

W. Fleischer, München; und H. Steffen, Prag

Über 60 km Autobahn in Betonbauweise

Europas zur Zeit größtes Autobahnprojekt kurz vor der Fertigstellung

Der 61,5 km lange Abschnitt der tschechischen Autobahn D 5 von Pilsen bis zum Grenzübergang Rozvadov/Waidhaus nach Deutschland steht kurz vor der endgültigen Fertigstellung (Bild 1). Bereits im November vergangenen Jahres wurde die Autobahn für den Verkehr freigegeben. Der Bauherr, die Autobahn- und Straßendirektion der Tschechischen Republik, entschied, den für tschechische Verhältnisse stark befahrenen Autobahnabschnitt in Betonbauweise herzustellen. Vorbild waren insbesondere die guten Erfahrungen in Deutschland in den letzten Jahren, wonach hochbelastete Autobahnen im Regelfall in Betonbauweise ausgeführt werden. Diese Entwicklung wurde nicht zuletzt durch das Allgemeine Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/1996 des Bundesministeriums für Verkehr [1] gefördert. Die HEILIT+WOERNER BAU-AG, München, stellte in Arbeitsgemeinschaft mit ihrem tschechischen Tochterunternehmen DÁLNICNI STAVBY PRAHA a.s. im August 1997 die Fahrbahndecke aus Beton fertig. Zusätzlich wurden auf der D 5 61 Brückenbauwerke in Stahlbeton- bzw. Spannbetonbauweise erstellt. Der Beitrag stellt die konstruktiven und logistischen Besonderheiten des Projekts vor.

1 Projektübersicht „Via Carolina“

Die Autobahn D 5 von Prag nach Westen zur deutschen Grenze ist eine der wichtigsten Verkehrsadern der Tschechischen Republik. Sie wird in Deutschland über die künftige Verlängerung der Bundesautobahn A 6 an die Nord – Süd verlaufende A 93 Hof – Regensburg angebunden. Der Streckenabschnitt zwischen Prag und Nürnberg wird heute in Erinnerung an den böhmischen König Karl IV „Via Carolina“ genannt, da diese Route unter seiner Herrschaft als Verbindung zwischen den beiden Handelszentren genutzt wurde.

Als Europastraße E 50 wird die D 5 nach Westen von der bestehenden A 6 über Amberg und Nürnberg bis nach Saarbrücken sowie schließlich nach Paris weitergeführt. Die Magistrale D 5 von Prag über Pilsen nach Westen erschien zum ersten Mal bereits 1938 als Planung der Generaldirektion für Autobahnbau der ersten Tschechoslowakischen Republik. Das Raumordnungs-

Die Autoren

Dr.-Ing. Walter Fleischer studierte Bauingenieurwesen an der TU München. Von 1984 bis 1985 war er als Bauleiter im Brücken- und Industriebau tätig. Von 1986 bis 1994 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und später als akademischer Oberrat am Baustoffinstitut der TU München. Seit 1994 ist er Abteilungsleiter (Bautechnik, Forschung, Entwicklung, Qualitätsmanagement) im Verkehrswegebau der Hauptverwaltung der HEILIT+Woerner BAU AG, München.

Dipl.-Ing. Heiner Steffen studierte Bauingenieurwesen an der TH Darmstadt. Ab 1974 war er im Straßenbau in verschiedenen leitenden Positionen tätig. Seit 1996 ist er als Mitglied des Vorstands der tschechischen Bauunternehmung DÁLNICNI STAVBY PRAHA a.s., einer Tochter der HEILIT+WOERNER BAU-AG, München, für die Ausführung des Autobahnabschnitts der D 5 zwischen Pilsen und der deutschen Grenze verantwortlich.



Bild 1: Für die Autobahn D 5 von Pilsen bis zur deutschen Grenze bei Waidhaus wurden insgesamt 115 km Fahrbahndecke aus Beton hergestellt.

verfahren begann Ende der 60er Jahre, 1977 wurde mit den Arbeiten für den Abschnitt von Prag nach Pilsen begonnen. Dieser Streckenabschnitt ist seit Oktober 1995 durchgehend als Autobahn fertiggestellt.

1992 wurde zunächst die Präqualifikation für die Finanzierung, Herstellung und den Betrieb als sogenanntes BOT-Modell (Build – Operate – Transfer) des Autobahnabschnittes der D 5 von Pilsen bis zur deutschen Grenze international ausgeschrieben. Drei internationale Konsortien konnten sich präqualifizieren und gaben entsprechende Angebote ab. Die Prüfung und Wertung dieser Angebote durch die tschechischen Behörden zeigte jedoch, daß die großen Vorfinanzierungskosten außerordentlich hohe Mautgebühren erfordert hätten, welche in keiner Relation zu den in der Tschechischen Republik vorherrschenden Verhältnissen sowie zu dem zu erwartenden Verkehrsaufkommen gestanden hätten. Daher forderte die Regierung 1993 die drei Konsortien auf, ihre Angebote zu modifizieren und lediglich den Bau des Autobahnabschnittes anzubieten. Dabei waren folgende Rahmenbedingungen einzuhalten:

- mindestens 90 % des Auftragsvolumens wird durch tschechische Firmen ausgeführt,
- Baubeginn: Juli 1994,
- Bauende für die zur Betriebsfreigabe erforderlichen Gewerke: 15. Oktober 1997,
- Fertigstellung der Gesamtbaumaßnahme: 30. Juni 1998.

