

Ausbau der BAB A 44 - mehr als eine Brücke

Von Rudolf Walther, Essen

1 Einleitung

Nach jahrzehntelanger Planung wurde von November 1998 bis Mai 2002 mit der Erbauung der Rheinquerung Ilverich die Lücke der BAB A 44 zwischen Düsseldorf/Messe und dem Autobahnkreuz Meerbusch geschlossen (Bild 1). Damit erfolgte nicht nur eine Verknüpfung der Autobahnen BAB A 3 und BAB A 57, sondern es wurde auch eine wichtige Verbindung zwischen dem

Bild 2: Der Autobahnring um Düsseldorf: A 3, A 46, A 57 und endlich die A 44



rechts- und linksrheinischen Wirtschaftsraum geschaffen (Bild 2) bei gleichzeitiger Entzerrung der insbe-

sondere im Berufsverkehr auftretenden Engpässe im regionalen Straßennetz. So sollen z.B. die Uerdinger



Bild 1: Rheinquerung Ilverich als Lückenschluss der A 44 im Düsseldorfer Norden



Bild 3: Linksrheinische Vorlandbrücke



Bild 4: Rechtsrheinische Vorlandbrücke



Bild 5: Die neue Flughafenbrücke über den Rhein

Rheinbrücke bei Krefeld um rd. 50 % und die Theodor-Heuss-Brücke im Norden Düsseldorfs mit derzeit 100.000 Kfz/24 h um etwa 25 % entlastet werden [1]. Mit dem Bau der Rheinquerung Ilverich als der 65. Straßenbrücke über den deutschen Teil des Rheins (und der siebten im Düsseldorfer Stadtgebiet) wurde ein 90 Jahre alter Plan (!) verwirklicht, der seinen Ursprung noch vor dem 1. Weltkrieg im Jahre 1912 hatte [2].

2 Die Kunstbauwerke

Im Zuge der Baumaßnahme wurden u.a. drei große Kunstbauwerke errichtet:

❶ Die Rheinbrücke, bestehend aus den beiden insgesamt etwa 1.000 m langen Vorlandbrücken, ausgebildet als mehrzellige Spannbetonhohlkästen (Bilder 3 und 4) und der eigentlichen Strombrücke, einer Schrägseilbrücke (Bild 5) als mehrzelligem Stahlhohlkasten mit einer Länge von ca. 290 m. Linksrheinisch sind die Vorlandbrücken für Fußgänger und Radfahrer über Spindeln zu erreichen (Bild 6), rechtsrheinisch besteht der Zugang aus gepflasterten Rampen (Bild 7).

Bedingt durch die Lage der Brücke im Einflugbereich des östlich gelegenen Flughafens Düsseldorf (Bild 8) musste die Höhe der beiden Brückenpylone auf 81 m über NN begrenzt werden. Dadurch wurden diese nicht wie bei den übrigen Schrägseilbrücken über den Rhein gestaltet, sondern deutlich verkürzt als „V“ mit einem oben liegenden Querriegel (Bild 9).

❷ Der Tunnel Rheinschlinge (Bild 10) mit den sich auf beiden Seiten anschließenden Trogbauwerken (Bild 11) (Gesamtlänge 1.520 m, davon 870 m Tunnel).

❸ Das Tunnelbauwerk Strümp, bestehend aus dem Haupttunnel (Länge 640 m) (Bild 12), dem westlichen Trogbauwerk (Länge 70 m), dem öst-



Bild 6: Linksrheinische Gehwegspindel



Bild 7: Rechtsrheinische Gehwegrampe

lichen Trogbauwerk (Länge 330 m) und den Tunnelbauwerken nebst Trögen für Ein- und Ausfahrten (Ge-

samtlänge 440 m) sowie den zwei Einhausungen für Auf- und Abfahrtrampen (Bild 13) mit einer Gesamt-

länge einschließlich Flügelwänden von 220 m.

Diese Baumaßnahme war das größte



Bild 8: Flughafen Düsseldorf International



Bild 9: Neugestaltete Brückenpylone der Flughafenbrücke

Projekt des Landschaftsverbands Rheinland (ab Januar 2001: Landesbetrieb Straßenbau NRW) und erweckte großes öffentliches Interesse. So wurde in den Medien vor, während und nach Abschluss der dreieinhalb-jährigen Bauzeit regelmäßig über das Bauprojekt berichtet, unter anderem auch in [3] und [4]. Dabei stand in fast allen Berichten die Rheinbrücke im Mittelpunkt, obwohl es sich bei den Tunneln um technisch ebenso anspruchsvolle Bauwerke handelt.

