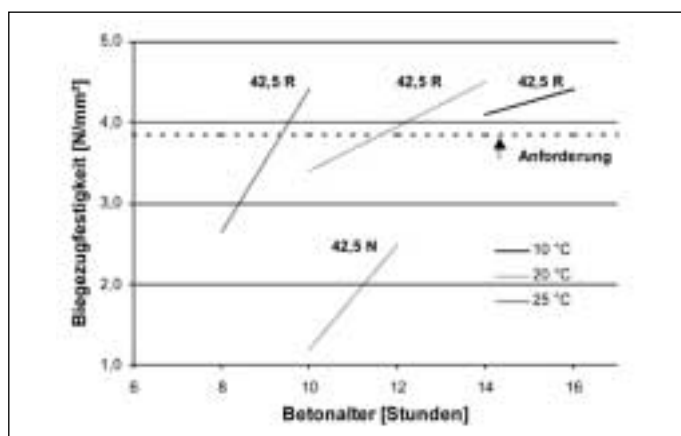


Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung der Biegezugfestigkeit an Balken 20 x 20 x 60 cm mit verschiedenen Portlandhüttenzementen EN 197-1 – CEM II/A-S bei unterschiedlichen Lagerungstemperaturen (13).

Zusammenfassung

Betondecken sind hinsichtlich Festigkeit, Lastverteilung, Griffigkeit, Helligkeit, Verschleiß- und Verformungswiderstand für das hochrangige Straßenverkehrsnetz mit dem stark zunehmendem Schwerlastanteil, insbesondere aus Gründen der Verkehrssicherheit, des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit bestens geeignet.

Die strukturelle Lebensdauer einer Betondecke hängt nicht nur von der Deck-en-dicke allein, sondern auch von baulichen Randbedingungen (Fugenausbildung, Entwässerung, Erosionsbeständigkeit der Unterlage, ...) ab.

Neue Betondecken werden nur mehr mit abgedichteten Fugen hergestellt.

Recyclingbauweise und Waschbeton-technik zählen in Österreich seit Jahren zum Stand der Technik.

In Straßentunnel ist ab einer Länge von 1.000 m eine Betonfahrbahndecke vorgeschrieben.

Mit dem 12-Stunden-Beton kann durch kürzere Reparaturzeiten und Reduktion der Staukosten ein entscheidender Beitrag zur Verbesserung der Umweltsituation geleistet werden.

Literatur

- (1) RVS 3.63, Ausgabe Oktober 1998: Oberbaubemessung. Österr. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien
- (2) Litzka, J.: Dimensionierung von Betondecken – Bemessungssicherheit und Life-Cycle-Costs. Betonstraßen 2003, Vortragsveranstaltung 22. Mai 2003. Zement und Beton, Mai 2003
- (3) Steigenberger, J.; Pichler, R.; Wistuba, M.; Litzka, J.: Sonderuntersuchung „Fugen in Betonstraßen im Freilandbereich“, BMVIT, Straßenforschung, Heft 536, Wien 2003
- (4) Breyer, G.: Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe Betonstraßen. Betonstraßen 2003, Vortragsveranstaltung 22. Mai 2003. Zement und Beton, Mai 2003
- (5) Breyer, G.: Betonfahrbahnen auf Brücken - Vermeidung von Betondeckenschub auf Fahrbahnübergangskonstruktionen; FSV – Verkehrstag, Tagungsband Jahrestagung 2004, Wien
- (6) RVS 8S.06.32, Ausgabe Oktober 1998: Betondecken, Deckenherstellung. Österr. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien
- (7) ÖNORM EN 197-1, Ausgabe Dezember 2000: Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement. Österr. Normungsinstitut, Wien
- (8) ÖNORM B 3327-1, Ausgabe Jänner 2002: Zemente gemäß ÖNORM EN 197-1 für besondere Verwendungen. Teil 1: Zusätzliche Anforderungen. Österr. Normungsinstitut, Wien
- (9) ÖNORM EN 196-1, Ausgabe Juli 1995: Prüfverfahren für Zement; Teil 1: Bestimmung der Festigkeit. Österr. Normungsinstitut, Wien
- (10) Steigenberger, J.: Aktuelle Entwicklungen beim Betonstraßenbau. Zement und Beton 1/2000
- (11) RVS 9.234, Ausgabe September 2001: Projektierungsrichtlinien für Tunnel, Bauliche Gestaltung - Innenausbau, Österr. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien
- (12) Klinke, H.; Rischer, M.; Steigenberger, J.: 12-Stunden-Beton. Reparaturarbeiten an der A 23 jetzt noch schneller. Zement und Beton, Heft 3/2002
- (13) Steigenberger, J.: Noch kürzere Reparaturzeiten mit dem 12-Stunden-Beton. Aktuelles zum Thema Betonstraßen. update, 2/2003

Zkušební s výstavbou cementobetonových krytů v Rakousku

Dipl.-Ing. Dr. Johannes Steigenberger

Výzkumný ústav Sdružení rakouského cementářského průmyslu, Vídeň

Úvod

Betonové kryty vozovek mají v Rakousku dlouhou a nepřerušovanou tradici. Již po několik desetiletí neuplynul jediný rok, kdy by nebyla zhotovena vozovka s betonovým krytem (obr. 1). Praxe musí rychle reagovat na problémy a vývoj; předpisy a směrnice se musí rychle přizpůsobovat technickému rozvoji.

Betonové kryty jsou s ohledem na pevnost, přenos zatížení, protismykové vlastnosti, světlost a odolnost proti obrusu a deformacím vhodné pro všechny dopravní plochy. Představují optimální řešení pro síť silnic nejvyšší důležitosti se stále rostoucím podílem těžké nákladní dopravy a stále se zvyšující intenzitou dopravy, zejména z hlediska bezpečnosti dopravy, šetrnosti k životnímu prostředí a hospodárnosti.



Obr. 1: Staveniště „Mondsee“ západní dálnice A 1 – generální oprava 2003.

Zásady pro stavbu

Podle rakouských Směrnic a předpisů pro silniční stavitelství (RVS 3.63, dimenzování horní stavby (1)) mají betonové silnice v nejvyšší třídě zatížení (třída zatížení S s více než 18 milióny dimenzovaného normálového střídavého zatížení) následující konstrukci:

- 25 cm betonový kryt (horní beton/spodní beton)
- 5 cm asfalt
- 20 cm stabilizace cementem nebo 45 cm nestmelená podkladní vrstva

Betonový kryt není vyztužen, v příčných spárách jsou osazeny trny a v podélných spárách kotvy.

„Dimenzování tloušťky krytu a vyvarování se nedostatečné tloušťky má velký význam pro zajištění předpokládané životnosti“. Podle (2) „jsou pro betonový kryt vozovky, správně dimenzovaný a postavený podle moderních hledisek, reálné intervaly obnovy 40 let“.

Životnost betonového krytu vozovky nezávisí pouze na samotné tloušťce krytu, nýbrž také na okrajových stavebních podmínkách jako je provedení spár, odvodnění, odolnost podkladu proti erozi atd. (2).

Na základě speciálního výzkumu (3) dlouhodobého chování systému spáry (šířka spáry, utěsnění spáry, trny/kotvy, odvodnění spodního líce betonového krytu), podporovaného rakouským Spolkovým ministerstvem dopravy, inovace a technologie (BMVIT) a posouzení hospodárnosti, bylo rozhodnuto v budoucnu pokud možno trvale utěšňovat všechny spáry při ponechání jistícího odvodnění podkladu betonového krytu (4). Nové betonové kryty vozovek se tedy již zhotovují pouze s utěsněnými spárami. Navíc má být odvodnění podkladu krytu zajištěno pokládkou plochých drenážních profilů do vyfrézovaného asfaltového podkladu.

Zvláštní pozornost se musí věnovat také provádění spár na mostech, aby se zabránilo posuvům na přechodových konstrukcích (v oblastech dilatačních závěrů) vozovky (5).

Složení betonu a požadavky (6)

Na beton se vedle pevnosti (působení dopravního zatížení) kladou vysoké nároky: odolnost proti opotřebením (obrusu), odolnost proti mrazu a povětrnostním vlivům, odolnost proti rozmrazovacím a posypovým prostředkům atd.

Ke zhotovování betonových krytů vozovek je třeba používat struskoportlandský cement CEM II A-S (DZ), třída pevnosti 32,5 nebo 42,5 (7, 8). Pevnost v tahu ohybem ve stáří 28 dnů, zkoušená podle EN 196-1 (9), musí být nejméně 7 N/mm². Jemnost mletí, stanovená jako specifický povrch podle Blaina, nesmí překročit 3 500 cm²/g; počátek tuhnutí (20 °C) nemá být méně než 120 minut.

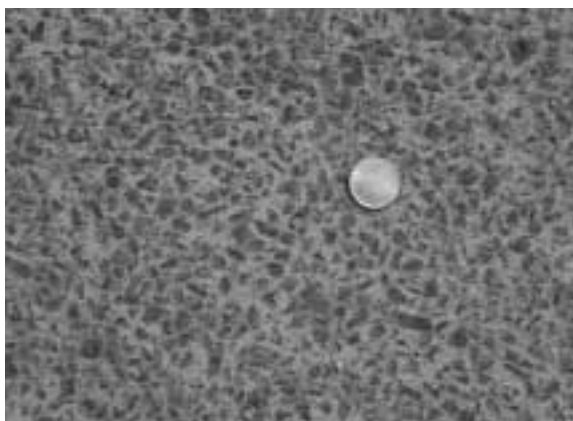
Kvalitní kamenivo odolné proti ohlazování a obrusu je drahé a používá se proto jen pro horní beton. Spodní beton může být zhotoven z místně dostupného levného kameniva nebo také s využitím recyklátu ze starého betonového krytu. Beton pro horní a spodní vrstvu obsahuje umělé vzduchové póry.

RVS 8S.06.32 (6) uvádí směrné hodnoty pro složení betonu (obsah cementu, obsah vzduchu).

Struktura povrchu

Povrch betonového krytu se v Rakousku provádí převážně jako povrch z vymývaného betonu se sníženými emisemi hluku. U betonových krytů, zhotovených konvenční technikou (tedy bez struktury vymývaného betonu), s max. zrnem 22 mm se stále vyskytovaly problémy (10).

Již v roce 1990 byla v Rakousku zavedena technologie vymývaného betonu s max. zrnem 8 mm – především se zřetelem na nízké emise hluku. Se zavedením max. zrna 11 mm (obr. 2) má nyní být dosaženo obzvláště vysoké úrovně protismykových vlastností. Při tom se akceptuje nepatrně vyšší hladina valivého hluku v důsledku vyšší hloubky zdrsnění a tím lepších protismykových vlastností za mokra. Tato technologie se osvědčila i ve městech, kde je pokládán silniční beton s využitím superplastifikátorů.



Obr. 2: Struktura povrchu „vymývaný beton s max. zrnem 11 mm“.

Betonové kryty v tunelech

Tunely se plánují a staví se zřetelem na nejvyšší možnou bezpečnost. V důsledku vážných požárů v tunelech v posledních letech byla v Rakousku vydána směrnice (11), která předepisuje při délce tunelu nad 1 000 m betonový kryt vozovky (obr. 3).



Obr. 3: Betonový kryt vozovky v Herzogberském tunelu, jižní dálnice A 2.

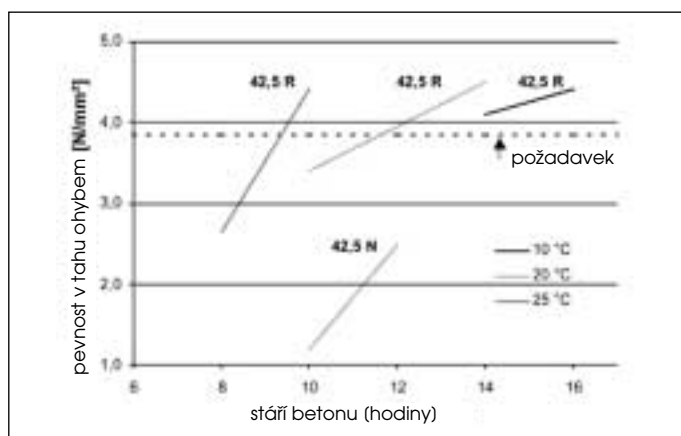
12- hodinový beton

Jestliže se ještě před několika málo lety běžně používal v oblasti Vídně pro opravy jednotlivých betonových polí 24-hodinový beton, pak to dnes již při stále stoupající intenzitě dopravy nestačí. V červenci 2002 byl poprvé na A 23 ve větším množství položen tzv. 12-hodinový beton. Během pouhých dvou víkendů bylo sanováno zhruba 1 250 m² vozovky (12).

Činnost	Pátek		Sobota				Neděle					
	16	20	4	8	12	16	20	4	8	12	16	20
Zřizování staveniště	[Bar chart showing activity from 16:00 to 20:00 on Friday]											
Vybourání	[Bar chart showing activity from 16:00 to 20:00 on Friday]											
Přípravné práce	[Bar chart showing activity from 16:00 to 20:00 on Friday]											
Pokládka betonu	[Bar chart showing activity from 4:00 to 12:00 on Saturday, with a 12-hour duration arrow]											
Zalítí spár	[Bar chart showing activity from 16:00 to 20:00 on Saturday]											
Vyklížení staveniště	[Bar chart showing activity from 16:00 to 20:00 on Sunday]											
Dopravní uzávěra	[Bar chart showing activity from 16:00 to 20:00 on Friday]											

Obr. 4: Harmonogram prací na dálnici A 23 – léto 2002 (12).

Vedle optimální organizace a harmonogramu prací v místě opravy vozovky (obr. 4) hraje rozhodující roli zejména rychlost tvrdnutí nového betonu. Použitím vhodných výkonných superplastifikačních prostředků lze při stejné zpracovatelnosti snížit hodnotu vodního součinitele v/c a zvýšit rychlost tvrdnutí (obr. 5).



Obr. 5: Časový vývoj pevnosti v tahu ohybem na trámcích 20 x 20 x 60 cm při použití různých struskoportlandských cementů podle EN 197-1 – CEM II/A-S při různých teplotách uložení (13).

Shrnutí

Betonové kryty vozovek jsou pro svou pevnost, přenos zatížení, protismykové vlastnosti, světlost a odolnost proti obrusu a deformacím nejvhodnější pro síť silnic nejvyššího významu se silným nárůstem těžké nákladní dopravy, zejména z hlediska bezpečnosti dopravy, šetrnosti k životnímu prostředí a hospodárnosti.

Životnost betonového krytu vozovky závisí nejen na samotné tloušťce krytu, nýbrž také na okrajových stavebních podmínkách (provedení spár, odvodnění, odolnost podkladu proti erozi ...).

Betonbauweise im Fernstrassen- und Flughafenbau

Ralf Alte-Teigeler, Otto Alte-Teigeler GmbH

Obere Hardt 13, D-76467 Bietigheim/Deutschland, Email: oat@oat.de, website: www.oat.de

Bei Fernstraßen mit hohem Anteil an Schwerverkehr und an Flugverkehrsflächen stellt sich beim Bau die Frage, ob die Asphalt- oder Betonbauweise gewählt wird?

Diese Frage wird nicht immer nach technisch und gesamtwirtschaftlich bester Lösung entschieden. Hier kommen oft wirtschaftliche Interessen einzelner Anbieter, Beeinflussung durch Lobbyisten beider Bauweisen beim Auftraggeber und persönliche Vorlieben einzelner Leute im Auftraggeberbereich mit zur Entscheidungsfindung.

Wie unterschiedlich diese Entscheidung bei deutschen Autobahnen ausfällt, können Sie anhand der untenstehenden Tabelle über den Einsatz von Asphaltdecken und Betondecken in den verschiedenen Bundesländern feststellen. Hier gibt es Bundesländer, die nur Asphalt auf ihren Autobahnen einbauen und Bundesländer mit bis zu 76,3 % Betondeckenanteil. Der durchschnittliche Anteil auf deutschen Autobahnen beträgt 24,1 %.

Tafel 1: Verteilung der Bauweisen auf Bundesautobahnen nach Fahrstreifenlängen in den einzelnen Bundesländern (Stand 1997/2001)

Bundesland	Bundesautobahnen [km]	Fahrstreifenlängen (1997/2001)*			
		Asphaltdecke		Betondecke	
		[km]	[%]	[km]	[%]
Baden-Württemberg	1.029	2.937,2	61,1	1.835,5	38,2
Bayern	2.283	8.613,9	84,9	1.496,4	14,8
Berlin	69	407,5	84,7	72,1	15,0
Brandenburg	788	3.290,9	54,6	2.738,2	45,4
Bremen	59	17,3	6,3	211,2	76,3
Hamburg	81	686,2	100,0	0,0	0,0
Hessen	966	3.921,3	84,0	425,0	9,1
Mecklenburg-Vorpommern	355	492,9	25,1	1.473,3	74,9
Niedersachsen	1.352	3.372,0	56,7	2.127,9	35,8
Nordrhein-Westfalen	2.180	16.433,2	91,4	1.536,6	8,6
Rheinland-Pfalz	639	2.667,5	75,5	742,7	21,0
Saarland	236	887,2	93,0	0,0	0,0
Sachsen	455	2.065,2	64,8	1.121,0	35,2
Sachsen-Anhalt	320	1.325,6	63,8	753,3	36,2
Schleswig-Holstein	485	2.185,7	61,6	1.383,0	38,4
Thüringen	299	1.520,5	72,7	571,1	27,3
gesamt	11.786	50.823,9	74,3	16.467,3	24,1

* in der Tafel fehlen die Angaben über 1.000,8 km Fahrstreifenlängen (1,8 %), deshalb ergänzen sich in einigen Bundesländern die %-Angaben nicht auf 100 %.

Wichtige Punkte für die Entscheidung sind die Baukosten, die zu erwartende Lebensdauer, die Unterhaltungskosten, die Sanierungsmethoden bei Erhaltungsmaßnahmen sowie der für diese Maßnahmen benötigte Zeitaufwand. Insbesondere für Fernstraßen mit hohem Anteil von Schwerlastverkehr sowie für Flughäfen, ist die Betonbauweise die geeignetste und letztendlich insgesamt die kostengünstigere Alternative.