Der Erarbeitung des Angebots waren die Auftragsplanung, das Leistungsverzeichnis und die entsprechenden tschechischen Technischen Regelwerke sowie die Baugenehmigung zugrunde zu legen. Das internationale Konsortium TMCR (bestehend aus der PHILIPP HOLZMANN Bauaktiengesellschaft Süd, München, und Impregilo S.p.A., Mailand) unterbreitete das günstigste Angebot und erhielt Mitte 1994 den Zuschlag.

Die Auftragsplanung sah ursprünglich einen 65 cm dicken Fahrbahnaufbau in Asphaltbauweise vor. Der Sondervorschlag einer Bietergemeinschaft aus acht tschechischen Firmen unter der Federführung von DÁLNICNI STAVBY PRAHA a.s. (DSP), den Autobahnabschnitt Pilsen – Rozvadov überwiegend in Betonbauweise (Bild 2) nach dem einschlägigen deutschen Technischen Regelwerk auszuführen, wurde jedoch seitens des Bauherrn als wirtschaftlicher eingestuft. Folgerichtig bekam die DSP schließlich von TMCR den Auftrag, die Autobahn gemäß dem Sondervorschlag als Generalunternehmer in Betonbauweise herzustellen. Neben den reinen Bauarbeiten gehörte auch die Erstellung der gesamten Ausführungsplanung zum Auftragsumfang. Die DSP integrierte die tschechischen Partner der ursprünglichen Bietergemeinschaft als Subunternehmer in dieses Projekt.

Die Gründe für eine Erstellung des Auto-

bahnabschnitts – bis auf wenige Ausnahmen in setzungsempfindlichen Abschnitten sowie in Bereichen auf und unmittelbar vor Brücken – in Betonbauweise auf der Grundlage von deutschen Vorschriften waren die gleichen wie in Deutschland oder in anderen Ländern mit hochbelasteten Straßen. Fahrbahndecken aus Beton zeichnen sich durch sehr gute Gebrauchseigenschaften und eine lange Lebensdauer von über 30 Jahren aus, wobei kaum Unterhaltungsmaßnahmen erforderlich werden. Sie weisen keine Spurrinnenbildung (Aquaplaning) auf, ihre Oberfläche ist dauerhaft griffig sowie geräuscharm. Zusätzlich können sie am Ende ihrer Lebensdauer wieder zum gleichen hochwertigen Produkt Betonfahrbahndecke recycelt werden [2-4]. Außerdem konnten in Tschechien für den Beton einheimische Rohstoffe verwendet werden; insbesondere einheimischer Zement statt importiertem Bitumen.

Die Auftragssumme für die DSP betrug rd. 340 Mio. DM. Davon entfielen etwa drei Viertel auf den Straßenbau und rd. ein Viertel auf den Brückenbau. Insgesamt 113 km des gebundenen Oberbaus, also etwa 92 %, wurden als 24 cm dicke Betonfahrbahndecke auf 15 cm hydraulisch gebundener Tragschicht (HGT) hergestellt (Bild 2). Der Rest der Strecke – insgesamt 10 km Asphaltdecke – bestehend aus 4 cm Splittmastixasphalt, 8 cm Asphaltbinder und 12 cm Asphalttragschicht wurde ebenfalls auf einer 15 cm dicken HGT eingebaut. Hinzu kamen knapp 90 km Entwässerungsrinnen aus Beton.

Bevor mit dem eigentlichen Straßenbau begonnen werden konnte, mußten insbesondere 7 Mio. m³ Erdreich bewegt werden, davon mehr als 1,1 Mio. m³ schwerlösbarer Fels, sowie 90 km Entwässerungs- und Kanalleitungen verlegt werden. Der Auftrag umfaßte

außerdem acht Anschlußstellen und sechs Tank-Rastanlagen bzw. Rastplätze sowie 61 Brückenbauwerke. Die Arbeitsgemeinschaft zwischen der HEILIT+WOERNER BAU-AG und der DSP stellte mit Ausnahme eines 21 km langen HGT-Abschnitts den gesamten gebundenen Oberbau her. Die DSP führte außerdem für 20 km der Autobahn die Erd-, Kanal- und Nebenarbeiten sowie den ungebundenen Oberbau aus. Mit den übrigen rd. 40 km wurden sechs weitere tschechische Firmen als Subunternehmer beauftragt. Die Brückenbauwerke wurden zu großen Teilen von drei tschechischen Firmen errichtet.

Für den Erd-, Kanal- und Straßenbau waren auf der Baustelle bis zu 1700 Arbeiter sowie im Brückenbau zwischen 300 und 400 Mann aus Tschechien, der Slowakei, Polen und Deutschland beschäftigt.

2 Planung, Konstruktion

2.1 Straße

Die Vorschriften zur Linienführung der Autobahn D 5 sind vergleichbar mit den deutschen RAS-L [5]. Die Planung basiert auf einer Entwurfsgeschwindigkeit von 120 km/h. Die Mindest- und Regelquerneigung der Fahrbahn beträgt 2,5 %, der Kurvenmindestradius bei dieser Querneigung 1 750 m. Der Kuppenmindesthalbmesser ist mit 11 000 m, der Wannenmindesthalbmesser mit 5 000 m festgelegt. Die Höchstlängsneigung liegt bei 4,5 %. Eine Richtungsfahrbahn des Autobahnabschnittes besteht am äußeren Fahrbahnrand aus einem 2,75 m breiten Stand- und Randstreifen, zwei 3,75 m breiten Fahrstreifen und einem 50 cm breiten inneren Randstreifen (Bild 3). An Steigungsstrecken mit einer Längsnei-