Die Tunnel liegen trotz ihrer oberflächennahen Lage im Grundwasser und können je nach Grundwasserstand sowohl über- als auch unterströmt werden ([2], Seite 171). Die Konstruktion der Tunnelbauwerke und der anschließenden Tröge ist auf ein so genanntes „20-jähriges Hochwasserereignis“ ausgerichtet. Mit einem Sicherheitszuschlag von einem halben Meter wurde das Bemessungshochwasser als allerhöchster Grundwasserstand ermit-

telt, der allerdings bisher noch nie vorgekommen ist, auch nicht bei den großen Hochwassern 1995 und 1996 [2]. Die Tunnelbauwerke und die Tröge waren gemäß Ausschreibung als „Weiße Wanne“ in wasser- und durchlässigem Beton zu erstellen. Dazu mussten u.a. auch besondere betontechnologische Maßnahmen geplant und umgesetzt werden.

3 Bauausführung

Die Tröge und Tunnel wurden in offener Bauweise in abgespundeten Baudocks von max. 240 m Länge gebaut. Die Spundwände wurden so tief in dichtere Schichten aus tertiären Sanden eingebunden, dass eine weitestgehend wasserdichte Baugruube (Baudock) entstand (Bild 14). Diese durfte nur während der Erstellung des entsprechenden Tunnelabschnitts zur Beseitigung von Rest- und Oberflächenwasser gelenzt werden.

Sofort nach Fertigstellung des Tunnelabschnitts wurden die Spundwände gezogen, um das Strömen des Grundwassers in diesen Teilbereichen wieder zu ermöglichen.

Aus Gründen eines besseren Bauablaufs wurde die zulässige Docklänge in drei direkt aufeinander folgende, durch Querschotte getrennte Teildocks von je 80 m Länge unterteilt ([2], S. 136, 163 ff).



Bild 10: Westportal des Tunnels Rheinschlinge



Bild 11: Westliche Trogstrecke vor dem Tunnel Rheinschlinge

Die einzelnen Tunnelblöcke hatten jeweils eine Länge von 10 m, die einzelnen Trogabchnitte Längen von 7,50 m.

Die Bauteilabmessungen der Tunnel- und Trogabchnitte sind in Tafel 1 aufgelistet. Wie daraus zu entnehmen ist, handelt es sich überwiegend um Bauteile mit Dicken von mehr als einem Meter.

Die Fugen zwischen den einzelnen Tunnel- bzw. Trogabchnitten wurden als Dehnfugen ausgebildet. Die Fugenabdichtung erfolgte durch innen liegende elastomere Dehnfugenbänder mit anvulkanisierten Blechstreifen und integrierten Injektionsschläuchen, um eventuell auftretende Undichtigkeiten nachträglich abdichten zu können.

Die Arbeitsfugen zwischen Sohlplatte und Außenwänden sowie den Außenwänden und der Decke erfolgte mit innen liegenden Arbeitsfugenbändern mit anvulkanisierten Stahlaschen.

4 Anforderungen an den Beton

Wie bereits ausgeführt, waren die Tunnelbauwerke durchgängig aus wasserundurchlässigem Beton der Festigkeitsklasse B 35 unter Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand und niedriger Hydratationswärme herzustellen.

Die von dem Zement geforderten besonderen Eigenschaften waren zum einen durch die Bauteilabmessungen (NW) erforderlich und zum anderen, da aufgrund von Wasseruntersuchungen – besonders im Bereich des Tunnels Rheinschlinge – ein Sulfatangriff (HS) nicht ausgeschlossen werden konnte.

Darüber hinaus musste der Beton folgenden Anforderungen genügen:

- Der Nachweis der Druckfestigkeit konnte gemäß Ausschreibung im Alter von 56 Tagen erfolgen.
- Die Wassereindringtiefe durfte entsprechend den Ergänzungen



Bild 12: Westliches Portal des Haupttunnels Strümp mit der Einhausung Nord für die Einfahrt auf die A 44 in Richtung Mönchengladbach nach Fertigstellung



Bild 13: Einhausung Nord im Bereich der Auffahrt im Bau

- des Landschaftsverbands Rheinland zur ZTV-K 1996 [5] im Mittel 25 mm nicht überschreiten.
- Einhaltung der in der ZTV-K 1996 unter 6.7.2 vorgegebenen Wasserzementwerte, Mindest- bzw. Höchstzementgehalte sowie Mehlkorngelalte.
- Die sichtbar bleibenden Flächen der Tunnel- und der Trogwände mussten Sichtbetonqualität aufweisen.