Der Beton erlaubt erhöhte Beanspruchung. Insbesondere der Einsatz der Super-Single-Reifen und die Erhöhung der zulässigen Achslasten durch die EU sprechen für den Bau von Betondecken. Das Wort Spurrinnen ist ein Fremdwort unter Betonbauern.



Bilder wie dieses werden Sie bei Betondecken nicht finden:

Die Betondecke ermöglicht durch ihre Helligkeit eine verbesserte Sicht bei Regen und bei Nacht. Eine Betondecke, die mit Längsglätter und Jutetuch oder Kunstrasen hergestellt wurde, ist lärmindernd. Eine weitere Möglichkeit, die Lärminderung von Betondecken zu erhöhen, ist die Decke mit rotierender Diamantwerkzeugwelle abzuschleifen. Dies erzeugt eine gute Griffbarkeit und eine Lärmreduzierung. Dieses Verfahren wird als Grinding bezeichnet und ist seit vielen Jahren, aus den USA kommend wo es entwickelt wurde, auch in Europa gebräuchlich.

Die Herstellungskosten für Asphalt- und Betondecken variieren nach Art der Ausführung und sind stark abhängig vom Preis des Bitumens oder des Zements. Zusätzlich ist sehr preisbeeinflussend, welche Gesteinskörnungen eingesetzt werden können und ob diese Körnungen in der Baustellenregion vorhanden sind. Neben dem Einsatz von regionalen Gesteinskörnungen ist darauf zu achten, auch rezyklierte Gesteinskörnungen zu verwenden. Da die alten Betondecken zu fast 100 % rezyklierbar sind, ergibt sich hier ein positiver Umweltaspekt zum Schutz von vorhandenen Ressourcen bei der Betonbauweise.

Nachfolgend eine Kalkulation für die Beton- und Asphaltbauweise aus Deutschland auf der Basis des Preisstandes 2002. Diese Kalkulationen entstanden auf der Grundlage der Auftragsvergabe des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) aus den Wirtschaftsjahren 2001 und 2002.

Die Preise der unterschiedlichen Schichten betragen:

<input type="checkbox"/> Frostschutztragschicht, 30 cm	6,00 €/m ²
<input type="checkbox"/> Schottertragschicht, 30 cm, 150 MN/m ²	10,00 €/m ²
<input type="checkbox"/> hydraulisch gebundene Tragschicht	7,62 €/m ²
<input type="checkbox"/> Asphaltdeckschicht Splittmastix + Haftkleber, 4 cm	5,93 €/m ²
<input type="checkbox"/> Asphaltbinderschicht + Haftkleber	11,75 €/m ²
<input type="checkbox"/> Asphalttragschicht, 22 cm	19,65 €/m ²
<input type="checkbox"/> Betondecke, 27 cm, einschließlich Fugen schneiden und Fugen füllen, abfasen	25,25 €/m ²

Unter Annahme dieser Kosten für die oben aufgeführten einzelnen Schichten ergeben sich für die Bauklasse SV und bei einer Dicke des frostsicheren Oberbaues von 75 cm für Bauweisen nach RStO 01 folgende Gesamtkosten für den jeweiligen Aufbau:

Tafel 2: Bauweisen mit Betondecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau (Bauweisen auf F1-Böden s. Abschnitt 3.1.2)

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{v2} - Mindestwerte in MN/m²)

Zeile	Bauklasse		SV				I				II				III				IV				V				VI						
	Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.		B		> 32		> 10 - 32		> 3 - 10		> 0,8 - 3		> 0,3 - 0,8		> 0,1 - 0,3		≤ 0,1																
Dicke des frostsich. Oberbaues ¹⁾			55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65	35	45	55	65			
Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material																																	
1.1	Betondecke		27																														
	Wiesstoff		10																														
	Hydraulisch gebundene Tragschicht (HTG)		40	120																													
	Frostschuttschicht		40	40																													
Dicke der Frostschuttschicht			-	-	33 ²⁾	43	-	25 ²⁾	35	45	-	25 ²⁾	36	46	-	-	27 ²⁾	37															
1.2	Betondecke		27																														
	Wiesstoff		10																														
	Verfestigung		20																														
	Schicht aus frostunempfindlichem Material - voll- oder intermittierend gestützt gemäß DIN 18156 -		47	45																													
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material			6 ⁴⁾	18 ⁴⁾	28	36	15 ⁴⁾	25	35	45	16 ⁴⁾	26	36	46	7 ⁴⁾	17 ⁴⁾	27	37															
1.3	Betondecke		27																														
	Wiesstoff		10																														
	Verfestigung		25																														
	Schicht aus frostunempfindlichem Material - eingestuft gemäß DIN 18195 -		32	45																													
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material			3 ⁴⁾	13 ⁴⁾	23	33	10 ⁴⁾	20	30	40	11 ⁴⁾	21	31	41	2 ⁴⁾	12 ⁴⁾	22	32															
Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht																																	
2	Betondecke		26																														
	Asphalttragschicht		10	120																													
	Frostschuttschicht		38	45																													
	Dicke der Frostschuttschicht			-	29 ²⁾	39	49	-	31 ²⁾	41	51	-	32 ²⁾	42	52	-	-	33 ²⁾	43	-	29 ²⁾	39	49	-	31 ²⁾	41	51	-	31 ²⁾	41	51		
Schottertragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material																																	
3	Betondecke		30																														
	Schottertragschicht ⁵⁾		30	120																													
	Schicht aus frostunempfindlichem Material		60	45																													
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material			Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen																													
Frostschuttschicht																																	
4	Betondecke																																
	Frostschuttschicht																																
	Dicke der Frostschuttschicht																																

¹⁾ Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle B

²⁾ Mit randschrägen Gesteinsabmessungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar

³⁾ Nur mit gebrochenen Gesteinsabmessungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar

⁴⁾ Nur auszuführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden

⁵⁾ Mit Anforderungen gemäß ARS 37/1997 des BMW vom 9. Oktober 1997

- eine Asphaltdecke nach RStO 01 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) Tafel 1, Zeile 1

4 cm Asphaltdeckschicht (Splittmastixasphalt)	5,93 €/m ²
8 cm Asphaltbinderschicht	11,75 €/m ²
22 cm Asphalttragschicht	19,65 €/m ²
41 cm Frostschutzschicht	8,20 €/m ²
	45,53 €/m ²

Bei diesem Preisvergleich muss auch berücksichtigt werden, dass die Asphaltbauweise kostengünstiger ist, wenn für die Asphalttragschicht rezyklierter Altasphalt eingesetzt werden kann. Für die Tragschicht müssen dann nur noch 50 % der veranschlagten €19,65/m² eingesetzt werden. Für die Bauweise mit einer Deckschicht aus 4 cm Gussasphalt erhöht sich der Quadratmeterpreis um 1,92 €.

- eine Betondecke nach RStO, Tafel 2, Zeile 1.1

27 cm Betondecke	25,25 €/m ²
15 cm hydraulisch gebundene Tragschicht	7,62 €/m ²
33 cm Frostschutzschicht	6,60 €/m ²
	39,47 €/m ²

- eine Betondecke nach RStO, Tafel 2, Zeile 1.1

30 cm Betondecke	28,06 €/m ²
30 cm Schottertragschicht 150 MN/m ²	10,00 €/m ²
15 cm Schicht aus unempfindlichem Material	1,50 €/m ²
	39,56 €/m ²

Auszug aus den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus (RStO 01):

In Deutschland gibt es einen sogenannten "5-DM-Erlass" des Bundesverkehrsministeriums für Verkehr bei der Neuherstellung von Autobahnen. Dies bedeutet, dass bei der Entscheidung zwischen Beton- und Asphaltfahrbahnen im Neubau auch dann Beton gewählt wird, wenn dieser pro Quadratmeter 5,00 DM oder seit 2002 € 2,56 mehr kostet als die Asphaltbauweise. Dies verdeutlicht die Kostenvorteile der Betonflächen über die gesamte Nutzungsdauer.

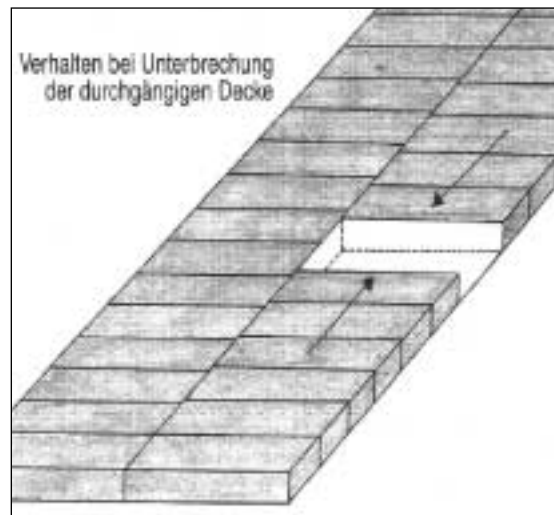
Leider wird die Lebensdauer, die Reparaturanfälligkeit und insbesondere der volkswirtschaftliche Schaden durch die Erzeugung von Verkehrsstaus oder der Schließung von Flughäfen wegen Reparaturarbeiten nicht bei Entscheidung der Bauweisen in vollem Umfang berücksichtigt.

Es gibt seit einiger Zeit in Deutschland sogenannte Funktionsbauverträge. Hier muss die bauausführende Firma für die Funktionsfähigkeit einer Fahrbahndecke über einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren die Kosten berechnen und dafür einen Preis anbieten. Bei den bisher angebotenen und ausgeführten Funktionsbauverträgen, bei denen die Richtungsfahrbahnen in voller Breite hergestellt werden konnten, lagen die Betonbauweisen immer als billigste Bauweisen über die Gesamtlaufzeit an erster Stelle.

Ein Nachteil der Betondecken bisher war die Erneuerung von zerstörten Einzelplatten oder Plattenteilen, da die Fahrbahn auch mit frühhochfestem Beton mindestens 24 Stunden gesperrt werden musste. Die Asphaltbauweise gilt als einfach zu reparieren, zum Beispiel durch Überziehen von Rissen, Reparatur von Löchern oder Fräsen und dem Aufbringen einer neuen Deckschicht. Hier hat sich in den letzten Jahren vieles zu Gunsten der Betonbauweise verändert. Es muss vorab darauf verwiesen werden, dass bei gut hergestellten Betondecken Fugensanierungen nach einer Zeit von 10 bis 15 Jahren erforderlich sind. Weitere Wartungsarbeiten sind erst nach einem Zeitraum von 20 Jahren wieder zu erwarten. Hier sind in den letzten Jahren alle Reparaturverfahren so verbessert worden, dass sie in Tages- oder Nachtbaustellen in einer Arbeitsschicht in verkehrsarmen Zeiten durchgeführt werden können.

Bei den Fugensanierungen werden die vorhandenen Fugenfüllstoffe mit entsprechenden Geräten schonend entfernt, die Fugen gesäubert und anschließend wieder mit bitumenhaltigen Fugenfüllstoffen verschlossen oder mit Fugenprofilen versehen. Sollten Betonplatten locker auf der Tragschicht aufliegen oder abgesackt sein, so können diese durch das Heben der Platten repariert werden. Hierzu werden Löcher durch die Betonplatten gebohrt. Die Betonplatten werden mit Druckluft von der Tragschicht komplett gelöst und anschließend vollflächig unterpresst. Das Ausbessern von Kantenabplatzungen oder Kantenausbrüchen wird durch den Ersatz des bestehenden Betons mit Betonersatzmörtel auf Zement- oder Epoxydharzbasis durchgeführt.

Das Auswechseln von ganzen Betonplatten war bisher nur mit längeren Absperzeiten machbar. Dies war ein Nachteil in der Betrachtung der Einsatzmöglichkeit der Betonbauweise. Oft wurden aus diesem Grund bei nötigen Reparaturarbeiten Betonplatten mit Asphalt erneuert. Bereits nach kurzer Zeit gibt es Verdrückungen in den Asphaltflächen. Vereinzelt sind nach dem Ausbessern der Betonplatten mit Asphalt Aufwölbungen in den Betonplatten der benachbarten Fahrstreifen (Blow-ups) entstanden. Ein Sanierungssystem für ganze Platten in Betonbauweisen mit einer kurzen Bauzeit und schneller Befahrbarkeit wurde gefordert.



Im hier gezeigten Bild wird das Verhalten von Betondecken bei einer Unterbrechung der Decke dargestellt. Im Falle einer Reparatur mit Asphalt entstehen Aufwölbungen in der reparierten Platte. Der Asphalt muss bereits nach kurzer Zeit abgefräst oder erneuert werden.

Drei Punkte sind für die Ausführung der Schnellbetonreparaturarbeiten von besonderer Bedeutung; das Material, der Mischer und die Organisation mit Personal, Geräten und Fahrzeugen auf der Baustelle.

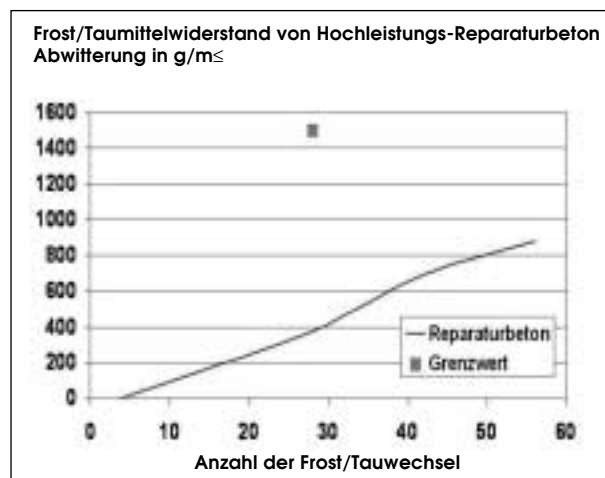
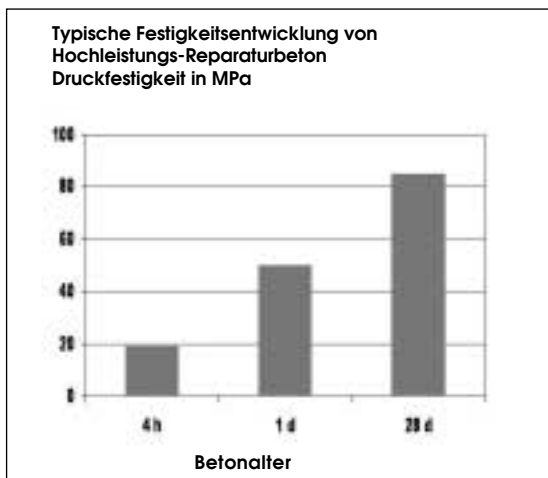
Die Anforderungen an das Material:

Es muss gut zu verarbeiten sein, eine hohe Frühhochfestigkeit auch bei niedrigen Temperaturen haben und nach wenigen Stunden befahrbar sein. Ein Thema ist, dass mit der Erhöhung der Verarbeitungszeit die Aushärtezeit verlängert wird. Das zurzeit verwendete Material hat bei einer Frischbetontemperatur von 20 - 25 °C eine Verarbeitungszeit von 40 Minuten. Neben der hohen Endfestigkeit ist ein gutes Langzeitverhalten gefordert. Frost/Taumittelbeständigkeit ist ebenfalls Voraussetzung. Der Materialpreis muss auf einem vertretbaren Niveau liegen.

Verwendet wird ein speziell aufbereiteter Portlandzement. Um Mischfehler vor Ort zu vermeiden, wird dieser Zement bereits im Werk mit ofentrockenem Sand gemischt. Kies und Edelsplitt werden aus Kostengründen vor Ort zugegeben.

		Gewichtsprocente
Vorgefertigte Addiment-Basismischung CR		
aus Zement und Quarzsand	0/2 mm	46 %
Kies	2/8 mm	16 %
Edelsplitt	8/11 mm	19 %
Edelsplitt	11/16 mm	19 %
<hr/>		
Trockenbeton		100 %
Wasserzugabe vor Ort		7 %
Bei Bedarf Verzögerer		

Schnellbetonzusammensetzung



Betonmischer

Die Mischer müssen so gebaut sein, dass sie vor Ort die benötigten Betonmengen herstellen können. Eine Herstellung des Betons in stationären Mischanlagen mit längeren Transportzeiten ist durch die kurze Verarbeitungszeit der Schnellbetone nicht möglich.



16 m³-Fahrmischer für Schnellbeton.

Der Mischer muss eine ausreichende Kapazität haben, um die benötigte Menge für die auszuwechselnden Platten in einer Charge zu mischen. Der Mischer sollte genaue Wiege- und Dosiereinrichtungen haben. Die Wasserzugabe muss in kürzester Zeit erfolgen. Alle Teile im Mischer müssen für Reinigungszwecke leicht zugänglich sein, um insbesondere ausgehärtete Materialreste ohne großen Zeitaufwand entfernen zu können.

Mit einem fahrbaren 16 m³-Mischer hat man die Möglichkeit, zwei oder drei Platten pro Arbeitsschicht auszuwechseln. Auch das Auswechseln von 7,5 x 7,5 m-Platten mit 40 cm Betondeckendicke auf Flughäfen ist dadurch möglich.

Baustellenorganisation

Insbesondere wegen der kurzen Sperrzeiten muss das Personal alle Arbeitsschritte genauestens koordinieren, da durch das schnelle Aushärten des Betons und die kurzen Bauzeiten keine Zeitreserven vorhanden sind. Der Einsatz der nötigen Geräte und Fahrzeuge muss auf engstem Raum ohne gegenseitige Behinderung erfolgen. Mögliche Ausfälle einzelner Geräte dürfen nicht zu längeren Bauzeiten oder zum Baustopp führen und müssen bei der Planung berücksichtigt werden.

Für die Aushärtung des Betons nach dem Einbau werden 3 bis 4 Stunden bis zur Verkehrsfreigabe benötigt. Bei Arbeitsschichten in verkehrsarmen Zeiten von 8 bis 10 Stunden, zum Beispiel nachts, verbleiben für den Einbau des Betons inkl. sämtlicher Vor- und Nebenarbeiten 4 bis 7 Stunden. Die Arbeiten können grundsätzlich in einer Schicht durchgeführt werden; ideal ist, wenn an jeder Schadstelle zwei Arbeitsschichten eingeplant werden können. Das Bearbeiten von mehreren Schadstellen gleichzeitig pro Schicht ist möglich. In der ersten Schicht werden die Trennschnitte in den auszuwechselnden Platten in voller Deckenstärke hergestellt.