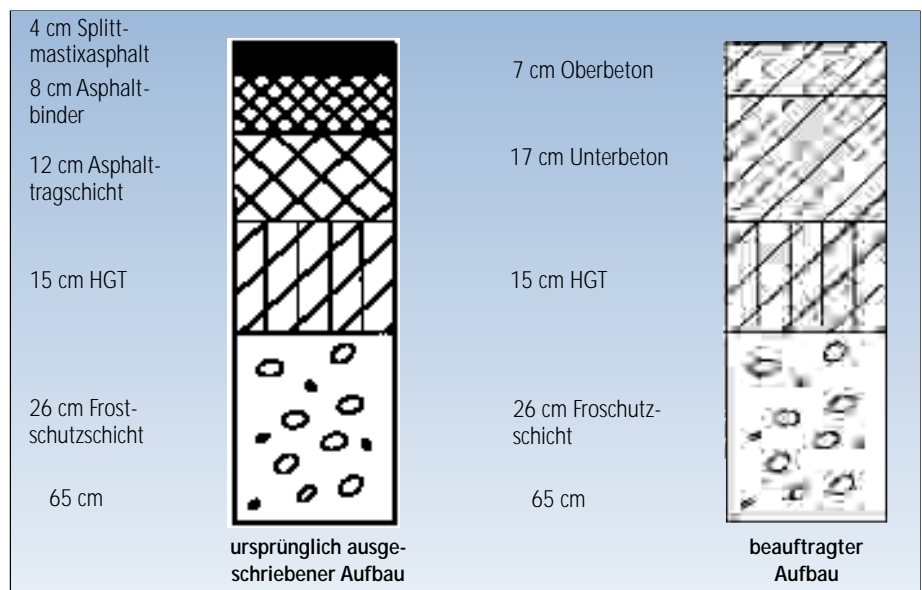


Bild 2: Ursprünglich als Asphaltaufbau ausgeschrieben, wurde ein Betonbau beauftragt, da Fahrbahndecken aus Beton für hochbelastete Verkehrsflächen deutliche Vorteile haben.



Bild 3: Der Regelquerschnitt der D 5 besteht aus einem 2,75 m breiten Stand- und Randstreifen, zwei 3,75 m breiten Fahrstreifen und einem 50 cm breiten inneren Randstreifen. Die äußere Markierung ist profiliert und gefugt, damit Fahrzeuglenker akustisch auf ein Be- und Überfahren der Markierung aufmerksam werden.

gung über 4 % ist ein dritter Fahrstreifen für langsam fahrende Fahrzeuge vorhanden.

Die Verkehrsbelastung entspricht unserer Bauklasse I der RStO 86/89 [6]. Dementsprechend wurde eine 24 cm dicke Betondecke auf einer 15 cm dicken HGT ausgeführt. Die Betondecke für die Richtungsfahrbahnen der Autobahn wurde aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Qualität (insbesondere bessere Dauerhaftigkeit und Ebenheit) zweischichtig mit 17 cm Unterbeton und 7 cm Oberbeton eingebaut [2-4]. Der Abstand der Querfugen beträgt 5 m. Sie wurden im Abstand von 25 cm verdübelt, die Längsscheinfugen mit drei Ankern, die Längspreßfugen mit fünf Ankern je Platte verankert.

In den setzungsempfindlichen Bereichen unmittelbar vor und nach den Brücken im Zuge der Autobahn wurde auf 15 m bis 30 m Länge ein Oberbau aus Asphalt hergestellt. Anstatt die letzte Betonplatte vor diesem Asphaltbereich mit einem Endsporn auszubilden, wurde die Dicke der letzten Platte auf 39 cm erhöht, d.h. um die Dicke der HGT vergrößert. Die Dickenangleichung von 24 cm auf 39 cm wurde im Bereich der vorletzten Betonplatte vorgenommen. Die Dicke der HGT unter der Betondecke blieb unverändert 15 cm. Durch diese Konstruktion bleibt der Verbund zwischen Betondecke und HGT länger erhalten. Die Längsdruckkräfte infolge Erwärmung der Betondecke werden durch Verbund und Reibung zwischen Betondecke und HGT abgebaut und haben keinen schädigenden Einfluß auf den Asphaltbereich bzw. die Brückenwiderlager [7].

2.2 Brücken

Von den 61 Brücken, was gleichbedeutend mit einer Brücke je Kilometer Autotrasse ist, wurden 40 als Spannbetonbrücken ausgeführt. Von diesen hatte die Größte eine Länge von 356,6 m und wurde im Freivorbau ausgeführt (Bild 4). Die Betonfahrbahnplatten der Brücken wurden mit einer Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff, einer einlagig aufgetragenen Bitumendichtungsbahn und einer 4 cm dicken Schutzschicht aus Gußasphalt versehen. Bei zwei Brücken bestand die Deckschicht aus einem 4 cm dicken Asphaltbeton 0/11 und bei zwei weiteren Brücken aus einem 4 cm Splittmastixasphalt 0/11 S. Auf den übrigen Brücken wurde ein 5 cm dicker Splittmastixasphalt 0/11 S aufgebracht. Für alle Deckschichten wurden polymermodifizierte Straßenbaubitumen verwendet.

Bild 4: Die größte Brücke der D 5 hat eine Länge von 356,6 m und wurde im Freivorbau ausgeführt. Hier ein Blick in den Hohlkasten.