Tafel 1: Bauteilabmessungen der einzelnen Tunnel- und Trogabchnitte

Bauteil	Abmessungen [m]			
	Länge	Breite	Höhe	Dicke
Tunnelsohle	10,0	36,8	5,0	i.d.R. 1,2
Tunnelwand				i.d.R. 1,0
Tunneldecke		34,0		i.d.R. 1,2
Trogsohle	7,5	36,8	von 1,0 bis 5,0	von 0,5 bis 4,0
Trogwand				i.d.R. 1,0



Bild 14: Spundwandverbau des „Trockendocks“ für den Bau des nächsten Tunnelabschnitts



Bild 15: Rechte Flügelwand der Einhausung Nord mit der typischen Blaufärbung von Beton mit Hochfenzement

5 Sonstige Anforderungen an die Betonbauwerke

Die Ausschreibung beinhaltete bereits besondere Anforderungen, die die Dichtigkeit der Tunnelbauwerke auch ohne äußere Abdichtung sicherstellen sollten.

Wie oben bereits erwähnt, war die Länge der einzelnen Tunnel- bzw. Trogblöcke auf 10 m bzw. 7,50 m begrenzt.

Zur Vermeidung von Verformungshinderungen (Schwinden) waren zwei Lagen PE-Folie auf der Sauberkeitsschicht vorgeschrieben.

Die zulässige Rissbreite war auf 0,15 mm begrenzt und die Betonfestigkeitsklasse sollte nicht höher als B 35 sein.

6 Auswahl der Zemente

Aufgrund der Anforderungen an den Zement bezüglich niedriger

Hydratationswärme und hohem Sulfatwiderstand wurden alle entsprechenden Betone mit Hochofenzement CEM III/B hergestellt (Bild 15) (einschließlich des für die Flusspfeiler erforderlichen Unterwasserbetons). Für die Betone der Pfeiler wurde Hochofenzement CEM III/A mit einem geringeren Hüttensandgehalt verwendet.

Neben den bereits oben beschriebenen geforderten Zementeigenschaften war bei der Zementauswahl für den Beton der Tunneldecken auch eine ausreichende Festigkeit im frühen Alter von Bedeutung, da beim Betonieren der Decken ein Schalwagen eingesetzt wurde und zur Erzielung eines optimalen Arbeitsfortschritts die erforderliche Ausschalfestigkeit von 15 N/mm² nach möglichst kurzer Zeit erreicht werden sollte.

Diese Anforderung führte dazu, dass für den Beton der Tunneldecken statt eines CEM III/B 32,5-NW/HS/NA ein CEM III/B 42,5-NW/HS/NA verwendet wurde.

7 Eignungsprüfungen

Vor Baubeginn wurden in der E-Prüfstelle der Transportbeton-Liefergemeinschaft „ARGE Betonversorgung A 44 Rheinquerung Ilverich“ Eignungsprüfungen mit unterschiedlichen Betonverflüssigern durchgeführt. Ziel war dabei, den für eine gute Verarbeitbarkeit des Betons erforderlichen Wassergehalt soweit abzusinken, dass sich bei dem vorgegebenen w/z-Wert ($\leq 0,50$) ein möglichst geringer Zementgehalt ergab, um die Wärmeentwicklung in den Bauteilen so niedrig wie möglich zu halten.

Selbstverständlich wurden auch unterschiedliche Zemente geprüft.

Für die Trog- und Tunnelbauwerke ergaben sich schließlich die in Tafel 2 aufgeführten Betonzusam-

mensetzungen für Sohlen, Wände und Decken.

Während die Zusammensetzung der Sohl- und Deckenbetone über die gesamte Bauzeit unverändert blieb, musste die Betonzusammensetzung für die Wandbetone während der Bauausführung zur Erzielung optimaler Sichtbetonflächen hinsichtlich des Mehlkorngehalts angepasst werden.

Da trotz eines erhöhten Mehlkorngehalts das Wasserrückhaltevermögen des Betons mit dem Hochofenzement CEM III/B 32,5-NW/HS/NA, besonders bei Temperaturen $\leq + 15 \text{ }^\circ\text{C}$, nicht wesentlich verbessert werden konnte, wurde letztendlich der für den Deckenbeton verwendete CEM III/B 42,5-NW/HS/NA wegen seiner sehr geringen Neigung zum Bluten eingesetzt.