Rennschnitte.

Es empfiehlt sich, die Trennschnitte mit geringer Neigung auszuführen, um das Herausheben der Platten zu erleichtern. Die Größe der Teile richtet sich nach den Hebegeräten und den Transportmöglichkeiten für die Ausbruchstücke.

In die vorbereiteten Plattenteile werden Löcher gebohrt, um die Schwerlastanker für das Ausheben einzubauen. Die so vorbereiteten Platten können nach Schichtende für den Verkehr freigegeben werden.

Der Zeitaufwand für die Vorbereitungsarbeiten beträgt ca. 2 Stunden pro Platte. In der zweiten Schicht oder bei Reparatur in einer Schicht, sofort nach dem Herstellen der Trennschnitte, werden die Schwerlastanker befestigt und die Platten mit Hebegeräten herausgehoben.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass der Unterbau nicht durch das Zertrümmern des Betons beschädigt wird.

Nach dem Entfernen des alten Betons werden die Dübel und Anker entsprechend der ZTV Beton (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton) gebohrt und eingebaut. Auch hier sind leistungsstarke, handliche Geräte wichtig, da auch für diese Arbeiten nur einige Minuten zur Verfügung stehen. Die berechnete Menge an Addiment Basismischung CR und Zuschlagstoffen wird vor der Arbeitsschicht in den Mischer gefüllt. Die Wasserzugabe erfolgt direkt vor dem Mischvorgang. Es ist nötig, mehr Beton zu mischen als für die normale Deckenstärke berechnet wird, da diese nicht immer gleichmäßig ist.



Ausheben von Platten.



Dübel und Anker.

Der Schnellbeton wird in der Verarbeitungszeit von 40 Minuten mit Rüttelflaschen verdichtet und mit einer Vibrationsbohle abgezogen.

Um ein schnelles Austrocknen und damit die Bildung von Haarrissen an der Oberfläche zu verhindern, wird der Beton mit nassen Matten abgedeckt. Zwei bis drei Stunden nach dem Betonieren können die Fugen um die Platte geschnitten werden. Es empfiehlt sich, als Fugenabdichtung Profile zu wählen, da für Heißvergussmassen die Restfeuchte im Beton zu hoch ist. Bei Heißverguss sollten die Vergussarbeiten in einer späteren Schicht nachgeholt werden.



Abziehen und verdichten.

Zeitaufwand für die Arbeiten: 6 Stunden

Trennschitte	ca. 1 Std.
Aufbruch, Dübel, Anker	ca. 1 Std.
Betonierbau	ca. 1 Std.
Erhärtungszeit	ca. 2 - 3 Std.
Nacharbeit(Fugen)	ca. 1 Std.

Die bis heute gängige Methode, einzelne Platten mit Asphalt auszubessern, ist besonders bei Ausführung in Nachtschichten nicht billiger, da die Mischanlagen die ganze Nacht für Kleinstmengen bereit stehen müssen. Auf die anfangs erwähnten Risiken durch Blow-ups und die kurze Lebensdauer von Asphaltplomben sei erneut hingewiesen. Die Zeiten bis zur Befahrbarkeit des Asphalts liegen über der Aushärtezeit des Schnellbetons.

Die mit diesem Schnellbeton ausgewechselten Platten werden seit 1997 gebaut. Bis heute liegen diese Platten ohne Schäden auf stark befahrenen Autobahnen.

Es wurde gerade ein Forschungsobjekt der Universität Kassel im Auftrag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beendet. Dieses Forschungsprojekt bestätigt dem Schnellbeton eine hervorragende Qualität, eine hohe Frost-Taumittelbeständigkeit und eine lange Lebensdauer. Dieses Forschungsvorhaben sowie die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass hier ein System entwickelt wurde, dass ohne große Verkehrsbeeinträchtigung Reparaturen an Betondecken ermöglicht.

Insgesamt gewinnt durch den Einsatz von Schnellbeton die Betonbauweise weitere Vorteile gegenüber dem Asphalt. Es wäre wünschenswert, wenn der Einsatz von Beton oder Asphalt in Zukunft nach Kosten über die Gesamtlaufzeit entschieden wird. Hier sollte eine Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Kosten durch Verkehrsbehinderungen während der Reparaturmaßnahmen einfließen. Dies würde zu einem verstärkten Einsatz der Betonbauweise führen.

Man sollte sogar noch weiter gehen und auch über Betondecken in anderen Bereichen nachdenken. So gibt es zum Beispiel in Kreuzungsbereichen vor Ampelanlagen, in Busbuchten oder im Kreisverkehr große Probleme bei Asphaltflächen durch Verformungen und Spurrinnen. Hier kann der Einsatz von Betondecken helfen. Erfahrungen in Deutschland und anderen Ländern haben gezeigt, dass der Baustoff Straßenbeton nicht nur für Autobahnen und Flughäfen optimal ist, sondern auch für andere Einsatzgebiete gute Verwendung findet und die kostengünstigste wartungsarme Variante ist.

Literaturhinweis:

- (1) Schriftenreihe der Bauberatung Zement „Beton- und Straßenbau“
- (2) Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV)
- (3) Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)

Betonová technologie ve stavbách dálkových silnic a letišť

Ralf Alte-Teigeler, Otto Alte-Teigeler GmbH

Obere Hardt 13, D-76467 Bietigheim/Deutschland, Email: oat@oat.de, website: www.oat.de

Při stavbě dálkových silnic s vysokým podílem těžké dopravy a letištních ploch vyvstává otázka, zda bude zvolena asfaltová nebo betonová technologie.

O této otázce se ne vždy rozhoduje ve prospěch technicky a celkově ekonomicky nejlepšího řešení. Rozhodování často ovlivňují hospodářské zájmy jednotlivých uchazečů o zakázku, lobbyisté za obě technologie u zadavatele a osobní preference jednotlivých pracovníků zadavatele.

Z následující tabulky o používání asfaltových a betonových krytů vozovek v různých spolkových zemích lze zjistit, jak rozdílně toto rozhodování dopadá v případě německých dálnic. Máme zde spolkové země, které na své dálnice pokládají pouze asfalt a spolkové země s podílem betonového krytu až 76,3 %. Průměrný podíl na německých dálnicích je 24,1 %.

Tabulka 1: Rozdělení stavebních technologií na státních dálnicích podle délky jízdních pruhů v jednotlivých spolkových zemích (stav 1997/2001)

spolková země	státní dálnice [km]	délka jízdních pruhů			
		asfaltový kryt		betonový kryt	
		[km]	[%]	[km]	[%]
Baden-Württemberg	1.029	2.937,2	61,1	1.835,5	38,2
Bayern	2.283	8.613,9	84,9	1.496,4	14,8
Berlin	69	407,5	84,7	72,1	15,0
Brandenburg	788	3.290,9	54,6	2.738,2	45,4
Bremen	59	17,3	6,3	211,2	76,3
Hamburg	81	686,2	100,0	0,0	0,0
Hessen	956	3.921,3	84,0	425,0	9,1
Mecklenburg-Vorpommern	355	492,9	25,1	1.473,3	74,9
Niedersachsen	1.352	3.372,0	56,7	2.127,9	35,8
Nordrhein-Westfalen	2.180	16.433,2	91,4	1.536,6	8,6
Rheinland-Pfalz	639	2.667,5	75,5	742,7	21,0
Saarland	236	887,2	93,0	0,0	0,0
Sachsen	455	2.065,2	64,8	1.121,0	35,2
Sachsen-Anhalt	320	1.325,6	63,8	753,3	36,2
Schleswig-Holstein	485	2.185,7	61,6	1.383,0	38,4
Thüringen	299	1.520,5	72,7	571,1	27,3
celkem	11.786	50.823,9	74,3	16.467,3	24,1

* V tabulce chybějí údaje o 1 080,9 km délky jízdních pruhů (1,6 %). Proto údaje jednotlivých spolkových zemí nedávají dohromady 100 %.

Důležitými body pro rozhodování jsou náklady na stavbu, předpokládaná životnost, náklady na údržbu, metody sanace při provádění oprav i časová náročnost těchto zákroků. Zejména pro dálkové silnice s vysokým podílem těžké nákladní dopravy a pro letištní plochy je betonářská technologie nejvhodnější a nakonec také nejvhodnější alternativou z hlediska celkových nákladů.

Beton dovoluje zvýšené namáhání. Pro stavbu betonových krytů vozovek hovoří zejména používání pneumatik typu Super-Single a Evropskou unií zvýšení povoleného nápravového zatížení. Termín "vyjeté koleje" je mezi betonáři neznámý pojem.



Takové obrázky u betonových krytů vozovek nenajdete: Spurrinnen = koleje

Díky své světlosti umožňuje betonový kryt vozovky zlepšenou viditelnost za deště a v noci. Betonový kryt zhotovený s podélným hladičkem a vlečenou jutou nebo s umělým trávničkem vykazuje sníženou hlučnost. Další možnost snížení hlučnosti betonových vozovek je zbroušení krytu vozovky diamantovou bruskou. Zbroušením se zlepší protismykové vlastnosti a sníží se hlučnost. Tento postup se nazývá "grinding" (= broušení). Byl vyvinut v USA a již řadu let se používá i v Evropě.

Náklady na pořízení asfaltových a betonových krytů vozovek se liší podle druhu provedení a jsou silně závislé na cenách asfaltu nebo cementu. Mimo to je cena značně ovlivněna kamenivem, jaké lze použít a skutečností, zda je v oblasti stavby k dispozici kamenivo určité frakce. Vedle používání místního kameniva je třeba dbát i na to, aby se používalo recyklované kamenivo. Protože staré betonové kryty vozovek jsou téměř 100 % recyklovatelné, je betonová technologie i ekologická, protože přispívá k ochraně stávajících zdrojů.

Dále jsou uvedeny výpočty pro betonovou a asfaltovou technologii v úrovni cen roku 2002. Podkladem pro tyto výpočty jsou zakázky, udělené Spolkovým ministerstvem dopravy, výstavby a bydlení (BMVBW) v hospodářských letech 2001 a 2002.

Ceny jednotlivých vrstev jsou:

<input type="checkbox"/> podkladní ochranná vrstva proti mrazu, (podsyp), 30 cm	6,00 €/m ²
<input type="checkbox"/> nestmelená podkladní vrstva, 30 cm, 150 MN/m ²	10,00 €/m ²
<input type="checkbox"/> podkladní vrstva stmelená hydraulickým pojivem	7,62 €/m ²
<input type="checkbox"/> asfaltová obrusná vrstva, koberec asfaltový mastixový + přilepovací nátěr, 4 cm	5,93 €/m ²
<input type="checkbox"/> asfaltová ložná vrstva + přilepovací nátěr	11,75 €/m ²
<input type="checkbox"/> asfaltová podkladní vrstva, 22 cm	19,65 €/m ²
<input type="checkbox"/> cementobetonový kryt, 27 cm, včetně řezání a těsnění spár, sražení hran	25,25 €/m ²

Z nákladů pro výše uvedené jednotlivé vrstvy vyjde pro stavební třídu SV a při tloušťce horní stavby 75 cm odolné proti mrazu pro technologie podle RStO 01 následující v současné době platné celkové náklady:

Tabulka 2: technologie s cementobetonovým krytem pro vozovky na podkladu/podloží F2 a F3 (technologie na zeminách F1 viz část 3.1.2)

(Údaje tloušťky v cm; E_{v2} - minimální hodnoty v MN/m²)

řádek	stavební třída		SV				I				II				III				IV				V				VI			
	Počet přejezdů ekvivalentní 10 t nápravy v milionech		B	> 32			> 10 - 32			> 3 - 10			> 0,8 - 3			> 0,3 - 0,8			> 0,1 - 0,3			≤ 0,1								
I.TI. mrazuvzdorné horní stavby ¹⁾			55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65	35	45	55	65
Podkladní vrstva s hydraulickým pojivem na podsypu (spodní mrazuvzdorné vrstvě) příp. vrstvě z mrazuvzdorného materiálu																														
1.1	betonový kryt																													
	geotextilie podkladní vrstva stmelená hydr. pojivem (HGT) podsyp																													
tloušťka podsypu			-	-	33 ⁴⁾	43	-	25 ⁴⁾	35	45	-	26 ⁴⁾	36	46	-	-	27 ⁴⁾	37												
1.2	betonový kryt																													
	geotextilie zpevnění vrstva z mrazuvzd. materiálu s šířkou nebo přerušovanou čarou zrnitostí podle DIN 18196																													
tl. vrstvy z mrazuvzd. materiálu			8 ⁴⁾	18 ⁴⁾	28	38	15 ⁴⁾	25	35	45	18 ⁴⁾	26	36	46	7 ⁴⁾	17 ⁴⁾	27	37												
1.3	betonový kryt																													
	geotextilie zpevnění vrstva z mrazuvzd. materiálu s úzkou čarou zrnitostí podle DIN 18196																													
tl. vrstvy z mrazuvzd. materiálu			3 ⁴⁾	13 ⁴⁾	23	33	10 ⁴⁾	20	30	40	11 ⁴⁾	21	31	41	2 ⁴⁾	12 ⁴⁾	22	32												
asfaltová podkladní vrstva na podsypu																														
2	betonový kryt																													
	asfaltová podkladní vrstva zpevnění podsyp																													
tloušťka podsypu			-	20 ⁴⁾	30	40	-	31 ⁴⁾	41	51	-	32 ⁴⁾	42	52	-	-	33 ⁴⁾	43	-	20 ⁴⁾	30	40	-	21 ⁴⁾	31	41	-	21 ⁴⁾	31	41
nestmelená podkl. vrstva (pozn. překl.: obdoba našeho MZK) na vrstvě z mrazuvzd. materiálu																														
3	betonový kryt																													
	nestmelená podkladní vrstva (pozn. překl.: obdoba našeho MZK) ⁷⁾ vrstva z mrazuvzd. materiálu																													
tl. vrstvy z mrazuvzd. materiálu			Ab 12 cm aus frostempfindlichem Material, geringere Restdicks ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen																											
4	podsyp																													
	betonový kryt podsyp																													
tloušťka podsypu																			-	33 ⁴⁾	43	53	-	25 ⁴⁾	35	45	-	27 ⁴⁾	37	47

1) Při odchýlných hodnotách je třeba tloušťky podsypu (ochranné protimrazové vrstvy) příp. mrazu odolného materiálu stanovit vytvořením rozdílu, viz též tab. 8
2) S tvarové přízlivými zrnky kameniva použitelné pouze je-li to místně vhodné
3) Použitelné pouze s drceným kamenivem a je-li to místně vhodné

4) Provádí se pouze pokud se mrazuvzd. materiál a zpevňovaný materiál pokládají jako jedna vrstva
7) S požadavky podle nařízení 37/1997 Spolkového ministerstva dopravy z 6. října 1997

- Asfaltový kryt podle RStO 01
(Směrnice pro standardizaci horní stavby dopravních ploch)
tabulka 1, řádek 1

4 cm asfaltový kryt vozovky (koberec asfaltový mastixový)	5,93 €/m ²
8 cm asfaltová ložná vrstva	11,75 €/m ²
22 cm asfaltová podkladní vrstva	19,65 €/m ²
41 cm ochranná vrstva proti mrazu, (podsyp)	8,20 €/m ²
	<u>45,53 €/m²</u>

Při tomto cenovém srovnání musí být také zohledněna skutečnost, že asfaltová technologie je nákladově příznivější, lze-li na asfaltovou podkladní vrstvu použít recyklovaný starý asfalt. Na podkladní vrstvu se pak musí vynaložit pouze 50 % z rozpočtovaných € 19,65/m².

U technologie s krytem vozovky z litého asfaltu o tloušťce 4 cm se cena za m² zvýší o 1,92 €.

- Cementobetonový kryt podle RStO,
tabulka 2, řádek 1.1

27 cm betonový kryt	25,25 €/m ²
15 cm podkl. vrstva stmelená hydraulickým pojivem	7,62 €/m ²
33 cm podsyp	6,60 €/m ²
	<u>39,47 €/m²</u>

- Betonový kryt vozovky podle RStO,
tabulka 2, řádek 1.1

30 cm betonový kryt	28,06 €/m ²
30 cm štěrkový podklad (MZK) 150 MN/m ²	10,00 €/m ²
15 cm vrstva z inertního materiálu	1,50 €/m ²
	<u>39,56 €/m²</u>

Výňatek ze Směrnic pro standardizaci horní stavby (RStO 01):

V Německu existuje pro stavbu nově budovaných dálnic tzv. "pětimarkový výnos" Spolkového ministerstva dopravy. To znamená, že při rozhodování mezi betonovou a asfaltovou vozovkou při stavbě nových dálnic se volí beton i tehdy, jestliže stojí m² o 5,00 DM nebo od roku 2002 o 2,56 € více než asfaltová technologie. To ozřejmuje nákladovou výhodnost betonových krytů po celou dobu užívání.

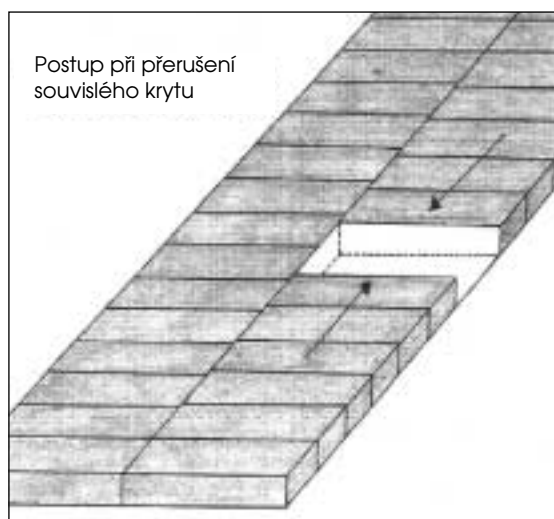
Bohužel se při rozhodování o technologii v plném rozsahu nezohledňují faktory jako životnost, potřeba oprav a zejména ekonomické škody v důsledku vytváření dopravních kongescí nebo uzavírání letišť kvůli opravám. Již nějakou dobu existují v Německu tzv. smlouvy o funkčnosti stavby. Firma, provádějící stavbu, musí spočítat náklady na funkčnost krytu vozovky v období 20 - 30 let a nabídnout cenu. U smluv o funkčnosti stavby, které dosud byly nabídnuty a realizovány, při nichž mohly být směrové jízdní pásy prováděny v plně šíři, byly betonářské technologie vždy na prvním místě jako nejlevnější technologie po celou dobu životnosti.