3 Ausführung

3.1 Allgemeines

Der Neubau des Autobahnabschnittes der D 5 zwischen Pilsen und Rozvadov stellte an alle Beteiligten sehr hohe, zum Teil ungewohnte Anforderungen. Hinzu kam, daß derartig umfangreiche und komplexe Projekte für die tschechische Baustoff- und Bauindustrie Neuland darstellten. Dementsprechend mußten, um die geforderte Qualität und die vereinbarten Termine in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen einhalten zu können, Maßnahmen ergriffen werden, die aus deutscher Sicht außergewöhnlich oder gar übertrieben anmuten mögen. Dies betraf insbesondere die Sicherstellung der Belieferung mit den Ausgangsstoffen aus einheimischer Produktion in der benötigten Menge und in der erforderlichen Qualität für die HGT und den Straßenbeton sowie die Einbaukapazitäten. Es mußten mehrere Lieferanten unter Vertrag genommen werden und entsprechend große Zwischenlager angelegt werden, um einen möglichst reibungslosen Baubetrieb gewährleisten zu können. Wo es erforderlich war, wurden die vorhandenen Geräte und Anlagen durch Geräte aus Deutschland erweitert. Außerdem waren zusätzliche Untersuchungen und Qualitätskontrollen erforderlich.

Die HGT wurde nach den bei der Abgabe des Angebotes gültigen ZTVT-StB 86/90 [8] ausgeführt, das bedeutet u.a. Druckfestigkeit im Rahmen der Eignungsprüfungen zwischen 9 N/mm^2 und 12 N/mm^2 . Für die Betondecke waren die ZTV Beton-StB 91 [9], die sich nur unwesentlich von der derzeit gültigen Ausgabe 1993 [10] unterschied, maßgebend. Es wurde ein Straßenbeton der Festigkeitsklasse B 35 nach DIN 1045 [11] mit einer Biegezugfestigkeit von mindestens $5,5 \text{ N/mm}^2$ (geprüft am Balken $700 \text{ mm}/150 \text{ mm}/100 \text{ mm}$ im „Dreipunktversuch“ mit einer Einzellast in Balkenmitte)



Bild 5: Neben den einschlägigen Betonprüfungen der ZTV Beton wurden von den Vertragsparteien zusätzliche Prüfungen durchgeführt, z. B. Prüfung der Biegezugfestigkeit an Betonbalken. Das Bild zeigt die Herstellung von Betonbalken direkt an der Einbaustelle.



Bild 6: Einbau der hydraulisch gebundenen Tragschicht mit zwei gestaffelt fahrenden H+W-Multitalenten

sowie mit einem hohen Frost- und Tausalz-widerstand (sehr starker Frost-Tausalzangriff nach DIN 1045) verlangt.

3.2 Baustoffe

Da sichergestellt werden mußte, daß die erforderlichen Ausgangsstoffe für die HGT (Mineralstoffe und Bindemittel) und für den Straßenbeton (Zuschläge, Zement, Zusatz- und Nachbehandlungsmittel) in der geforderten Qualität zur Verfügung standen, wurden umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt. Anschließend folgten Eignungsprüfungen mit den als grundsätzlich brauchbar bewerteten Stoffen.

Um den hohen Bedarf an Ausgangsstoffen zu erfüllen und um bei Lieferschwierigkeiten auf andere Lieferanten ausweichen zu können, wurden schließlich mehrere Eignungsprüfungen durchgeführt und beim Bauherrn zur Genehmigung eingereicht. Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden Mineralstoffe bzw. Zuschläge aus drei verschiedenen Werken untersucht. Aufgrund der Ergebnisse von insgesamt 20 Eignungsprüfungen wurden schließlich fünf verschiedene Eignungsprüfungen für die HGT und je zwei Eignungsprüfungen für den Unterbeton bzw. für den Oberbeton genehmigt.

Der Zement für die HGT und die Straßenbetone kam aus demselben tschechischen Werk. Er entsprach einem CEM I 42,5 an der Grenze zu einem CEM I 32,5 R nach DIN 1164 [12]. Außerdem erfüllte er die Anforderungen der ZTV Beton und des Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau Nr. 19/1995 [13] sowie weitere Anforderungen, die auf Untersuchungen und Erfahrungswerten des beteiligten deutschen Unternehmens

beruhten [14], insbesondere ein Na_2O -Äquivalent nicht über 1,0 M.-%. Seine Gleichmäßigkeit war mit der von deutschen Zementen vergleichbar. Für die HGT bzw. den Beton standen schließlich drei verschiedene Mineralstoffgemische bzw. Zuschlagarten aus drei einheimischen Werken zur Verfügung. Die Zusatzmittel und das Nachbehandlungsmittel für den Straßenbeton sowie die Dübel und Anker für die Betondecke stammten aus deutscher Produktion.

Die HGT wurde aus einem Mineralstoffgemisch 0/32 mit einem Zementgehalt von 80 kg/m^3 hergestellt. Der Zementgehalt von Unter- und Oberbeton betrug jeweils 350 kg/m^3 . Das Größtkorn des Unterbetons lag bei 32 mm, das des Oberbetons bei 22 mm. Für beide Betone wurden überwiegend gebrochene Zuschläge verwendet. Neben einem Luftporenbildner, der bei Unter- und bei Oberbeton eingesetzt wurde, war für den Oberbeton außerdem ein Betonverflüssiger erforderlich, um einen Deckenschluß zu erhalten.