Bild 16: Durchführung der Nachbehandlungsmaßnahmen: Auflegen von Wärmedämmmatten nach der Oberflächenbearbeitung

8 Maßnahmen zur Beschränkung von Temperaturrissen

Wie aus Tafel 2 zu entnehmen ist, ergab sich in den Eignungsprüfungen

ein relativ hoher Zementgehalt, wodurch trotz Verwendung von NW-Zement ein hoher Temperaturanstieg und damit Rissbildungen infolge Temperaturspannungen in den

Tafel 2: Zusammensetzung der wichtigsten Betone für die Flughafenbrücke

Bauteil		Sohle	Wand	Decke	Brückenpfeiler	Spindelpfeiler	Unterwasserbeton
Betonfestigkeitsklasse		„B 35“ ¹⁾	„B 35“ ¹⁾	„B 35“ ¹⁾	B 45	B 45	B 25
besondere Eigenschaften		Wasserundurchlässigkeit, hoher Sulfatwiderstand					
Konsistenz		KP	KP	KP	KP	KP	KF
Zementart und Festigkeitsklasse		CEM III/B 32,5 NW/HS/NA	CEM III/B 42,5 NW/HS/NA	CEM III/B 42,5 NW/HS/NA	CEM III/A 42,5	CEM III/A 42,5	CEM III/B 32,5 NW/HS/NA
Zementgehalt z	kg/m ³	350	320	350	370	390	270
Wassergehalt w/z-Wert	kg/m ³	170	164	170	172	182	190
w/(z+0,3f)		0,49	0,52	0,49	0,46	0,47	0,70
w/(z+0,7f)							0,60
Gesteinskörnung Vorkommen und Art		Rheinkies	Rheinkies	Rheinkies	Rheinkies	Rheinkies	Rheinkies
Sieblinie		AB 32	AB 32	AB 32	AB 32	AB 16	AB 32
Gehalt	kg/m ³	1.835	1.824	1.835	1.815	1.867	1.738
Zusatzstoff Art		–	Steinkohlenflugasche	–	–	–	Steinkohlenflugasche
Gehalt	kg/m ³		50				100
Zusatzmittel Art		BV	BV	BV	BV	BV	BV
Gehalt	% von z	0,30	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30

¹⁾ nach 56 Tagen in der Eignungsprüfung 45 N/mm² nachzuweisen

dickeren Bauteilen zu erwarten waren.

Umfassendere betontechnologische Maßnahmen zur Beschränkung der Rissbildung infolge Temperaturspannungen waren aufgrund der Tatsache, dass gemäß ZTV-K eine Anrechnung von Betonzusatzstoff bei Betonen der Festigkeitsklassen B 35 und höher nicht zulässig ist, nicht umsetzbar.

Andere Maßnahmen zur Absenkung des Zementgehalts, wie z.B. Zugabe eines Fließmittels zur Reduzierung des Wassergehalts, schieden aus wirtschaftlichen Gründen aus.

Da die ansonsten verbleibenden betontechnologischen Maßnahmen, wie beispielsweise Kühlen des Frischbetons, ebenfalls aus ökonomischen Gründen ausschieden, wurden besondere Nachbehandlungsmaßnahmen zur Beschränkung der Rissbildung infolge von Temperaturspannungen vorgesehen. Diese wurden bereits im Vorfeld geplant mit dem Ziel, eine maximale Temperaturdifferenz ΔT von 15 °C zwischen

Kern und oberer Betonrandzone sicherzustellen.

Art und Dauer der Nachbehandlungsmaßnahmen wurden in einer Arbeitsanweisung festgelegt (Tafel 3). Je nach Witterungsverhältnissen erfolgten diese entweder sofort nach Bearbeitung der Betonoberfläche oder erst zu einem späteren, von der E-Prüfstelle festgelegten Zeitpunkt. Bild 16 zeigt solche im Anschluss an die Oberflächenbearbeitung durchgeführten Nachbehandlungsmaßnahmen.

Der Erfolg dieser Maßnahmen konnte durch Temperaturmessungen nachgewiesen werden.

Die Temperaturdifferenz war zu keinem Zeitpunkt so groß, dass kritische Risse auftraten.

Bis auf eine Ausnahme konnte auch im Winter die Temperaturdifferenz zwischen Kern und Oberfläche auf 14 °C begrenzt werden.