Dosavadní nevýhodou betonových krytů vozovek byla výměna poškozených jednotlivých desek nebo jejich částí, protože i při použití betonu s vysokou počáteční pevností musela být vozovka uzavřena nejméně na 24 hodin. Asfaltová technologie je považována za snadno opravitelnou, např. vzhledem k možnosti překrytí trhlin, vyspravení výtlučků nebo zfrézování a položení nového krytu vozovky. Zde se toho v posledních letech hodně změnilo ve prospěch betonové technologie. Především je třeba poukázat na to, že u dobře provedených cementobetonových krytů je potřeba sanace spár po 10 až 15 letech. Další údržbové práce pak lze opět očekávat až po období 20 let. V posledních letech byly všechny postupy při opravách vylepšeny tak, aby opravy mohly být prováděny na denních nebo nočních staveništích během jedné pracovní směny v době nízkého provozu.

U sanace spár se stávající těsnící spárové materiály pomocí příslušných zařízení šetrně odstraní, spáry se vyčistí a poté se opět utěsní asfaltovými zálivkami nebo se opatří spárovými profily. Od podkladní vrstvy uvolněné nebo pokleslé betonové desky lze opravit jejich zdvihnutím. K tomuto účelu se navrtají do betonových desek otvory, desky se pomocí stlačeného vzduchu zcela uvolní od podkladní vrstvy a poté se celoplošně podinjektují.

Opravy ulomených hran se provedou nahrazením stávajícího betonu správkovou maltou na bázi cementu nebo epoxidové pryskyřice.

Výměna celých betonových desek byla dosud možná pouze při delších dobách uzavírek. To byla při zvažování možností použití betonové technologie nevýhoda. Z tohoto důvodu byl často při nutných opravách betonové desky používán asfalt, avšak již po krátké době se v asfaltových plochách objevily otlaky. V ojedinělých případech nastalo po opravě betonových desek asfaltem u betonových desek sousedních jízdních pruhů tzv. „vystřelení“ desek (blow-ups). Pro betonovou technologii byl zapotřebí sanační systém použitelný pro celé desky s krátkou dobou provádění opravy a možností rychlého předání do provozu.



Tento obrázek znázorňuje chování betonových krytů při přerušení krytu. V případě opravy asfaltem dochází v opravené desce k vyboulení asfaltu, asfalt musí být již po krátké době zfrézován nebo obnoven.

Pro provádění rychlých oprav betonu jsou nejdůležitější tři body: materiál, míchačka a organizace pracovníků, zařízení a vozidel na staveništi.

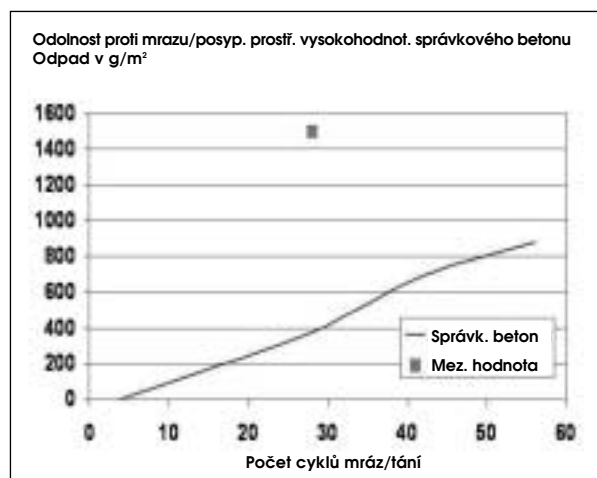
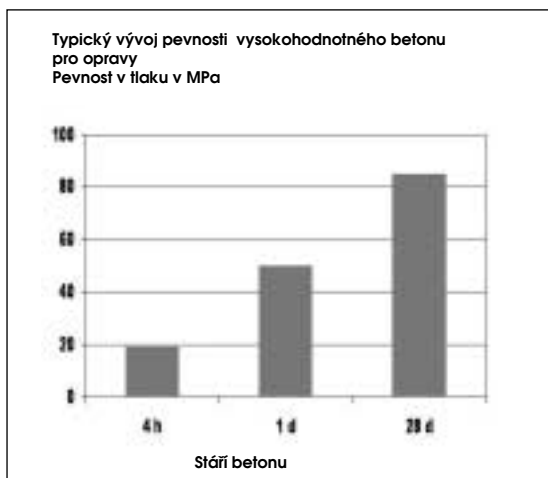
Požadavky na materiál:

Materiál musí být dobře zpracovatelný, musí mít vysokou počáteční pevnost i při nízkých teplotách a po několika málo hodinách musí být pojízdný. Problémem je, že s prodloužením doby zpracovatelnosti se prodlužuje doba tvrdnutí. Materiál, který se v současné době používá, má při teplotě čerstvého betonu 20 - 25 °C dobu zpracovatelnosti 40 minut. Vedle vysoké konečné pevnosti se vyžaduje dobré dlouhodobé chování. Dalším předpokladem je odolnost proti mrazu a posypovým prostředkům. Cena materiálu musí být na přijatelné úrovni.

Používá se speciálně upravený portlandský cement. Aby se vyvarovalo chybám ve složení směsi, míchá se tento cement již ve výrobě se suchým pískem. Štěrkopísek a hraněná drť se z úsporných důvodů přidávají až při zpracování.

Předem připravený Addiment Basismischung CR	hmot %
z cementu a křemičitého písku 0/2 mm	46 %
štěrkopísek 2/8 mm	16 %
hraněná drť 8/11 mm	19 %
hraněná drť 11/16 mm	19 %
<hr/>	
suchý beton	100 %
přidání vody na místě podle potřeby zpomalovač	7 %

Složení rychle tuhnoucího betonu



Míchačky betonu

Pojízdňé míchačky musí být konstruovány tak, aby byly schopny vyrobit požadovaná množství betonu na místě opravy. Výroba betonu ve stacionárních míchačkách s delší dobou přepravy betonové směsi není vzhledem ke krátké době zpracovatelnosti rychletuhnoucího betonu možná.



Pojízdňá míchačka 16 m³ pro rychletuhnoucí beton.

Pojízdná míchačka musí mít dostatečnou kapacitu, aby byla schopna namíchat v jedné dávce množství potřebné pro výměnu desky. Musí být vybavena zařízeními na přesné vážení a dávkování. Přidání vody musí proběhnout v co nejkratší době. Všechny části pojízdné míchačky musí být snadno přístupné pro čištění, aby bylo možné odstranit bez větší časové náročnosti zejména zatvrdlé zbytky materiálu.

S pojízdnou míchačkou o objemu 16 m³ lze za směnu vyměnit dvě nebo tři desky. Takto je také možno vyměňovat letištní desky 7,5 x 7,5 m o tloušťce 40 cm.

Organizace na staveništi

Všechny pracovní úkony musí být co nejpřesněji koordinovány zejména kvůli krátkým dobám uzavírek. Vzhledem k rychlému tvrdnutí betonu a krátkým dobám provádění oprav neexistují časové rezervy. Potřebná zařízení a vozidla musí být nasazena na co nejmenší ploše tak, aby si vzájemně nepřekážela. Možné výpadky jednotlivých zařízení nesmí mít za následek delší dobu provádění stavby nebo zastavení stavby a při plánování se toto musí zohlednit.

Než se staveniště uvolní pro dopravu, je třeba po pokládce k vytvrzení betonu rezerva 3 až 4 hodin. Při pracovních směnách v dobách s nízkým provozem v délce 8 až 10 hodin, např. v noci, zbývá pro pokládku betonu včetně veškerých přípravných a vedlejších prací 4 až 7 hodin. Práce lze v zásadě provést za jednu směnu; ideální je, lze-li na každém poškozeném místě naplánovat dvě směny. Současné práce za směnu na několika opravovaných místech jsou možné. Během první směny se na deskách, které se budou měnit, provedou oddělovací řezy v celé tloušťce krytu.



Zdvihnutí desek.

Pro snadnější zdvihnutí desek se doporučuje provést oddělovací řezy s mírným sklonem. Velikost nařezaných dílů se řídí podle zdvihacích zařízení a podle možností přepravy vybouraných kusů.

Do připravených částí desky se navrtají otvory pro uchycení vysoce zatížitelných kotev. Takto připravené desky lze po konci směny uvolnit pro provoz.

Časová náročnost přípravných prací je cca 2 hodiny na jednu desku. Při druhé směně nebo, v případě opravy během jedné směny, ihned po provedení oddělovacích řezů se upevní kotvy a desky se vyzvednou pomocí zdvihacích zařízení.

Výhodou tohoto postupu je, že se nepoškodí rozbíjením betonu podklad.

Pro odstranění starého betonu se navrtají a nasadí trny a kotvy podle ZTV Beton (Dodatečných technických smluvních podmínek a směrnic pro stavbu betonových krytů vozovek). I zde jsou důležitá výkonná a snadno ovladatelná zařízení, protože i pro tyto práce je k dispozici jen několik minut. Vypočtené množství správkové směsi Addiment Basismischung CR a kameniva se před směnou naplní do míchačky. Voda se přidá těsně před mícháním. Je třeba namíchat více betonu než kolik bylo vypočteno pro normální tloušťku krytu, protože tloušťka betonu není vždy rovnoměrná.



Zdvihnutí desek.



Trny a kotvy.

Rychletuhnoucí beton se během doby zpracovatelnosti 40 minut zhutní ponornými vibrátory a urovná vibrační lištou.

Aby nedocházelo k rychlému vysychání a tím k tvorbě vlasových trhlin na povrchu, přikryje se beton mokkými rohožemi. Za dvě až tři hodiny po vybetonování mohou být prořezány spáry kolem desky. K utěsnění spár se doporučuje použít pryžové profily, protože pro zálivky za horka je zbytková vlhkost v betonu příliš vysoká. Těsnění zálivkami za horka by se mělo provést až v pozdější směně.



Stažení a hutnění.

Časová náročnost prací: 6 hodin

Oddělovací řezy	cca 1 hod.
Vyjmutí desky, trny, kotvy	cca 1 hod.
Pokládka betonu	cca 1 hod.
Doba tvrdnutí	cca 2 - 3 hod.
Dodělávky (spáry)	cca 1 hod.

Dodnes používaná metoda oprav jednotlivých desek asfaltem není levnější, zejména při provádění v nočních směnách, protože míchačky musí být kvůli minimálnímu množství asfaltových směsí k dispozici celou noc. Opětovně je třeba poukázat na výše zmíněná rizika vzniku „vystřelení“ desek (blow-ups) a na krátkou životnost asfaltových záplat. Doby možnosti pojíždění asfaltu se kryjí s dobami tvrdnutí rychletuhnoucího betonu.

Opravy celých betonových desek za použití tohoto rychletuhnoucího betonu se realizují od roku 1997. Tyto nové desky dodnes slouží na dálnicích se silným provozem bez poškození.

Na universitě v Kasselu byl právě dokončen výzkumný projekt prováděný z pověření Společnosti pro výzkum silničního stavitelství a dopravního inženýrství (FGSV). Tento výzkumný projekt potvrzuje vynikající kvalitu rychletuhnoucího betonu, jeho vysokou odolnost proti mrazu a posypovým prostředkům a jeho dlouhou životnost. Tento výzkumný záměr i zkušenosti z posledních let ukazují, že zde byl vyvinut systém umožňující opravy betonových krytů vozovek bez velkého omezení provozu.

Díky používání rychletuhnoucího betonu získává betonová technologie oproti asfaltu další výhody. Bylo by žádoucí, aby se v budoucnu rozhodovalo o použití betonu nebo asfaltu podle nákladů po celou dobu životnosti vozovky. Zde by se měla zohlednit ekonomika důsledků dopravních omezení během oprav. To by vedlo ke zvýšenému používání betonové technologie.

Mělo by se jít dokonce ještě dál: zvažovat použití betonových krytů vozovek i v jiných oblastech. Existují například velké problémy s deformacemi a vyjetými kolejiemi v asfaltových plochách v oblastech světelných křižovatek, v zálivech autobusových zastávek nebo na kruhových objezdech. Zde může pomoci používání betonových krytů. Zkušenosti v Německu a dalších zemích ukázaly, že vozovkový beton jako stavební hmota nachází optimální využití nejen na dálnicích a letištích, nýbrž i v jiných oblastech a představuje nákladově nejvýhodnější variantu s nízkými nároky na údržbu.

Entscheidungskriterien für den Bau von Betonfahrbahndecken in Österreich

Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abt. II/ST2

Kurzfassung

Österreich verfügt über eine lange Tradition beim Bauen von Betonfahrbahndecken. Die Betonbauweise wird im Autobahnbau bei schwerer Verkehrsbelastung und im städtischen Verkehr bei Bushaltestellen, Busspuren und in Kreuzungsbereichen mit hohem Schwerverkehrsanteil eingesetzt. Der Beitrag zeigt die Entwicklung der Entscheidungskriterien seit den 50er Jahren. Heute erfolgt die Entscheidung nach gesamtwirtschaftlichen Kriterien unter Berücksichtigung der hohen Lebensdauer und des geringeren Erhaltungsbedarfes. Es wird aber auch aufgezeigt, dass der Bonus der Betonbauweise bei den Life Cycle Cost nur dann zum Tragen kommt, wenn die Decke richtig dimensioniert wird und eine hohe und gleichmäßige Qualität aufweist. Dazu ist es erforderlich, dass die Betonindustrie, die Bauwirtschaft und der Bauherr gut zusammenarbeiten und für eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung sowie für die Schaffung und Beibehaltung eines hohen Qualitätsniveaus sorgen.

1. Entwicklung des Betonstraßenbaues in Österreich

Österreich verfügt über eine lange Tradition beim Bau von Betonstraßen. Die ersten Betonstraßen in Landstraßenbau und im städtischen Straßenbau, insbesondere in Wien, sind aus dem Jahre 1925 dokumentiert.

Mit dem Autobahnbau wurde unmittelbar nach dem „Anschluss“ Österreichs an das Deutsche Reich 1939 begonnen und die ersten 20 Kilometer bei Salzburg bis 1941 mit einer Betonfahrbahndecke fertiggestellt. Nach dem Ende der Besatzungszeit mit dem Staatsvertrag 1955 wurde der Autobahnbau wieder begonnen und in den Jahren 1958 bis 1961 wurden 200 km, d.s. 70 % der Westautobahn zwischen Wien und Salzburg mit Betondecke dem Verkehr übergeben.

Heute weist das höchstrangige Straßennetz in Österreich 1.670 km Autobahnen und 360 km Schnellstraßen mit autobahnähnlichen Ausbaukriterien auf. Rund 800 km dieses Straßennetzes wurden in Betonbauweise errichtet.

Ab 1990 wurde mit der systematischen Erneuerung der alten Autobahnen begonnen. Mit Hilfe der österreichischen Beton-Recycling-Bauweise wurde eine wirtschaftliche Möglichkeit entwickelt, alte Betondecken umweltschonend in neue Betondecken umzuwandeln. Als wesentlicher Beitrag zur Tunnelsicherheit wurde 2001 beschlossen, neue Straßentunnels mit einer Länge von mehr als 1.000 m mit einer Betondecke auszurüsten. Eine wichtige Rolle spielt der Betonstraßenbau auch in den Großstädten. Bushaltestellen und Busspuren, Staubereiche und Kreuzungsplateaus, aber auch ganze Straßenzüge wurden zunehmend mit Betondecken ausgerüstet. In Wien liegen rund 2 Mio. m² Betonfahrbahndecken, d.s. 5 % des gesamten Wiener Straßennetzes.

2. Entscheidungskriterien in der Vergangenheit

Zum besseren Verständnis der heutigen Entscheidungskriterien ist es wichtig, die Entwicklung der Entscheidungskriterien im Lichte der Gesamtentwicklung des österreichischen Straßenbaus zu sehen.

2.1 Kriterien in den 50er und 60er Jahren

Bei der Planung und Ausführung der ersten Autobahnbaulose nach dem 2. Weltkrieg wurde weitgehend auf die Erfahrungen des Reichsautobahnenbaues (RAB) zurückgegriffen. Alle wichtigen Autobahnbaulose in den 50er und 60er Jahren wurden mit Betonfahrbahndecken ausgerüstet. Die bituminöse Bauweise war zu diesem Zeitpunkt für schwer belastete Strecken noch nicht technisch ausgereift.

2.2 Kriterien in den 70er Jahren

Mit zunehmender Entwicklung der Asphaltbetonbauweise hat sich auch ein Wettbewerb zwischen „schwarzer“ und „weißer“ Bauweise eingestellt. Während die Anwendung der Asphaltbauweise im normalen Straßenbau praktisch außer Streit steht, wurden die Vorteile der Betonbauweise bei hoher Verkehrsbelastung durchwegs anerkannt. Da jedoch Asphaltkonstruktionen in der Regel immer billiger waren und Wirtschaftlichkeitsvergleiche im heutigen Sinne noch lange kein Thema waren, wurde im damaligem Bautenministerium ein „Deckenplan“

entwickelt und 1972 publiziert. In diesem Deckenplan wurde die Deckenbauweise (Asphalt oder Beton) für alle damals geplanten Autobahnbauprojekte festgelegt.