Während der Bauausführung wurden die üblichen Eigenüberwachungsprüfungen nach den ZTVT-StB und ZTV Beton-StB vom Auftragnehmer durchgeführt. Darüber hinaus fanden zusätzliche Prüfungen der Ausgangsstoffe – insbesondere der Zuschläge und des Zements – statt, um zu verhindern, daß bei Qualitätsabweichungen ungeeignetes Material verarbeitet wurde sowie um Mängel sofort abstellen oder ggf. auf andere Lieferanten umsteigen zu können. Verglichen mit dem Umfang der Baumaßnahme waren derartige Maßnahmen allerdings nur äußerst selten der Fall. Unabhängig von den Eignungsprüfungen des Auftragnehmers

nach den ZTVT-StB und ZTV Beton-StB führte der Bauherr seinerseits vor Baubeginn zusätzliche Prüfungen nach tschechischen Vorschriften durch, die jedoch nicht Vertragsbestandteil waren. Auch im Rahmen der Kontrollprüfungen wurden neben den in den ZTV'en festgelegten Untersuchungen seitens des Auftraggebers außerhalb des Vertrags weitere Prüfungen nach tschechischen Vorschriften vorgenommen. Diese zusätzlichen Untersuchungen betrafen vor allem die Zuschläge, die Festigkeit und den Frost-Tausalz-widerstand des Betons (Bild 5).

3.3 Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)

Die HGT wurde auf zwei Mischplätzen in je einer Mischanlage mit Stundenleistungen von 200 m^3 bzw. 240 m^3 gemischt. Diese Mischanlagen wurden auch für die Straßenbetone verwendet. Zeitweise wurde abwechselnd HGT und Beton gemischt, was besondere logistische Vorkehrungen hinsichtlich des Mineralstoffumschlags nötig machte. Das Baustoffgemisch wurde mit einer Flotte von 30 bis 70 Lkws zu den Einbaustellen transportiert. Der Einbau der HGT erfolgte überwiegend mit zwei gestaffelt fahrenden, von H+W selbst entwickelten und gebauten Spezialgeräten, die Bagger, Materialverteiler und Tragschichtfertiger vereinen (Bild 6). Außerdem waren Asphaltfertiger bzw. modifizierte Betonstraßenfertiger für den HGT-Einbau eingesetzt. Die Endverdichtung des eingebauten Baustoffgemisches erfolgte mit Walzenzügen.

Um Reflexionsrisse in der Betondecke, hervorgerufen durch wilde Risse in der

HGT, zu verhindern, wurde die eingebaute HGT in Quer- und Längsrichtung unter den späteren Fugen der Betondecke gekerbt [15]. Beim Einbau mit gestaffelt fahrenden Geräten lag die Arbeitslängsnaht ebenfalls unter der späteren Längsfuge der Betondecke. Zur Nachbehandlung wurde die HGT drei Tage lang naß gehalten. Insgesamt wurden rd. 260 000 m³ HGT-Baustoffgemisch verbaut. Die Einbauleistungen lagen bei rd. 8 000 m² pro Schicht.

3.4 Betonfahrbahndecke und Entwässerungsrinnen aus Beton

Um die geforderten Termine erfüllen zu können, wurden bei dieser Baumaßnahme für den europäischen Betonstraßenbau außergewöhnlich hohe Kapazitäten eingesetzt. Der Straßenbeton wurde auf zwei Mischplätzen mit insgesamt vier Mischanlagen hergestellt. Je Mischplatz war jeweils eine Mischanlage für den Unterbeton und eine Mischanlage für den Oberbeton eingesetzt (Bild 7). Jedoch konnten alle Mischanlagen sowohl Unter- als auch Oberbeton mischen, was einen Ausweichbetrieb bei notwendigen Wartungsarbeiten an den Anlagen ermöglichte. Alle Mischanlagen konnten im 24-Stunden-Takt betrieben werden. Die Mischleistungen der einzelnen Anlagen lagen zwischen 200 m³/h und 300 m³/h. Alle Mischanlagen waren kontinuierlich arbeitende Anlagen, wie sie sich seit Jahren für die Herstellung großer Mengen hochwertigen Straßenbetons bewährt haben [2-4].

Damit der Betoneinbau weitgehend von Zuschlaglieferengpässen unbeeinflusst ablaufen konnte, mußten die Lagerflächen der zwei Mischplätze mit 40 000 m² bzw. 75 000 m² entsprechend groß angelegt werden. Zeitweise lagerten 150 000 t bzw. 260 000 t Zuschläge auf einem Mischplatz. Für das Aufhalten der Zuschläge und das



Bild 7: Mischplatz mit zwei Mischanlagen mit Stundenleistungen zwischen 200 m³ und 300 m³

Beschicken der Doseure waren je Mischplatz bis zu drei Radlader nötig. Die Zuschläge mußten per Lkw über das öffentliche Straßennetz angefahren werden. Häufig waren dafür 30 bis 50 Drei- und Vierachser sowie Last- und Sattelzüge nahezu rund um die Uhr im Einsatz. Der Zement für einen der Mischplätze wurde per Bahnwaggon vom Zementwerk direkt bis zu einem Industrieleisanschluß transportiert. Dort wurde er in Silofahrzeuge umgeblasen, zu den nahegelegenen Zementsilos der Mischanlagen transportiert und eingeklopft. Der zweite Mischplatz lag etwa 4 km von einem Bahnhof entfernt, so daß der Zementtransport mit Silofahrzeugen auf der Straße erfolgen mußte. Insgesamt wurden pro Mischplatz bis zu fünf Silofahrzeuge eingesetzt.