Aus diesen Messergebnissen ergab sich, wie bereits in [3] beschrieben, ein maximaler Temperaturanstieg von 30 °C in einem 2,30 m dicken

Sohlplattenabschnitt (Bild 17) und von 37 °C bei einer Dicke von 3,80 m (Bild 18). Die Frischbetontemperatur betrug bei der 2,30 m dicken Sohle 14 °C und bei der 3,80 m dicken Sohle 18 °C.

Bei späteren Messungen in einer nur 0,80 m dicken Sohle wurde ein Temperaturanstieg von 10 °C bei einer Frischbetontemperatur zwischen 8 °C und 10 °C gemessen.

Aufgrund der betontechnologischen und der umfangreichen Nachbehandlungsmaßnahmen kam es nur örtlich zu vereinzelten Rissen, die jedoch weder die Gebrauchstauglichkeit noch die Dauerhaftigkeit des jeweiligen Bauteils infrage stellten. Sie konnten durch Tränkung mit Epoxidharz gemäß ZTV-Riss geschlossen werden.

9 Betonherstellung und -mengen

Der Beton wurde in einer eigens für die linksrheinischen Baumaßnahmen von der vorgenannten Transportbeton-Liefergemeinschaft in einer

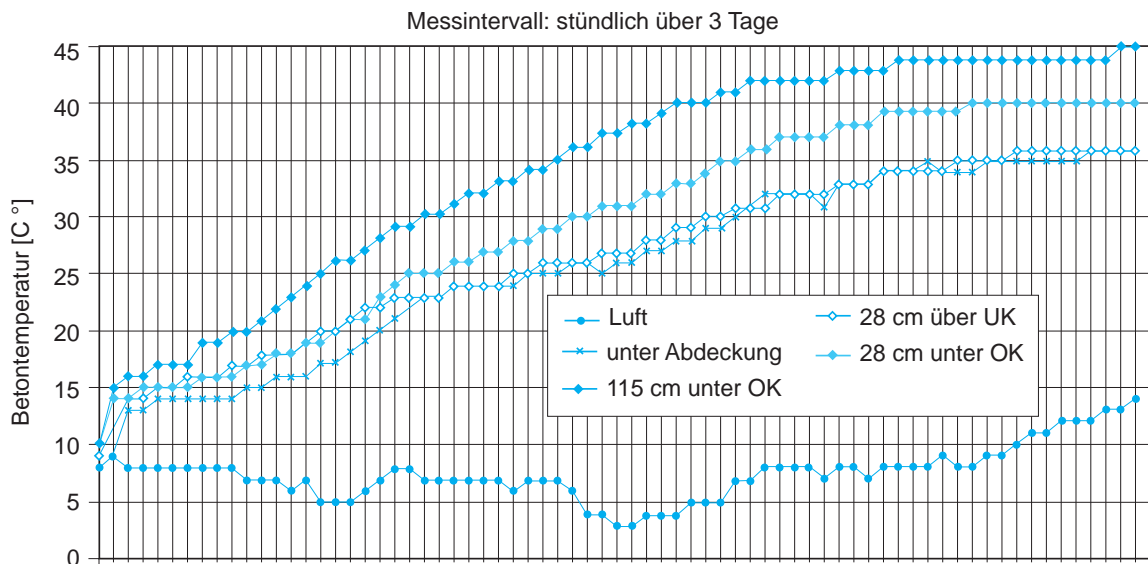


Bild 17: Temperaturverlauf in einem 2,30 m dicken Sohlplattenabschnitt

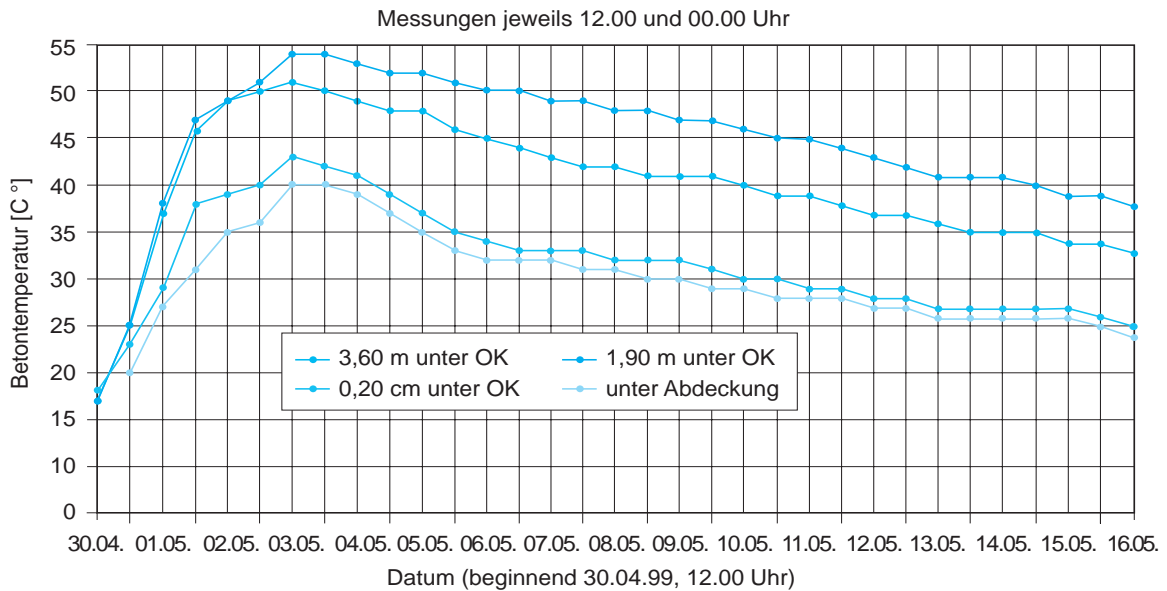


Bild 18: Temperaturverlauf in einem 3,80 m dicken Sohlplattenabschnitt

nahe der Tunnelbauwerke und der Vorlandbrücke errichteten Betonmischanlage hergestellt.

Die rechtsrheinische Vorlandbrücke wurde von den einzelnen Partnern dieser Liefergemeinschaft aus deren jeweiligen Werken direkt beliefert. Alle Werke verwendeten die gleichen Ausgangsstoffe.

Für alle Kunstbauwerke wurden rd. 400.000 m³ Beton benötigt, davon rd. 5.000 m³ Unterwasserbeton als Auftriebssicherung für die Pfeiler und das rechtsrheinische Widerlager der Vorlandbrücken (Tafel 2).