Die wichtigsten Entscheidungskriterien waren dafür

- Verkehrsbelastung (insbesondere LKW-Anteil)
- Geologische Verhältnisse
- Anlageverhältnisse (Anteil an Steigungsstrecken)
- Präferenz der einzelnen Autobahnverwaltungen in den einzelnen Bundesländern

Im letzten - nicht zu unterschätzenden - Punkt ist damals stark die lokale bauwirtschaftliche Situation und die Verfügbarkeit entsprechend geschulten Fachpersonals in den Verwaltungen für die Planung und Überwachung der Betondeckenbauweise eingeflossen. Wesentlicher Zweck dieses Deckenplanes waren einerseits klare Entscheidungskriterien für die lokale Ausschreibungsbehörden und eine Minimierung der Interventionen im Vergabestadium. Andererseits sollte damit ein „Fleckerlteppich“ vermieden werden, d.h., dass längere Strecken mit einheitlicher Oberbaustruktur gebaut werden sollte.

2.3 Kriterien in den 80er Jahren

In dieser Zeit hat die technische Entwicklung des Asphaltstraßenbaues großen Fortschritt gemacht. Mit dem Einsatz von polymermodifiziertem Bitumen und anderen Spezialzusätzen konnten standfeste Tragschichten entwickelt werden. Die Entwicklung der Drainspaltbauweise brachte einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit und zur Verminderung der Lärmbelastung entlang der Straßen.

Die bautechnische Vergleichbarkeit verschiedener Oberbaukonstruktionen wurde erstmals 1986 in den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS 3.63) definiert. Wesentlich war dabei die Definition von Lastklassen nach dem Prinzip der Normlastwechsel sowie die Bemessung und Standardisierung der damals üblichen Oberbauvarianten. Bemerkenswert ist, dass schon damals Asphaltkonstruktionen auf eine 20-jährige Lebensdauer dimensioniert wurden, während Betonkonstruktionen auf 30 Jahre ausgelegt wurden. Damit war aber auch der Deckenplan aus 1972 obsolet und der Oberbau wurde zunehmend im Wettbewerb ausgeschrieben und vergeben, wobei es keine klaren Richtlinien gab, wie die längere Lebensdauer zu bewerten war.

Die 80er Jahre waren auch die Zeit, in der der Bedarf an neuen Autobahnen und Schnellstraßen mit den budgetären Möglichkeiten nicht Schritt halten konnte. Es begann die Kreditfinanzierung der Autobahnen und Schnellstraßen und die Gründung der Straßensondergesellschaften. Eines der Schlagworte war damals: „Wir müssen in die Länge und nicht in die Breite und Dicke bauen“. Der Straßenoberbau wurde daher in der Regel im Wettbewerb nach den Kriterien der Neubaukosten vergeben. Die Betonbauweise hatte damals kaum eine Chance.

Mitte der 80er Jahre stagnierte auch die Weiterentwicklung der Betonbauweise und maßgebliche Entscheidungsträger in Industrie und Verwaltung begannen am Fortbestand der Betonbauweise zu zweifeln. Die wichtigsten Kritikpunkte waren: zu teuer, zu laut und nur schlecht und langwierig zu reparieren.

2.4 Kriterien in den 90er Jahren

Es ist in erster Linie den Anstrengungen des Österreichischen Zementforschungsinstituts zu verdanken, dass es - entgegen den düsteren Prognosen - Ende der 80er Jahre einen wesentlichen Innovationsschub einleitete. Hier wurden die Grundlagen für die Neue Österreichische Recyclingbauweise erarbeitet, die es ermöglichte, die gesamte alte Betondecke in der neuen Decke und in der darunter liegenden Zementstabilisierung wieder zu verwenden. Von großer strategischer Bedeutung war die Entwicklung einer neuen lärmarmen Betonoberfläche mit einer feinen Waschbetonstruktur. Zur raschen Reparatur von Betonfeldern wurde ein 12-Stunden Beton entwickelt, der mit herkömmlichen Geräten verarbeitet werden konnte. Damit war es möglich, Instandhaltungsarbeiten in einer 24-Stunden Sperre durchzuführen.

Die Renaissance der Betondeckenbauweise Anfang der 90er Jahre wurde begleitet und unterstützt von einer starken Zunahme des Schwerverkehrs und der Tatsache, dass die Preisdifferenz zwischen einer entsprechend hoch entwickelten Asphaltkonstruktion und einer Betondecke deutlich kleiner wurde.

Der Wettbewerb wurde daher für die Betonbauweise wieder interessant, insbesondere dann, da es gelang, die längere Lebensdauer und den geringeren Erhaltungsbedarf als Vergabekriterien berücksichtigt wurde. Die Praxis der damaligen Zeit zeigte, dass die Betonbauweise bei Mehrkosten bis zu 10 % gute Chancen hatte. Die Folgen dieser Entwicklung war einerseits die für den Bauherrn positive Auswirkung, dass die Asphaltpreise im Wettbewerb wieder sanken. Andererseits, wechselte der Oberbautyp oft von Baulos zu Baulos. Technisch ergaben sich auch Probleme bei der Brückenplanung, die praktisch immer weit vor der Festlegung des Oberbautyps im angrenzenden Freilandbereich entschieden werden sollte.

Ein wichtiger Markstein in den 90er Jahren war auch die Übertragung aller Autobahnen und Schnellstraßen an die ASFINAG im Jahre 1997. Wesentliches Kriterium war, dass die ASFINAG zwar als Aktiengesellschaft zu 100 % im Eigentum des Bundes verblieb, aber weitgehend eigenwirtschaftlich agieren konnte, da sie keine Budgetmittel mehr beanspruchte. Die ASFINAG finanziert sich seither zur Gänze aus dem Kapitalmarkt und aus eigenen zweckgebundenen Einnahmen, wie z.B. aus den Mauterlösen.

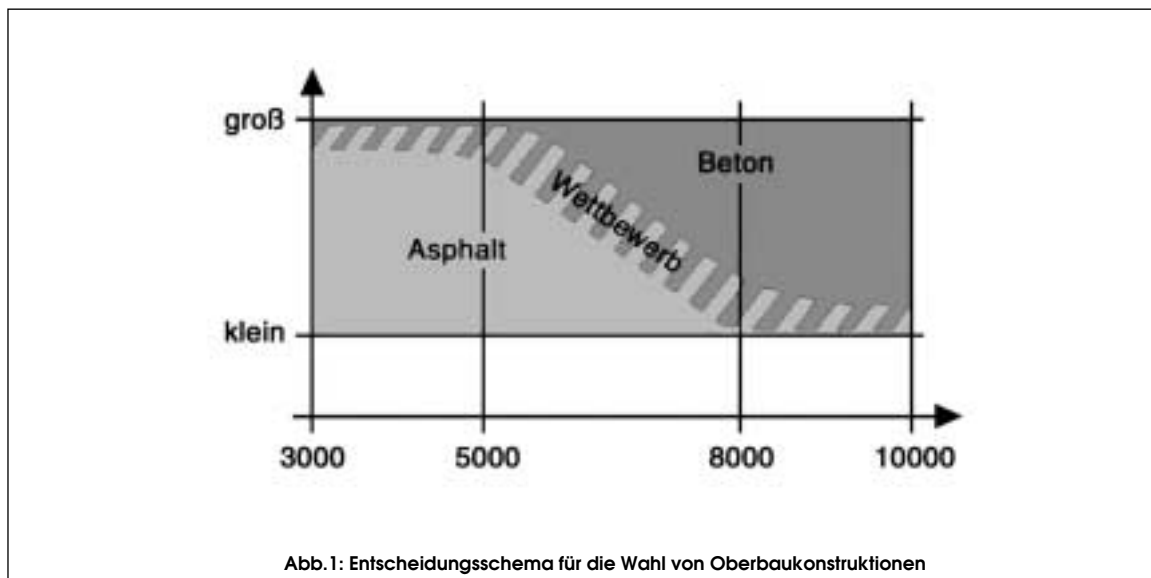
Mit der Erstellung mittelfristiger (5 - 10 Jahre) und langfristiger (30 - 50 Jahre) Finanzplänen gewann auch das Denken in Life Cycle Costs an Bedeutung und Wirtschaftlichkeitsvergleiche unter Berücksichtigung des Erhaltungs- und Erneuerungsbedarfes innerhalb der Lebensdauer wurden verstärkt eingesetzt. Als Grundlage dazu diente die RVS 2.21 „Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Oberbaukonstruktionen im Straßenbau“, die Ende der 90er Jahre in einigen Bundesländern erstmals als Entscheidungskriterium herangezogen wurde und 2001 dann für alle Bundesstraßen verbindlich erklärt wurde.

3. Entscheidungskriterien heute

Heute erfolgt die Wahl der Oberbaukonstruktion bei Autobahnen und Schnellstraßen nach den Kriterien des Pavement Managements unter Berücksichtigung der prognostizierten Life Cycle Cost. Mit der oben genannten RVS steht ein geeignetes Planungsinstrument zur Verfügung.

Für schwer und sehr schwer beanspruchte Straßenzüge (ab einer DTLV von ca. 8.000 Schwerfahrzeugen pro Tag) steht die Betonbauweise praktisch außer Streit. Aber auch dort, wo ein hoher Anteil von Steigungen vorherrscht, wo langsam gefahren oder oft gestaut wird, hat die Betonbauweise schon bei geringerer Verkehrslast ihre wirtschaftliche Berechtigung. Ein gutes Beispiel dafür ist die ständige Zunahme von Betondecken im Wiener Stadtgebiet.

Abbildung 1 zeigt schematisch die Einsatzdomänen für Asphalt- und Betonkonstruktionen in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und vom Anteil an Strecken mit langsamem Schwerverkehr. Im Überschneidungsbereich der beiden Domänen müssen die für das jeweilige Bauvorhaben wichtigen gesamtwirtschaftlichen Kriterien und der im Wettbewerb erzielte Preis herangezogen werden.



4. Schlussbetrachtung

Betonfahrbahndecken sind für schwer und sehr schwer belastete Straßen wirtschaftlich und wettbewerbsfähig, wenn sie auf eine 40 bis 50jährige Lebensdauer konzipiert sind und die ersten 15 bis 20 Jahre so gut wie keine Erhaltungsmaßnahmen benötigen. In der darauf folgenden Zeit sollten, je nach Beanspruchung, eine bis maximal zwei größere Instandsetzungskampagnen erforderlich sein, bei denen der Fugenverguss erneuert, Einzelfelder und Fugenschäden saniert und erforderlichenfalls ein bituminöser Dünnschichtbelag aufgebracht wird.

Jede Deckenbauweise ist ein Kompromiss zwischen den positiven und negativen Eigenschaften der jeweiligen Konstruktion. Die absolut richtige Bauweise gibt es nicht. Beim Bau von Deckenfahrbahnen ist immer zu beachten, dass die Betonherstellung und der Einbau relativ anspruchsvoll und schwierig ist und dass gut geschultes und erfahrenes Personal beim Einbau und der Überwachung eingesetzt werden sollte. Kleine und größere Fehler und Schlampereien verzeiht die Betonbauweise meist nicht. Nachbesserungen, wie z.B. bei der Ebenheit, der Griffigkeit oder im Fugen-Dübel-System sind meist sehr aufwändig und mit deutlicher Qualitätseinbuße verbunden.

Damit der Life-Cycle-Bonus der Betonbauweise voll zum Tragen kommt, muss die Decke richtig dimensioniert sein (Dicke, Fugenabstand, Dübel) Gegenüber der theoretischen Dimensionierung sollten Reserven eingebaut werden (z.B. 2 cm zusätzliche Dicke). Bei der Betonherstellung und dem Einbau ist für eine hohe und gleichmäßige Qualität zu sorgen. Gute Voraussetzungen dafür bestehen, wenn die Betonindustrie, die Bauwirtschaft und der Bauherr gut zusammenarbeiten.

Die Zement- und Betonindustrie muss bereit sein, die Bauweise ständig weiterzuentwickeln und zu verbessern und für Qualitätssicherung und Schulung zu sorgen. Die Bauwirtschaft und der Auftragnehmer müssen über gute Geräte und geschultes und erfahrenes Personal verfügen. Die Firmen müssen in einem hohen Qualitätsniveau einen Wettbewerbsvorteil für ihr Unternehmen sehen.

Auch der Bauherr muss über geschulte Mitarbeiter verfügen, die die Vorteile von Alternativbauweisen erkennen und bereit sind, sich mit neuen technischen Lösungen auseinander zu setzen. Große Verantwortung kommt dem Bauherrn auch bei der Qualitätskontrolle durch erfahrene und entscheidungskompetente Techniker zu.

Kritéria pro rozhodování pro stavbu vozovek s betonovým krytem v Rakousku

Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abt. II/ST2

Stručný obsah

Rakousko má dlouhou tradici ve stavbě vozovek s betonovým krytem. Betonářská technologie se používá při výstavbě dálnic s velkým dopravním zatížením a v městské dopravě u autobusových zastávek, u jízdních pruhů pro autobusy a v oblasti křižovatek s vysokým podílem těžké dopravy. Tento příspěvek ukazuje vývoj kritérií pro rozhodování od 50. let. Dnes probíhá rozhodování podle kritérií ekonomiky jako celku se zřetelem na dlouhou životnost a minimální požadavky na údržbu. Je však také poukázáno na to, že výhody betonářské technologie se u nákladů na životnost (Life Cycle Cost) projeví pouze tehdy, je-li kryt vozovky správně dimenzován a má vysokou a konstantní kvalitu. Proto je nutné, aby betonářský průmysl, stavebnictví a investor dobře spolupracovali a zajišťovali trvalý rozvoj a zlepšování, ale také vytváření a udržování vysoké úrovně kvality.

1. Vývoj ve výstavbě betonových vozovek v Rakousku

Rakousko má dlouhou tradici ve výstavbě betonových vozovek. První doklady o betonových vozovkách při výstavbě silnic na venkově a ve městech, zejména ve Vídni, pocházejí z roku 1925.

Stavba dálnic začala bezprostředně po anexi Rakouska Německou říší v roce 1939 a prvních 20 kilometrů vozovky s betonovým krytem bylo postaveno u Salzburgu do roku 1941. Po konci obsazení se Státní smlouvou v roce 1955 znovu započalo se stavbou dálnic a v letech 1958 až 1961 bylo uvedeno do provozu 200 km, tzn. 70 % Západní dálnice mezi Vídni a Salzburgem s betonovým krytem.

Dnes má síť silnic nejvyššího významu v Rakousku 1 670 km dálnic a 360 km rychlostních silnic s parametry podobnými dálnicím. Zhruba 800 km této silniční sítě bylo postaveno betonářskou technologií.

Od roku 1990 se započalo se systematickou obnovou starých dálnic. Pomocí rakouské stavební technologie recyklace betonu byla vyvinuta hospodárná možnost ekologické přeměny starých betonových krytů vozovek na nové. Jako podstatný příspěvek k bezpečnosti dopravy v tunelech bylo v roce 2001 rozhodnuto opatřit nové silniční tunely delší než 1 000 m betonovým krytem vozovky. Významnou roli hraje výstavba betonových vozovek také ve velkoměstech. Zastávky autobusů a jízdní pruhy pro autobusy, úseky, kde se tvoří zácpy a plochy křižovatek, ale i celé silniční tahy se ve stále větší míře opatřují betonovými kryty vozovek. Ve Vídni je betonový kryt vozovky na cca 2 mil. m², tj. na 5 % celé vídeňské silniční sítě.

2. Kritéria pro rozhodování v minulosti

Pro lepší pochopení dnešních kritérií pro rozhodování je důležité podívat se na vývoj kritérií pro rozhodování ve světle celkového vývoje rakouského silničního stavitelství.

2.1 Kritéria v 50. a 60. letech

Při plánování a výstavbě prvních úseků dálnic po 2. světové válce se v rozsáhlé míře využívalo zkušeností Říšského dálničního stavitelství (RAB). Všechny důležité dálniční úseky v 50. a 60. letech byly provedeny s cementobetonovým krytem. Asfaltová technologie v té době ještě nebyla pro silně zatížené úseky dostatečně vyspělá.

2.2 Kritéria v 70. letech

S pokračujícím vývojem asfaltové technologie vznikla konkurence mezi "černou" a "bílou" technologií. Zatímco používání asfaltové technologie je při normálním silničním stavitelství prakticky mimo diskusi, byly veskrze uznávány výhody betonářské technologie při silném dopravním zatížení. Protože však byly asfaltové konstrukce zpravidla vždy levnější a o srovnáních hospodárnosti v dnešním smyslu ještě zdaleka nemohla být řeč, vypracovalo tehdejší Ministerstvo výstavby „plán krytů vozovek“ a v roce 1972 jej zveřejnilo. V tomto plánu byl stanoven způsob stavby krytů vozovek (asfalt nebo beton) pro všechny tehdy plánované záměry výstavby dálnic.

Nejdůležitějšími kritérii pro rozhodování tak byly:

- dopravní zatížení (zejména podíl nákladní dopravy),
- geologické poměry,
- poměry u konkrétního díla (podíl úseků ve stoupání),
- preference jednotlivých správ dálnic v jednotlivých spolkových zemích.

V posledně uvedeném bodě – který nelze podceňovat – se zřetelně odrážela tehdejší situace v místním stavebnictví a u jednotlivých správ dostupnost odborných pracovníků s potřebnou kvalifikací pro plánování a stavební dohled pro úseky s cementobetonovým krytem. Základním účelem tohoto plánu krytů vozovek byla na jedné straně jasná kritéria rozhodování pro místní úřady vyhláshující výběrová řízení a minimalizace zásahů ve stádiu zadávání. Na druhé straně tak mělo být zabráněno „flekatému koberci“, tzn. delší úseky musely být stavěny s jednotnou skladbou horní stavby.

2.3 Kritéria v 80. letech

V této době zaznamenal technický rozvoj stavby asfaltových silnic velký pokrok. Díky použití asfaltu upraveného polymery a jiných speciálních přísad byly vyvinuty trvanlivé konstrukční vrstvy. Rozvoj stavby drenážních asfaltových povrchů významně přispěl k bezpečnosti dopravy a ke snížení emisí hluku z povrchu vozovek.

Stavebně-technická srovnání různých konstrukcí horní stavby bylo poprvé definováno v roce 1986 ve Směrnících a předpisech pro silniční stavitelství (RVS 3.63). Podstatná při tom byla definice tříd zatížení na principu normového střídavého zatěžování a dimenzování a standardizace tehdy běžných variant konstrukce horní stavby. Je pozoruhodné, že již tehdy byly asfaltové konstrukce dimenzovány na 20-letou životnost, zatímco betonové konstrukce byly dimenzovány na 30 let. Tím však také přestal být aktuální plán krytů vozovek z roku 1972 a horní stavba vozovky byla ve stále větší míře vypisována a zadávána ve výběrových řízeních, přičemž neexistovaly jasné směrnice, jak se má hodnotit delší životnost.