Oftmals wurden je Arbeitsschicht über 4 000 t Zuschläge und mehr als 750 t Ze-

ment benötigt. Insgesamt wurden für die Betondecke ca. 625 000 t Zuschläge sowie 110 000 t Zement verbraucht und 315 000 m³ Straßenbeton gemischt. Das Anmach-, Nachbehandlungs- und Reinigungswasser wurde an einem der Mischplätze aus zwei für das Bauvorhaben niedergebrachten Tiefbrunnen gewonnen. Für den anderen Mischplatz konnte das erforderliche Wasser aus dem öffentlichen Netz entnommen und über eine ca. 2 km lange Zuleitung an die Mischanlagen herangeführt werden. Um den Spitzenbedarf an Wasser abdecken zu können, wurde außerdem an beiden Mischplätzen ein Teich mit einem Fassungsvermögen von jeweils etwa 300 m³ angelegt. An jedem Mischplatz befand sich ein Labor, das alle notwendigen Prüfungen und Untersuchungen der Ausgangsstoffe sowie des gemischten und eingebauten Betons ermöglichte. Im Rahmen der Eigenüberwachungsprüfung wurde von Auftragnehmerseite z.B. die Druckfestigkeit von rd. 10 000 Probewürfeln und zusätzlich ca. 2 000 Bohrkerngeprüft. So wurde die geforderte Betonfestigkeitsklasse B35 nachgewiesen. Die Mittelwerte der Druckfestigkeiten lagen bei 43 N/mm², die Standardabweichungen betrugen zwischen 3 N/mm² und 4 N/mm². Die Variationskoeffizienten lagen bei 8 %.

Für den Transport des Betons von den Mischanlagen zu den Einbaustellen auf der Autobahn waren täglich bis zu 100 Lastwagen, von Dreiachsern bis hin zu Dumpfern, gleichzeitig eingesetzt. Das bedeutete ein Transportvolumen bis zu 1 200 m³. Die Betonfahrbahndecke wurde mit Gleitschalungsfertigern eingebaut. Die 10,75 m bzw. 12 m breiten Richtungsfahrbahnen wurden zweischichtig mit H+W-Betondecken-Einbauzügen hergestellt [2-4]. Die Geräte eines derartigen Zuges sind ein Gleitschalungsfertiger für den Unterbeton und einer für den

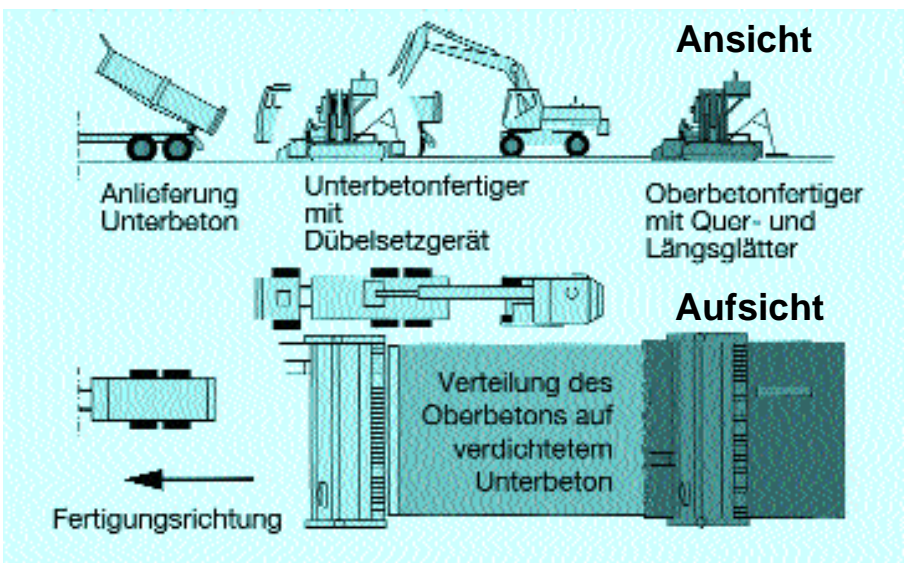


Bild 8: H+W-Betondecken-Einbauzug (schematisch)



Bild 9: Der Oberbeton wurde mit einem Vorderbeschicker über den Unterbetonfertiger hinweg und/oder mit einem Bagger von der Seite auf dem verdichteten Unterbeton, vor den Oberbetonfertiger vorgelegt.



Bild 10: Für einlagig hergestellte zusätzliche Fahrstreifen wurden die Dübel für die Querscheinfugen sowie die Anker für die Längsscheinfugen vor dem Betonieren auf Körben verlegt.

Oberbeton sowie eine Arbeitsbühne (Bild 8). Der Unterbeton wurde auf der erforderlichenfalls angenähten HGT vor dem Unterbetonfertiger abgekippt und von diesem in der vorgesehenen Dicke und Höhenlage eingebaut. Verdichtet wurde der Unterbeton mit Innenrüttlern. In den verdichteten Unterbeton wurden die Dübel und Anker automatisch eingerüttelt. Der Oberbeton wurde je nach den örtlichen Gegebenheiten von der Seite mit einem Bagger und/oder mit einem Vorderbeschicker über den Unterbetonfertiger hinweg auf den verdichteten Unterbeton vorgelegt (Bild 9).