V 80. letech také již potřeba nových dálnic a rychlostních silnic nemohla držet krok s možnostmi rozpočtu. Začalo úvěrové financování dálnic a rychlostních silnic a zakládání speciálních silničních společností. Jedním z tehdejších hesel bylo: „Musíme stavět do délky a ne do šířky a tloušťky“. Horní stavba vozovky proto byla zpravidla zadávána ve výběrovém řízení podle kritérií nákladů na novostavbu. Betonářská technologie měla tehdy slabou šanci.

V polovině 80. let stagnoval i další vývoj betonářské technologie a významné rozhodovací subjekty v průmyslu a ve správě začaly pochybovat o životaschopnosti betonářské technologie. Nejvýznamnější argumenty při kritice byly: příliš drahá, příliš hlučná a pouze špatně a zdlouhavě opravitelná.

2.4 Kritéria v 90. letech

Je to v první řadě úsilí rakouského Výzkumného ústavu cementu, jemuž vděčíme za to, že – oproti temným předpovědím – koncem 80. let došlo k významnému inovačnímu posunu. Zde byly zpracovány základy Nové rakouské recyklační stavební technologie, která umožnila opětovné použití celého starého betonového krytu v novém krytu a v podkladní vrstvě stmelené cementem. Velký strategický význam měl vývoj nového betonového povrchu s nízkou hlučností s jemnou strukturou vymývaného betonu. Pro rychlé opravy betonových polí byl vyvinut 12-hodinový beton, který bylo možno zpracovávat běžnými zařízeními. To umožnilo provádění údržby během 24-hodinové uzavírky.

Renesance technologie betonového krytu na začátku 90. let byla doprovázena a podporována silným nárůstem těžké dopravy a skutečností, že se výrazně snížil cenový rozdíl mezi asfaltovou konstrukcí odpovídající vysoké úrovni a betonovým krytem vozovky.

Proto se stala betonářská technologie opět konkurenčně zajímavou, a to zejména proto, že se podařilo, aby delší životnost a nižší potřeba údržby byly zohledněny jako kritéria pro zadávání. Praxe z tehdejší doby ukázala, že měla betonářská technologie při nákladech, vyšších o max. 10 %, dobré vyhlídky. Důsledkem tohoto vývoje byl na jedné straně pro investory příznivý opětovný pokles cen asfaltu, na druhé straně se často změnil typ konstrukce vozovky od úseku k úseku. Vznikaly také technické problémy při plánování mostů, o nichž se prakticky vždy mělo rozhodovat dlouho před stanovením typu horní stavby v sousedících úsecích.

Důležitým mezníkem v 90. letech bylo rovněž převedení všech dálnic a rychlostních silnic pod ASFINAG v roce 1997. Důležitým kritériem bylo, aby ASFINAG sice jako akciová společnost zůstala 100 %-ně ve vlastnictví státu, ale aby měla rozsáhlé pravomoci pro samostatné hospodaření, protože již nečerpala prostředky ze státního rozpočtu. Od té doby se ASFINAG zcela financuje z kapitálového trhu a z vlastních účelově vázaných příjmů, jako např. z výnosů mýtného.

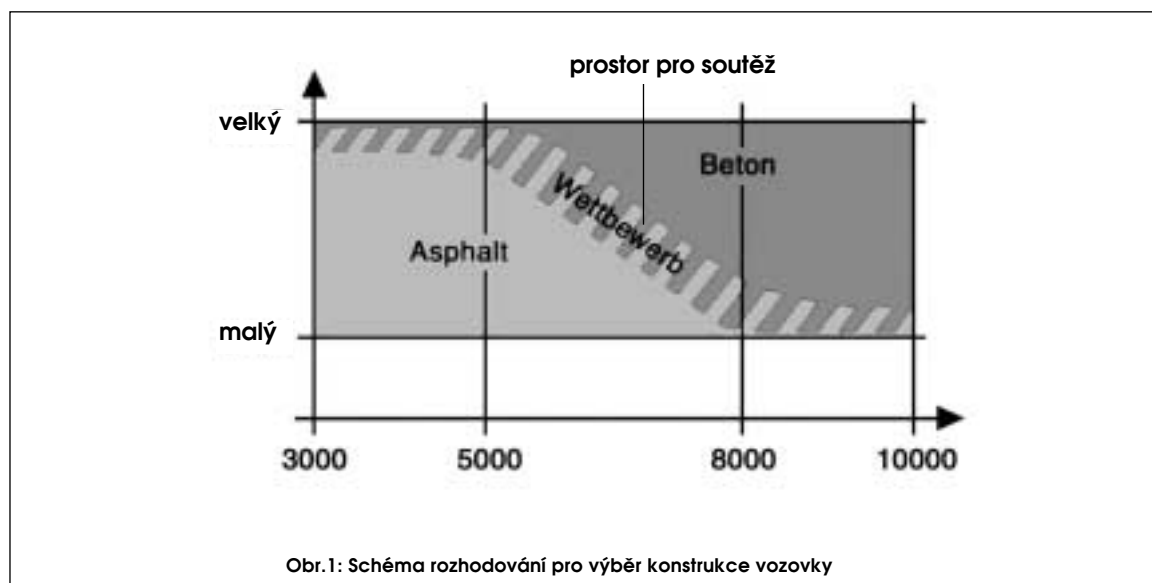
S vypracováním střednědobých (5 - 10 let) a dlouhodobých (30 - 50 let) finančních plánů nabylo na významu také uvažování o celkových nákladech po dobu životnosti vozovky (Life Cycle Costs) a ve zvýšené míře se začalo používat ekonomické porovnání se zřetelem na potřebu údržby a obnovy v průběhu životnosti. K tomu sloužila jako podklad směrnice RVS 2.21 „Rozbor hospodárnosti horní stavby vozovek v silničním stavitelství“, která byla koncem 90. let v některých spolkových zemích poprvé použita jako kritérium pro rozhodování a v roce 2001 pak byla prohlášena za závaznou pro všechny státní silnice.

3. Kritéria pro rozhodování dnes

Dnes probíhá volba horní stavby vozovky u dálnic a rychlostních silnic podle kritérií Pavement Managementu se zohledněním předpokládaných nákladů na životní cyklus. Výše zmíněná RVS představuje vhodný nástroj pro plánování.

U silničních tahů se silným a velmi silným zatížením (od průměrného denního počtu nákladních automobilů cca 8 000 těžkých vozidel) prakticky není sporu o betonové technologii. Avšak i tam, kde převládá vysoký podíl stoupání, kde se jezdí pomalu nebo kde se často tvoří zácpy, má betonová technologie své ekonomické opodstatnění i již při nižším dopravním zatížení. Dobrým příkladem toho je stále rostoucí podíl betonových povrchů v oblasti města Vídně.

Na obr. 1 jsou schématicky znázorněny hlavní oblasti využití asfaltových a betonových konstrukcí v závislosti na dopravním zatížení a na podílu na úsecích s pomalou těžkou dopravou. V oblasti, kde se obě hlavní oblasti protínají, musí být přibrána celková ekonomická kritéria důležitá pro příslušný stavební záměr a cena dosažená v soutěži.



4. Závěr

Betonové kryty vozovek jsou pro silnice se silným a velmi silným zatížením hospodárné a konkurenceschopné, pokud jsou koncipovány na 40 až 50-letou životnost a během prvních 15 až 20 let nevyžadují pokud možno žádnou údržbu. Poté by měla být, podle namáhání, potřebná jedna, nanejvýš dvě větší akce údržby, při nichž by byla obnovena zálivka spár, byla by sanována jednotlivá pole a poškozené spáry a podle potřeby by byla provedena tenká asfaltová vrstva.

Každá technologie stavby krytu vozovky je kompromisem mezi kladnými a zápornými vlastnostmi příslušné konstrukce. Absolutně správná technologie neexistuje. Při výstavbě vozovek s betonovým krytem je vždy třeba dávat pozor na to, že výroba betonu a jeho pokládka je poměrně náročná a těžká a že by pokládku a odborný dohled měli provádět dobře vyškolení a zkušení pracovníci. Velké ani malé chyby ani nedbalost betonářská technologie většinou neodpouští. Dodatečné opravy, jako např. rovnosti, drsnosti nebo systému trnů ve spárách, jsou většinou velmi pracné a jsou doprovázeny značnou újmou kvality.

Aby se plně projevila výhoda životního cyklu betonové technologie, musí být kryt vozovky správně dimenzován (tloušťka, vzdálenost spár, trny). Měly by být vytvořeny rezervy oproti teoretickému dimenzování (např. navýšená tloušťka o 2 cm). Při výrobě betonu a jeho pokládce je třeba zajistit vysokou a konstantní kvalitu. Pro to je dobrým předpokladem spolupráce průmyslu betonu, stavebního hospodářství a investora.

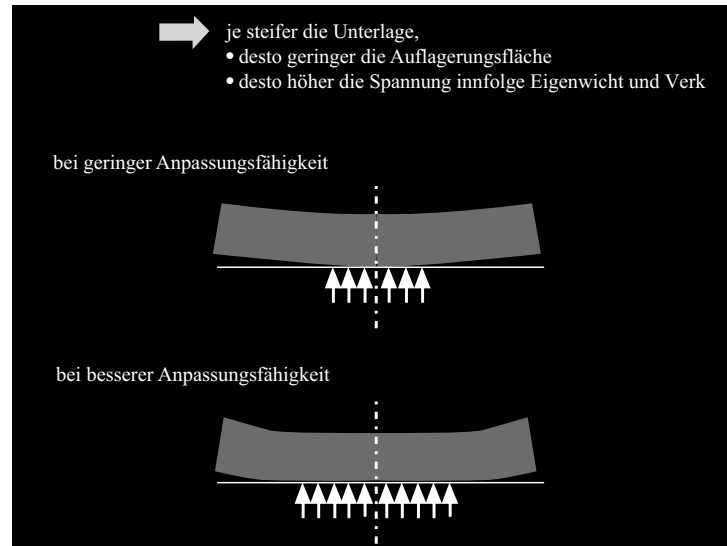
Průmysl výroby cementu a betonu musí být ochoten trvale rozvíjet a zlepšovat technologii a pečovat o kvalitu a výskolování. Stavební průmysl a zhotovitel musí mít k dispozici dobrá zařízení a zkušené pracovníky. Firmy musí vidět ve vysoké úrovni kvality svou konkurenční výhodu.

Také investor musí mít vyškolené pracovníky, kteří rozeznají výhody alternativních stavebních technologií a jsou ochotni vypořádat se s novými technickými řešeními. Investor má také velkou zodpovědnost při kontrole kvality svými technikami, kteří musí být zkušení a kompetentní rozhodovat.

Das Rechenprogramm AWDSTAKO zur Bemessung von Betondecken - Verfahren nach Pfeifer

Dr. -Ing. Lissi Pfeifer, Berlin

Betondecken verhalten sich anders als Asphaltbefestigungen, daher gelten andere Bemessungsgrundsätze!
 > die Betondecke arbeitet für sich allein!



Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE-Nr. 08.160/2000/CRB
 Bemessungsverfahren für Betonbau

BETONDECKEN FÜR STRASSENVERKEHRSLÄCHEN Lastannahmen, Berechnung, Nachweisführung

Fachtechnisches Handbuch, Ausgabe 04-2002
 Rechenprogramm AWDSTAKO, Version 1.0

AG: Bundesanstalt für Straßenwesen
 AN: Dr.-Ing. L. Pfeifer, Berlin
 Mitwirkung: Dipl.-Ing. Kiehne, Dresden
 Dipl.-Ing. Villaret, Hönow

Zeile	Bauklasse		SV	I	II	III
	Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.	B	> 32	> 10 - 32	> 3 - 10	> 0,8 - 3
Dicke des frostsch. Oberbaus ¹⁾			55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75
1.2	Betondecke		27	26	24	23
	Vliesstoff					
	Verfestigung		29	15	15	15
Schicht aus frostunempfindlichem Material - weit- oder intermittierend gestuft gemäß DIN 18196 -			47	45	35	35
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material			8 ⁴⁾ 18 ⁴⁾ 28 36	15 ⁴⁾ 25 35 45	16 ⁴⁾ 26 36 46	7 ⁴⁾ 17 ⁴⁾ 27 37
Schottertragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material						
3	Betondecke		25	25	27	26
	Schottertragschicht ²⁾		30	33	33	30
	Schicht aus frostunempfindlichem Material		53	58	57	58

In Deutschland ist der Oberbau von Verkehrsflächen bisher ausschließlich anhand der standardisierten Befestigungen der RStO geregelt. Das gilt auch für die Festlegung der Dicke der Betondecken. Mit der Programmentwicklung werden die Festlegungen der RStO nicht außer Kraft gesetzt; diese stellen den Regelfall dar.

Mit standardisiertem Schichtenaufbau (RStO)

Voraussetzungen:

- die Einhaltung der Mindestanforderungen bzw. der Spielräume der ZTV
- eine mittlere Achslastverteilung

Keine Differenzierbarkeit nach

- Zugfestigkeit
- Plattengeometrie
- abweichenden Achslasten und deren Verteilung
- Art der Reifenbestückung

u.a.m.

Mit Verfahren der freien Bemessung

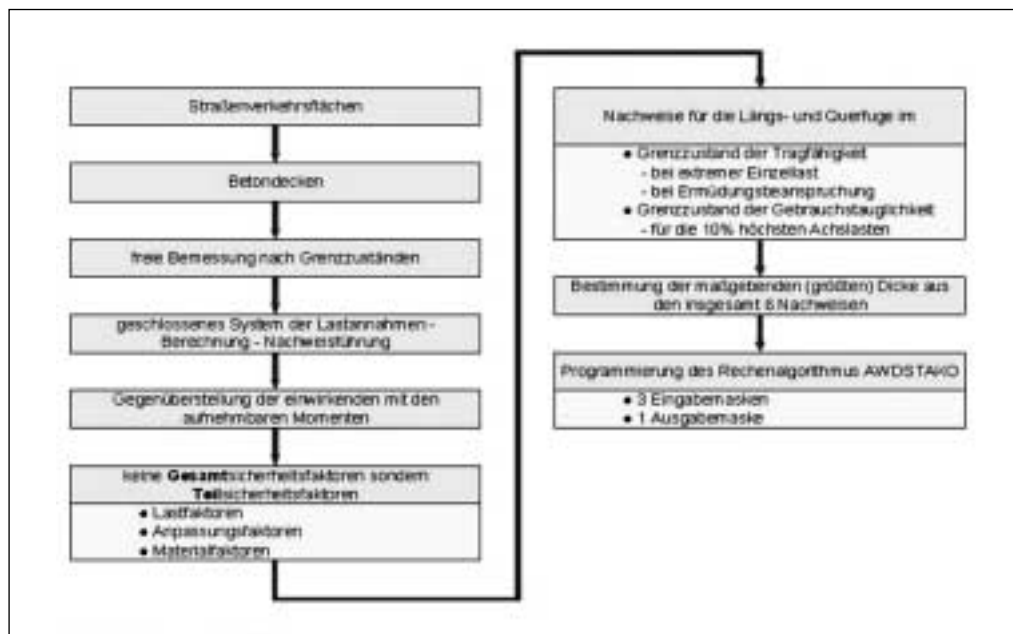
- Berücksichtigung der o.g. Einflussgrößen
- Vermeidung von Unterbemessungen/Überbemessungen
- Gegenüberstellung des einwirkenden mit dem aufnehmbaren Moment
- Bildung eines ineinander greifenden Komplexes aus Lastannahmen, Berechnung und Nachweisführung
- Definition von Grenzzuständen
- Verwendung von Teilsicherheitsfaktoren (Last- und Anpassungs-(Material-)faktoren,

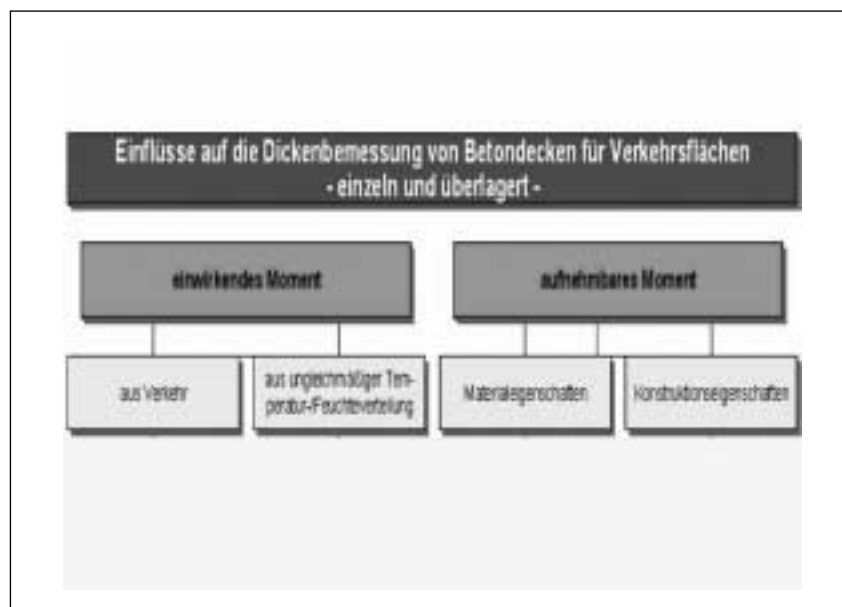
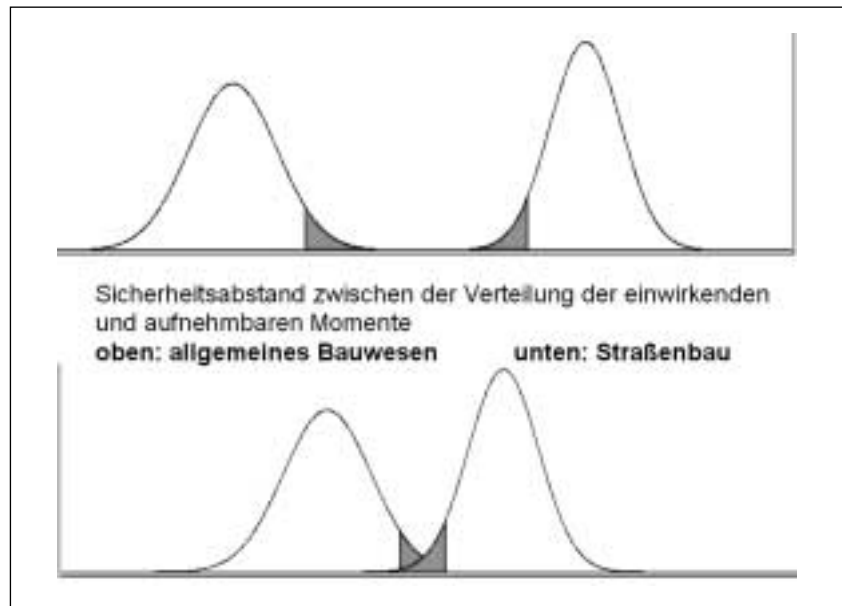
Gesamtsicherheitsfaktoren entfallen also.

Die Nachweisführung erfolgt mit 6 Nachweisfällen:

- Quasistatische Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit
- Ermüdungsnachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit jeweils für die Quer- und Längsfuge

Die größte sich ergebende Dicke ist die maßgebende.





Einflüsse auf die Dickenbemessung von Betondecken für Verkehrsflächen - einzeln und überlagert -

Einwirkendes Moment – aus Verkehr

- maximale Radlast – Regelfall/Sonderlast
- Verkehrsmischung
- maßgebende Bezugsachse
- Anzahl äquivalenter Achsübergänge
- Achskonstellation
- zugeordnete Reifenarten
- zugeordnete Kontaktdrücke
- Entwurfsgeschwindigkeit, ggf. konstante Last
- Stoßfaktoren als Funktion der
 - Belastung
 - Geschwindigkeit
 - Ebenheit

Einwirkendes Moment – aus ungleichmäßiger Temperatur-/Feuchtenverteilung

- Langzeit- Jahresganglinien, auch gebietsabhängig
- Tagesganglinien der Temperaturverteilung
- Plattenverformung aus ungleichmäßiger Feuchtenverteilung
- Ganglinien der Plattenverformung
- Wärmedehnzahl
- Totalmodul

Aufnehmbares Moment – Materialeigenschaften

- Zugfestigkeit
- E-Modul bei Zugbeanspruchung
- Querdehnzahl
- Ermüdungszugfestigkeit

Aufnehmbares Moment – Konstruktionseigenschaften

- Tragfähigkeit, Anpassungsfähigkeit, Umlagerungsbeständigkeit der Unterlage
- Plattenabmessungen
- Querkraftübertragung in den Fugen
- ausführungsbedingte Dickenstreuung der Decke

Die Zeitaufwändige Ermittlung der Zahl der Achsübergänge während der Nutzungsdauer (B-Zahl) – und damit auch der Bauklasse für den Regelfall der RStO – fällt beiläufig bei der Anwendung von AWDSTAKO ab. Erst danach folgt intern die weitere Verarbeitung der Verkehrsdaten.

StC = Straßenbetonklasse

Beispiel einer Straßenbetonklasse:

StC 30/37 – 3,3

erster Wert:	charakteristische Mindestdruckfestigkeit an Zylindern $f_{ck,cyl}$
zweiter Wert:	charakteristische Mindestdruckfestigkeit an Würfeln $f_{ck,cube}$
dritter Wert:	charakteristische Mindestspaltzugfestigkeit an Zylindern f_{ctk} (zugehöriger Wert an Bohrkernscheiben = $f_{ct,k core}$)



Straßenbetonklasse mit zugeordnetem Zug-Elastizitätsmodul

Straßenbetonklasse	E_{ctm} (N/mm ²)
StC 20/25 – 2,4 StC 20/25 – 2,7	35 000
StC 25/30 – 2,7 StC 25/30 – 3,0 StC 25/30 – 3,3	37 000
StC 30/37 – 3,0 StC 30/37 – 3,3 StC 30/37 – 3,7	39 000
StC 35/45 – 3,3 StC 35/45 – 3,7 StC 35/45 – 4,0	41 000
StC 40/50 – 4,4	43 000

Spaltzugfestigkeitsnachweis bei der Bemessung von Betondecken

Gründe:

- allgemein, international angewendete Verfahrensweise für die Bemessung unbewehrter Betone,
- nicht vorhandene feste Korrelation zwischen Druck- und (Spalt-)zugfestigkeit,
- Möglichkeit, die Zugfestigkeit in situ als Bauwerksfestigkeit zu prüfen

Weitere Gründe:

- Festigkeitsermittlung an der Deckenober- und -unterseite
- Anwendung des gleichen Prüfverfahrens am Laborprüfkörper und am Bohrkern
- Ermittlung der Zugfestigkeit beim 5%-Quantil aus Bohrkernprüfungen
- Bestimmung der Druck- und Spaltzugfestigkeit an Bohrkernscheiben **eines** Kerns

ARBEITSAUSSCHUSS: BEMESSUNG UND STANDARDISIERUNG DER VERKEHRSLÄCHENBEFESTIGUNGEN FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN

FGSV – Arbeitspapier
Nr. 63

Mechanisches Verhalten von unbewehrten Betondecken in Befestigungen für Verkehrsflächen

-Eingangsgrößen in die Bemessung-
(Materialkennwerte)

Ist unter sonst gleichen Bedingungen die **Variante 1 oder 2**, die bemessungstechnisch gleichwertig sind, über den Nutzungszeitraum wirtschaftlicher?

Variante 1: 30 cm dicke Decke
5 m Quersfugenabstand
2 cm weniger Dicke

Variante 2: 32 cm dicke Decke
6 m Querfugenabstand
(Fugenlänge/-pflege 20 % reduziert)

Ist unter sonst gleichen Bedingungen die **Variante 1 oder 2**, die bemessungstechnisch gleichwertig sind, über den Nutzungszeitraum wirtschaftlicher?

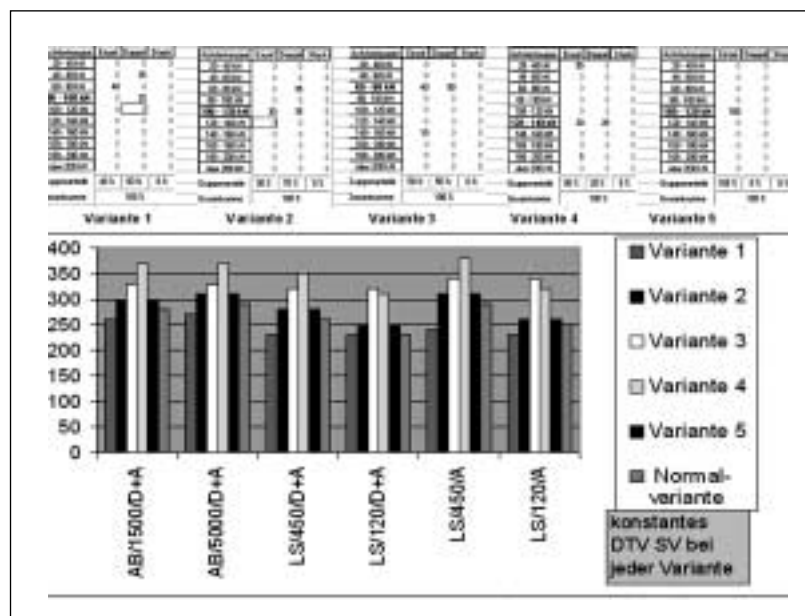
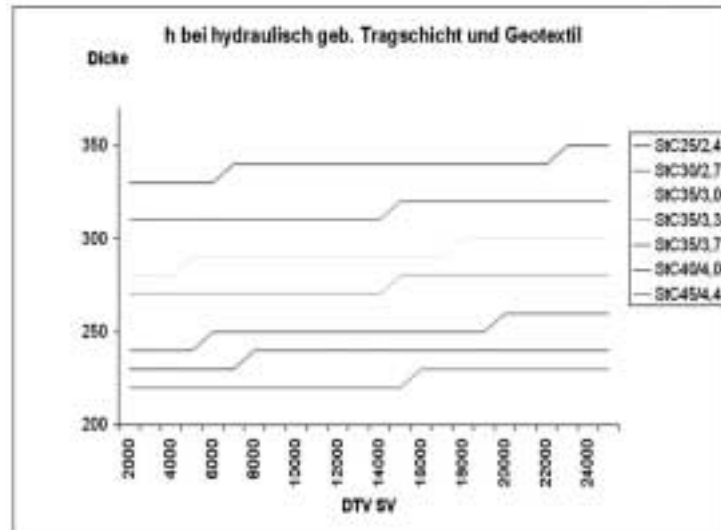
Variante 1: 28 cm dicke Decke auf Schottertragschicht
4 cm mehr Dicke

Variante 2: 24 cm dicke Decke auf Asphalttragschicht
2 technologische Linien mit unterschiedlichem Bindemittel

Ist unter sonst gleichen Bedingungen die **Variante 1 oder 2**, die bemessungstechnisch gleichwertig sind, über den Nutzungszeitraum wirtschaftlicher?

Variante 1: 33 cm dicke Decke auf Schottertragschicht
(geringe Zugfestigkeit; 6 cm mehr Dicke)

Variante 2: 27 cm dicke Decke auf Schottertragschicht
(hohe Zugfestigkeit; 6 cm weniger Dicke)



Einflüsse aus

- Achslastverteilung und -konfiguration
- Reifen- und Fahrzeug- bedingter Lasteintragung
- konstruktiven Merkmalen
- Baustoffkenngrößen

haben einen erheblichen Einfluss auf die erforderliche Deckendicke.

Werden diese nicht hinreichend genau berücksichtigt, kann es zu vorzeitiger Rissbildung kommen.

Das vorgestellte Verfahren zeigt Möglichkeiten zur Erhöhung der Planungssicherheit.

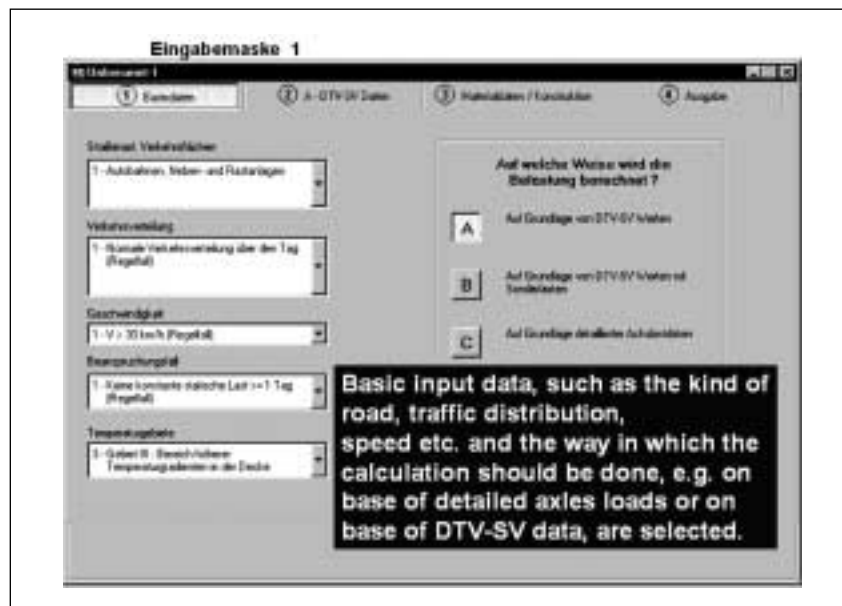
Zu betonen ist:

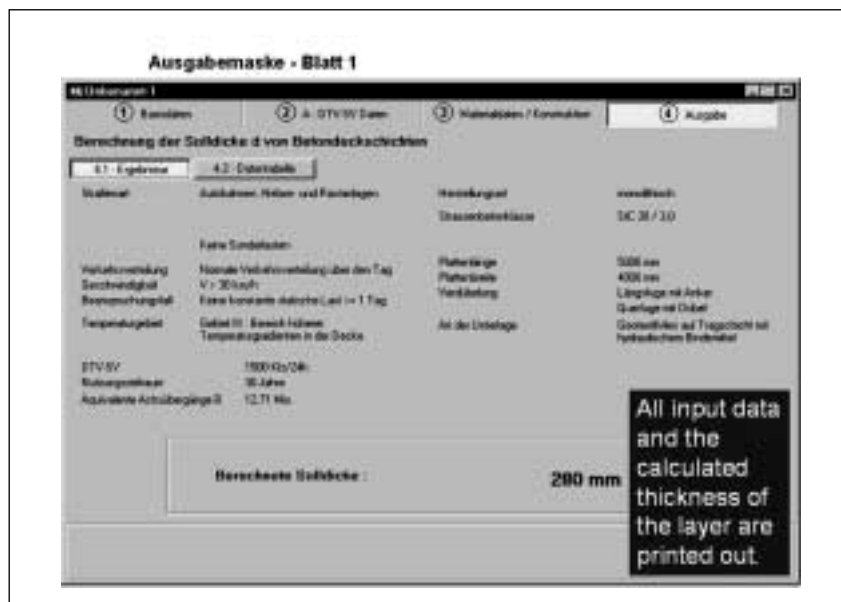
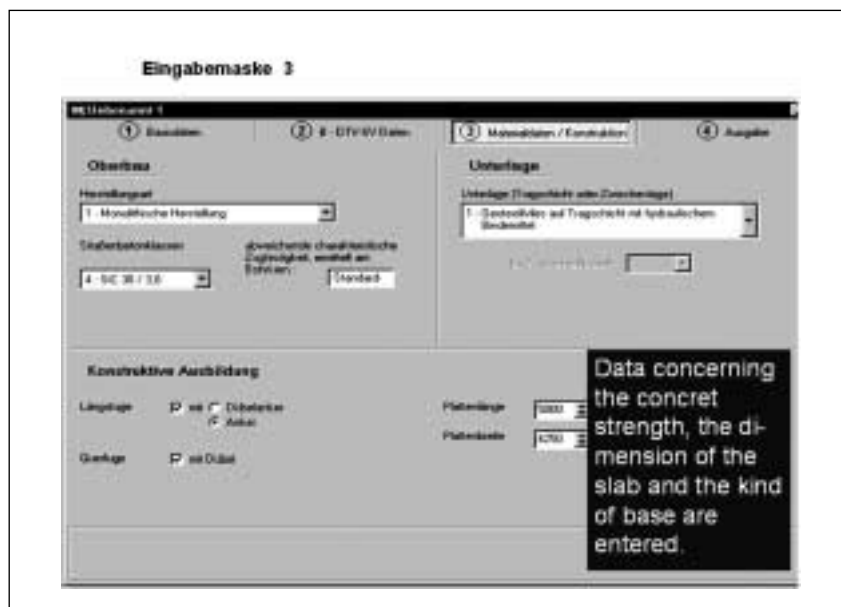
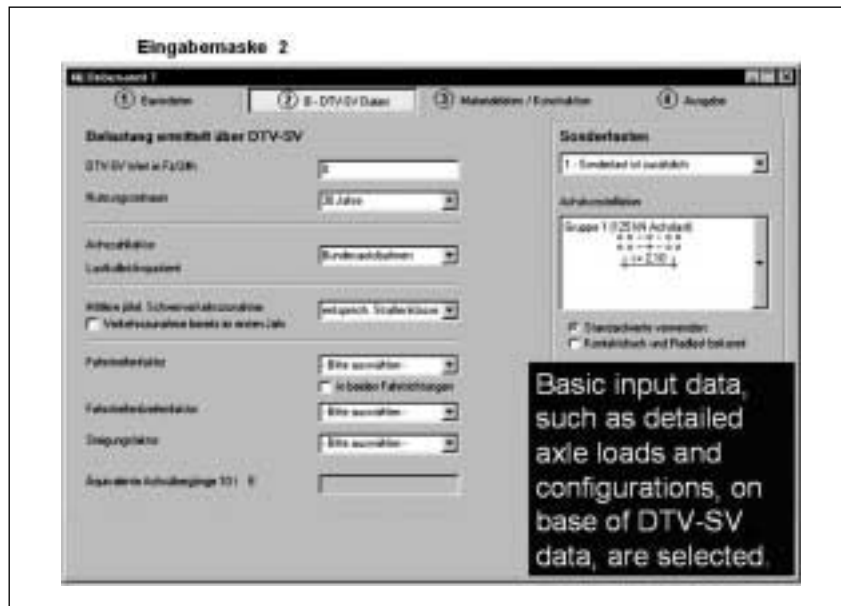
jedes Bemessungsverfahren kann nur so zutreffend sein, wie die einzuführenden Eingangsgrößen.

Anwendung AWDSTAKO

- Ermittlung der Deckendicke bei Entwürfen
 - > bei näher bekannter Belastung
 - > unter Berücksichtigung von Material- und Konstruktionsvarianten
 - > bei streifenweiser Erneuerung bei beschränkter Bauhöhe
- Erarbeitung und Bewertung von Nebenangeboten
- Im Rahmen von Funktionsbauverträgen

AWDSTAKO soll die RStO 01 nicht ersetzen, sondern der Vergleichbarkeit unterschiedlicher konstruktiver und stofflicher Varianten dienen – auch bei von der Regel abweichenden Beanspruchungen.