Der Oberbetonfertiger baute den Oberbeton in der planmäßigen Dicken- und Höhenlage ein. Die Verdichtung erfolgte ebenfalls mit Rüttelflaschen. Anschließend wurde die Oberfläche in Quer- und Längsrichtung geglättet. Der Abstand zwischen Unter- und Oberbetonfertiger betrug immer nur wenige Meter, so daß Unter- und Oberbeton frisch in frisch eingebaut wurden und ein dauerhafter Verbund der beiden Beton-

schichten gewährleistet war. Von der unmittelbar nachfolgenden Arbeitsbühne wurde die frische Betonoberfläche durch Nachschleppen eines Jutetuchs in Längsrichtung texturiert, um eine dauerhafte Griffigkeit und eine geringe Geräusentwicklung an der Betondeckenoberfläche sicherzustellen. Anschließend wurde ebenfalls von der Bühne aus ein flüssiges Nachbehandlungsmittel aufgesprüht und später der Beton erforderlichenfalls noch naß nachbehandelt. Der gesamte Einbauzug, das heißt die Dicke, Richtung und Höhenlage der fertigen Betondecke, wurde über Leitdrähte, die an beiden Fahrbahnrandern eingemessen waren, elektronisch gesteuert.

Je nach Witterung wurde etwa sechs Stunden nach dem Betonieren oder später der Kerbschnitt der Quer- und Längsfugen ausgeführt. Um sicher zu gehen, daß die Querschnitte, aber auch die Längsfugen rechtzeitig, d.h. bevor wilde Risse in der Betondecke auftraten, geschnitten werden konnten, wurde neben der ausreichenden Kerbtiefe beson-

deres Augenmerk auf eine genügende Kapazität der mit dem Fugenschneiden beauftragten Firma gelegt. Je Einbauzug waren mindestens drei Geräte für das Schneiden der Querkerben und drei Geräte für das Schneiden der Längskerben samt den dazugehörigen Wasserwagen sowie den erforderlichen Bedienungsmannschaften einzusetzen bzw. vorzuhalten. Später wurden die Fugenkerben aufgeweitet und mit bituminöser Fugenvergußmasse verschlossen.

Auf der gesamten 113 km langen Betonfahrbahnstrecke traten selbst in Bereichen, die bei ungünstiger Witterung, z.B. mit hohen Tages- und sehr niedrigen Nachttemperaturen, betoniert wurden, durch die erforderlichenfalls durchgeführten zusätzlichen Naßnachbehandlung sowie die im Regelfall rechtzeitigen und ausreichend tiefen Kerbschnitte [16-18] nur auf insgesamt 100 m wilde Längsrisse auf. Diese Risse gingen, wie für Biegespannungsrisse in jungem Beton typisch, nicht durch die gesamte Plattendicke und verliefen um die groben Splittzuschläge herum. Die zu hohen Biegespannungen traten auf, da die Fugenkerben in diesen wenigen Ausnahmefällen nachweislich zu spät bzw. nicht ausreichend tief geschnitten worden waren. Auf einer Länge von 50 m wurden die betroffenen fünf Platten ausgetauscht. Die übrigen Längsrisse wurden mit Zustimmung des Auftraggebers nachträglich durch Schrägverankerungen dauerhaft verklammert.

Beschleunigungs- und Verzögerungsfahrstreifen im Bereich von Anschlußstellen, zusätzliche Fahrstreifen u.ä. wurden mit Oberbetonfertiger einlagig, das heißt nur aus Oberbeton, hergestellt. Dazu wurden die Dübel und Anker vor dem Betoneinbau auf Körben verlegt (Bild 10). Die Texturierung und Nachbehandlung dieser zusätzlichen Fahrstreifen erfolgte wie beim zweischichtigen Einbau von einer Arbeitsbühne aus.

In Deutschland noch nicht sehr verbreitet ist die Herstellung von Betonentwässerungsrinnen, -bordsteinen und dergleichen in



Bild 11: Gleitschalungsfertiger als Trägergerät für eine Anbauschalung zur Herstellung einer Entwässerungsrinne in Gleitschalungstechnik

Gleitschalungstechnik. Für die D 5 wurden mit dieser Einbautechnik knapp 90 km Entwässerungsrinne unmittelbar an die fertige Betondecke angebaut. Als Trägergerät für die Anbauschalung diente ein H+W-Gleitschalungsfertiger (Bild 11). Der Beton wurde in einen Trichter gefüllt, der in die Form für die Rinne mündete. Verdichtet wurde der Beton ebenfalls mit Innenrüttlern. Da eine profilierte Rinne nicht mit den üblichen Glätteinrichtungen der Gleitschalungsfertigung für ebene Flächen geglättet werden kann, war hier besonders auf die richtige Verarbeitbarkeit des Betons zu achten (Bild 12). Ansonsten hat ein Rinnenbeton die gleichen Anforderungen hinsichtlich Frost-Tausalz widerstand zu erfüllen wie der Straßenbeton. Die Einläufe wurden von der Gleitschalungsfertigung zunächst ausgespart und unmittelbar hinterher in den noch frischen Beton gesetzt. Der Rinnenbeton wurde wie der Straßenbeton durch Aufsprühen eines flüssigen Nachbehandlungsmittels nachbehandelt. Die Richtung und Höhe der Rinne wurde an der Kante der fertigen Betondecke abgetastet. Zur Vermeidung von wilden Querrißen wurden in die Rinne in Verlängerung der Quertiefen der Betondecke ebenfalls Kerben geschnitten. Diese Kerben und die Längspreßfuge zwischen Rinne und Fahrbahndecke wurden ebenfalls aufgeweitet und bituminös vergossen.

Während der Hauptbauphase waren für die Herstellung der Richtungsfahrbahnen bis zu drei Einbauzüge sowie für das Betonieren von Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsspuren und Entwässerungsrinnen drei einzelne Gleitschalungsfertiger gleichzeitig, z.T. rund um die Uhr im Einsatz. Die erforderliche durchschnittliche Einbauleistung eines Einbauzuges lag bei rd. 600 m Betonfahrbahndecke pro Arbeitsschicht. In Spitzenzeiten wurden je Schicht über



Bild 12: Bei der Herstellung von profilierten Querschnitten in Gleitschalungstechnik ist mehr noch als bei ebenen Flächen auf die richtige Betonkonsistenz zu achten. Fotos und Graphiken: H+W

1 000 m Richtungsfahrbahn und allein im Juni 1997 mehr als 30 km Betonfahrbahndecke hergestellt.

4 Zusammenfassung

Für Europas derzeit größtes Autobahnprojekt mit 61,5 km Länge von Pilsen bis zur Grenze nach Deutschland hat sich der Bauherr, die Autobahn- und Straßendirektion der Tschechischen Republik, für eine Fahrbahndecke aus Beton entschieden. Die Gründe waren die sehr guten Gebrauchseigenschaften und die Dauerhaftigkeit (keine Spurrinnenbildung sowie dauerhafte Griffbarkeit und geringe Geräuschentwicklung) sowie die Wirtschaftlichkeit von Fahrbahndecken aus Beton für hochbelastete Verkehrsflächen. Die Bauzeit für diesen Autobahnabschnitt betrug vom er-

sten Spatenstich bis zur Betriebsfertigstellung einschließlich witterungsbedingter Ausfallzeiten 38 Monate. Die Betondecke für insgesamt 113 km Autobahn wurde von der HEILIT+WOERNER BAU-AG in Arbeitsgemeinschaft mit ihrem tschechischen Tochterunternehmen DÁLNICNI STAVBY PRAHA a.s. im August 1997 fertiggestellt. Aufgrund der Terminalsituation wurden für europäische Verhältnisse ungewöhnlich hohe Kapazitäten zur Herstellung der Betondecke installiert. Durchschnittlich wurden täglich mindestens 2 900 t Zuschläge und 550 t Zement benötigt. Während der Hauptbauphase waren drei Einbauzüge und drei einzelne Gleitschalungsfertiger gleichzeitig im Einsatz. Allein im Monat Juni 1997 wurden mehr als 30 km Betonfahrbahndecke hergestellt.

Schrifttum

- [1] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/1996: Kriterien für Wahl und Bewertung unterschiedlicher Bauweisen für den Oberbau von Bundesfernstraßen mit getrennten Richtungsfahrbahnen. Bundesministerium für Verkehr, 18. Januar 1996. Abgedruckt in: Straße + Autobahn 47 (1996) H. 3, S. 156-158
- [2] von Wilcken, A.: Moderne Verkehrsflächen aus Beton. Beton 45 (1995) H. 8, S. 547-552
- [3] Fleischer, W.; Freundstein, St.: Neue Technologien beim Bau von Betonfahrbahndecken. TIS (1996) H. 8, S. 4-14
- [4] von Wilcken, A.; Fleischer, W.: Die Karriere des Betons ist nicht zu Ende. Deutsches Ingenieurblatt 4 (1997) H. 7/8, S. 16-21
- [5] Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS: Teil: Linienführung RAS-L, Ausgabe 1995. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf. FGSV Verlag, Köln 1995
- [6] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 86, Ausgabe 1986, ergänzte Fassung 1989. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV Verlag, Köln 1989
- [7] Pfeifer, L.: Bauliche Schlußfolgerungen aus dem Längsdehnungsbestreben von Betonfahrbahnen. Straße + Autobahn 48 (1997) H. 6, S. 302-306
- [8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau ZTV-StB 86, Ausgabe 1986, Fassung 1990. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau
- [9] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton ZTV Beton-StB 91, Ausgabe 1991. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau
- [10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton ZTV Beton-StB 93, Ausgabe 1993. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau
- [11] DIN 1045: Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung. Ausgabe Juli 1988
- [12] DIN 1164-1: Zement, Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen. Ausgabe 10/94
- [13] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 19/1995: Zemente für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton. Bundesministerium für Verkehr, 15. Juli 1995. Abgedruckt in: Straße + Autobahn 46 (1995) H. 8, S. 479-480
- [14] Springenschmid, R.; Fleischer, W.; Reimer, B.: Zemente für Fahrbahndecken aus Beton. Straße + Autobahn 44 (1993) H. 7, S. 415-421
- [15] Eisenmann, J.: Maßnahmen zur Rißsteuerung bei Verwendung von hydraulisch gebundenen Tragschichten. Straße + Autobahn 45 (1994) H. 4, S. 210-213
- [16] Springenschmid, R.; Fleischer, W.: Straßenbeton unter dem Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit. Betonstraßentagung 1989. Schriftenreihe der Arbeitsgruppe Betonstraßen Heft 19. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Köln. Kirschbaum Verlag, Bonn 1991, S. 26-28
- [17] Eisenmann, J.; Leykauf, G.: Hochwölben der Plattenränder von Betonfahrbahnen. Straße + Autobahn 42 (1991) H. 10, S. 565-570
- [18] Springenschmid, R.; Beckhaus, K.; Hiller, E.: Beton mit sehr hoher Biegezugfestigkeit / Einfluß der Temperatur während der Nachbehandlung von Betondecken. Vortrag auf der Betonstraßentagung der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen am 27./28. Oktober 1997 in Köln. Wird demnächst veröffentlicht.