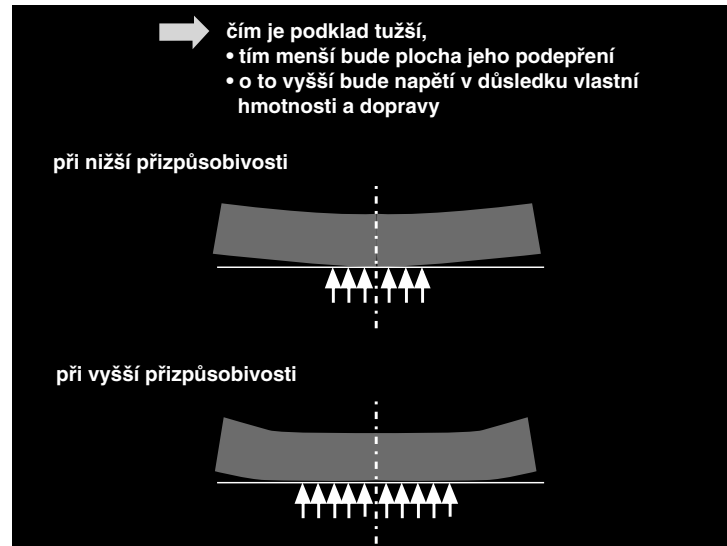




Výpočtový program AWDSTAKO k dimenzování betonových krytů - postup podle Pfeifer

Dr. -Ing. Lissi Pfeifer, Berlin

Betonové kryty se chovají jinak než kryty asfaltové, proto platí jiné zásady pro dimenzování!
 > Betonový kryt sám o sobě pracuje!



Výzkumný a rozvojový úkol FE-č. 08. 160/2000/CRB
 Výpočtová metoda pro stavby z betonu

BETONOVÉ KRYTY PRO SILNIČNÍ DOPRAVNÍ PLOCHY
 Předpoklad zatížení, výpočet, stanovení hodnot

Odborně-technická příručka, vydání 04-2002
 Výpočtetní program AWDSTAKO, verze 1.0

Zadavatel:
 Zpracovatel:
 Spolupráce:

Spolkový úřad pro silniční stavitelství
 Dr.-Ing. L. Pfeifer, Berlín
 Ing. Kiehne, Drážďany
 Ing. Villaret, Hönow

Zeile	Bauklasse		SV	I	II	III
	Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.	B	> 32	> 10 - 32	> 3 - 10	> 0,8 - 3
Dicke des frostsch. Oberbaues ¹⁾			55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75
1.2	Betondecke		27	26	24	23
	Vliesstoff					
	Verfestigung		15	15	15	15
Schicht aus frostunempfindlichem Material - weit- oder intermittierend gestutet gemäß DIN 18196 -			47	45	38	36
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material			8 ⁴⁾ 18 ⁴⁾ 28 36	15 ⁴⁾ 25 35 45	16 ⁴⁾ 26 36 46	7 ⁴⁾ 17 ⁴⁾ 27 37
Schottertragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material						
3	Betondecke		26	26	27	26
	Schottertragschicht ²⁾		30	33	33	30
	Schicht aus frostunempfindlichem Material		58	58	57	58

V Německu je doposud horní stavba dopravních ploch stanovována výhradně na základě standardů dle RStO. To platí také pro stanovení tloušťky betonových krytů. S vývojem programu se nebudou rušit ustanovení RStO, která představují regulační pravidla.

Standardizované uspořádání vrstev (podle RStO)

Předpoklady:

- dodržení minimálních požadavků a případných možností podle ZTV
- střední rozložení zatížení na nápravu

Žádné možnosti rozdílů v

- pevnosti v tahu
- geometrii desek
- odchýlných nápravových zatíženích a rozložení zatížení
- vybavení pneumatikami aj.

Předkládaná metoda dimenzování

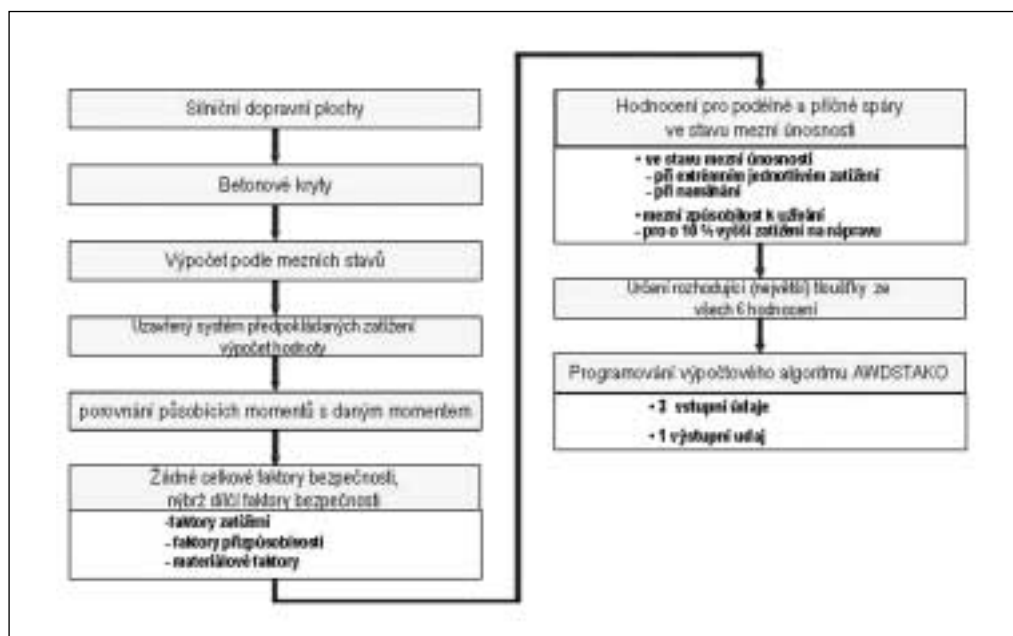
- zohlednění výše uvedených vlivů a jejich velikostí
- vyvarování se podhodnoceného/nadhodnoceného návrhu
- porovnání působícího momentu s momentem přijatým (vytvořeným)
- vznik komplexu sestávajícího z předpokládaného zatížení, výpočtu a stanovení hodnot
- definování mezních stavů
- použití dílčích bezpečnostních faktorů (faktory plynoucí ze zatížení a materiálové faktory

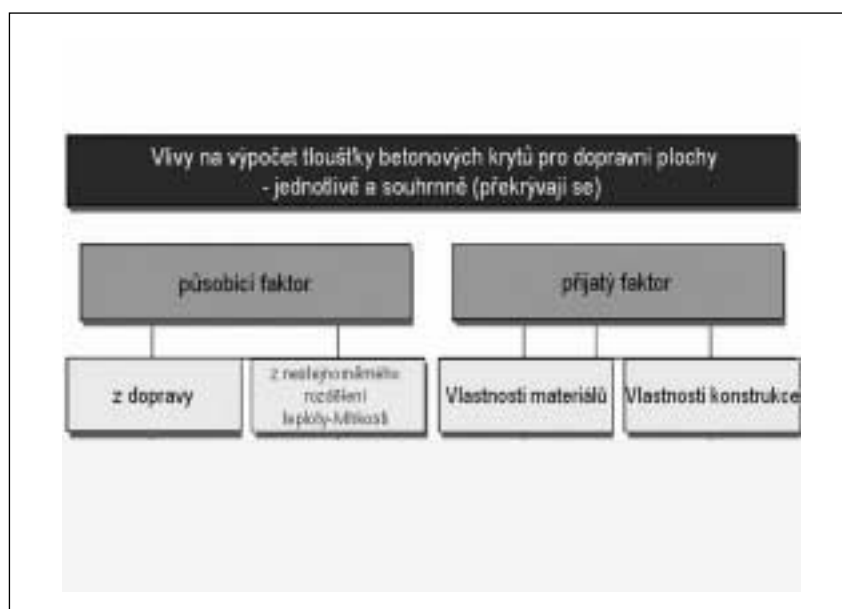
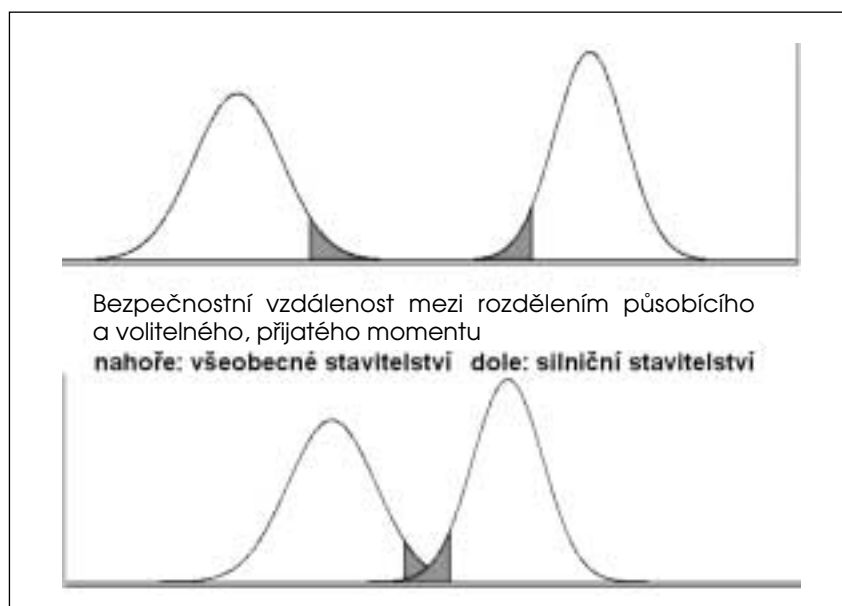
Celkové bezpečnostní faktory tudíž odpadají.

Stanovení hodnoty je výsledkem 6-ti průkazů:

- kvazistický průkaz únosnosti v mezním stavu a způsobilosti k užívání (provozní schopnosti)
- průkaz únavy při mezním stavu únosnosti na příčné i podélné spáře

Směrodatná je nejvyšší hodnota vypočtené tloušťky.





Vlivy na výpočet tloušťky betonových krytů pro dopravní plochy – jednotlivě a souhrnně –

Působící faktor – z dopravy

- maximální zatížení kola – obvyklé/zvláštní zatížení
- smíšená doprava
- směrodatná srovnávací náprava
- počet ekvivalentních přechodů náprav
- postavení náprav
- osazené druhy pneumatik
- přiřazené kontaktní tlaky
- návrhová rychlost, případně konstantní zatížení
- faktory rázů jako funkce
 - zatížení
 - rychlosti
 - rovnosti

Působící faktor – vliv nerovnoměrného rozdělení teploty/vlhkosti

- dlouhodobé roční čáry průběhu, závislé také na oblastech
- denní čáry rozdělení teploty
- přetváření desek v důsledku nestejnomyerného rozdělení vlhkosti
- čára průběhu deformace desek
- číslo tepelného roztažení
- totální modul

Přijátý faktor – vlastnosti materiálu

- pevnost v tahu
- E-modul při namáhání tahem
- příčná roztažnost
- mez únavy pevnosti v tahu

Přijátý faktor – vlastnosti konstrukce

- únosnost, přizpůsobivost (flexibilita), odolnost podkladu proti přemísťování částic
- rozměry desek
- příčný přenos síly ve spárách
- kolísání tloušťky desky podmíněné prováděním

Časově náročné určení počtu přejezdů nápravy během doby užívání (B-hodnota)
– a tím také stavební třídy v případě RStO –

při používání AWDSTAKO odpadne.

Teprve potom následuje interně další zpracování dopravních dat.

StC = třída vozovkového betonu

Příklad třídy vozovkového betonu:

StC 30/37 – 3,3

první hodnota:	charakteristická nejnižší pevnost v tlaku na válcích $f_{ck,cyl}$
druhá hodnota:	charakteristická nejnižší pevnost v tlaku na krychlích $f_{ck,cube}$
třetí hodnota:	charakteristická nejnižší pevnost v příčném tahu na válci f_{ctk} (příslušná hodnota na odřezu z vývrtu = $f_{ct,k core}$)



Třída vozovkového betonu s přiřazeným modulem pružnosti

Tř. vozovkového betonu	E_{ctm} (N/mm ²)
StC 20/25 – 2,4 StC 20/25 – 2,7	35 000
StC 25/30 – 2,7 StC 25/30 – 3,0 StC 25/30 – 3,3	37 000
StC 30/37 – 3,0 StC 30/37 – 3,3 StC 30/37 – 3,7	39 000
StC 35/45 – 3,3 StC 35/45 – 3,7 StC 35/45 – 4,0	41 000
StC 40/50 – 4,4	43 000

Průkaz hodnoty pevnosti v příčném tahu pro výpočet betonového krytu

Důvody:

- všeobecná, mezinárodně používaná metoda pro výpočet nevyztužených betonů
- není k dispozici pevná korelace mezi pevností v tlaku a pevností v (příčném) tahu
- možnost vyzkoušet in situ pevnost v tahu

Další důvody:

- stanovení pevnosti na vrchní a spodní straně desky
- použití stejné zkušební metody na laboratorních vzorcích a na jádrových vývrtech
- stanovení pevnosti v tahu při 5%-kvantilu ze zkoušek na jádrových vývrtech
- stanovení pevnosti v tlaku a v příčném tahu na odřezech z **jednoho** jádrového vývrtnu

PRACOVNÍ VÝBOR: VÝPOČET A STANDARDIZACE ZPEVNĚNÝCH DOPRAVNÍCH PLOCH. SPOLEČNOST PRO VÝZKUM SILNIC A DOPRAVY

FGSV – Pracovní výtisk č. 63

Mechanické chování vyztuženého betonového krytu jako zpevnění pro dopravní plochy

– vstupní hodnoty pro výpočet –
(charakteristické materiálové hodnoty)

Je některá z **variant 1 nebo 2** svou životností hospodárnější, i když jsou jinak při technických výpočtech rovnocenné?

Varianta 1: 30 cm tlustá deska
5 m vzdálenost příčných spár
o 2 cm menší tloušťka

Varianta 2: 32 cm tlustá deska
6 m vzdálenost příčných spár
(délka spár/údržba spár se snižuje o 20 %)

Je některá z **variant 1 nebo 2** svou životností hospodárnější, i když jsou jinak při technických výpočtech rovnocenné?

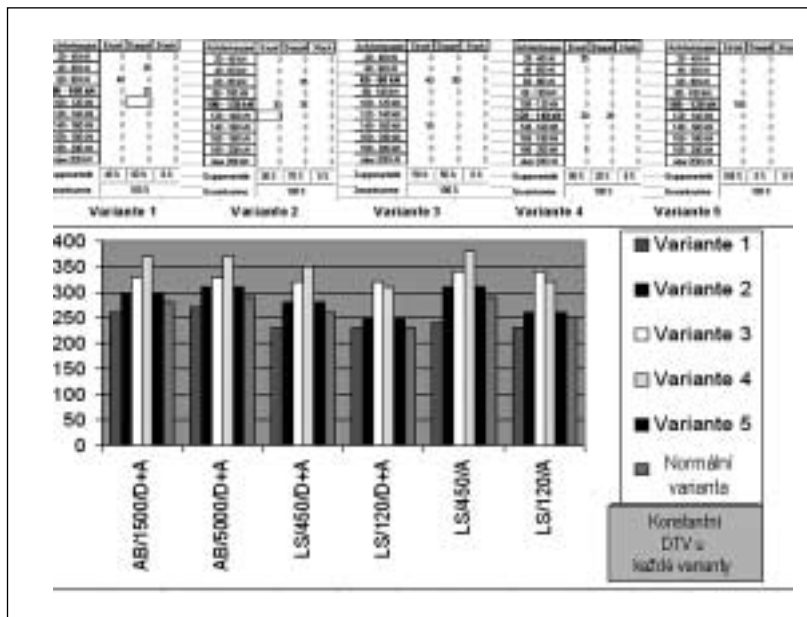
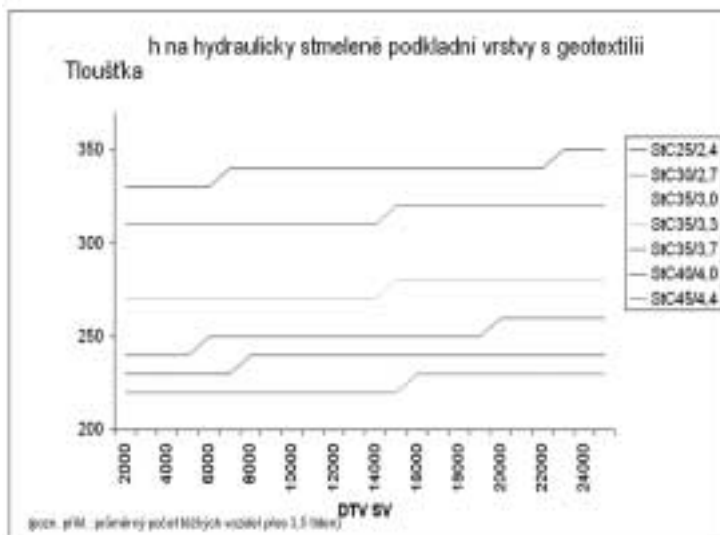
Varianta 1: 28 cm tlustá deska na nestmelené podkladní vrstvě (MZK)
o 4 cm větší flouščka

Varianta 2: 24 cm tlustá deska na asfaltové podkladní vrstvě
(2 technologie s rozdílným pojivem)

Je některá z **variant 1 nebo 2** svou životností hospodárnější, i když jsou jinak při technických výpočtech rovnocenné?

Varianta 1: 33 cm tlustá deska na nestmelené podkladní vrstvě (MZK)
nízká pevnost v tahu, o 6 cm větší flouščka

Varianta 2: 27 cm tlustá deska na nestmelené podkladní vrstvě (MZK)
vysoká pevnost v tahu, o 6 cm nižší flouščka



Vlivy z

- rozložení nápravového zatížení a konfigurace nápravy
- zatížení podmíněné pneumatikami a vozidlem
- konstrukčního uspořádání
- parametrů stavebních hmot

mají značný vliv na nutnou tloušťku krytu.

Pokud se výše uvedené nezohlední, může dojít k předčasné tvorbě trhlin. Představená metoda ukazuje možnosti ke zvýšení přesnosti (bezpečnosti) projektování.

Je třeba zdůraznit:

každá výpočtová metoda může být pouze tak dobrá, jak dobré jsou vstupní veličiny.

Používání AWDSTAKO

- výpočet tloušťky desky při návrhu
 - > při bližším známém zatížení
 - > při zohlednění materiálových a konstrukčních variant
 - > při rekonstrukci dopravních pruhů při omezené stavební výšce
- vypracování a vyhodnocení vedlejších nabídek
- v rámci funkčních stavebních smluv

AWDSTAKO nemá nahrazovat RStO 01, ale slouží k porovnání různých konstrukčních a materiálových variant – také při odlišném namáhání.