Für die Tunnelbauwerke waren ohne Sauberkeitsschichten rd. 300.000 m³ Beton der Festigkeitsklasse B 35 erforderlich. Davon wurden in die Tunnelsohlen 103.500 m³ und in die Tunneldecken 78.650 m³ eingebaut.

Die übrige Betonmenge entfiel auf Wände, Kappen, die Tunnelbetriebsgebäude und die Pfeiler. Alle Vorlandpfeiler bestehen aus zwei Rundstützen aus Beton B 45 mit je 3,50 m Durchmesser und Höhen zwischen 8,0 m und 17,0 m. Die jeweils sechs Pfeiler der Gehwegspindeln mit einem Durchmesser von 1,20 m, die

die Verbindung des Brückenüberbaus mit dem 9 m tieferen Weg auf dem Hochwasserdeich bilden, tragen die 1,20 m hohen und 3,00 m breiten Plattenbalken der Spindeln (Bild 19).

10 Eigenüberwachung und Güteprüfung

Im Rahmen der Eigenüberwachung wurden allein von den beiden Betonen für die Tunnelsohle und für die Tunneldecke rd. 7.000 Würfel zur Bestimmung der Druckfestigkeit im Alter von 56 Tagen und rd. 600 Platten zur Bestimmung der Wassereindringtiefe geprüft.

Die statistische Auswertung gemäß DIN 1084 Teil 1, Abschnitt 2.2.6, ergab für den Sohlbeton einen Mittelwert von 47,6 N/mm² und für den Deckenbeton 50,4 N/mm². In allen Fällen konnte nachgewiesen werden, dass die 5%-Fraktile der Grundgesamtheit der Druckfestigkeitsergebnisse die Nennfestigkeit nicht unterschreitet.

Im Rahmen der Güteprüfungen wurden nur in wenigen Prüfungen Einzelwerte unter 35 N/mm² gefunden (< 0,1 %!).

Die zulässige Wassereindringtiefe von im Mittel 25 mm wurde bei den Güteprüfungen von keinem Einzelwert überschritten.

Bei der statistischen Auswertung aller über die Bauzeit ermittelten Druckfestigkeiten wurde für den Tunnelsohlenbeton mit dem CEM III/B 32,5-NW/HS/NA eine Standardabweichung von 2,7 N/mm² und eine Prüfgröße z von 42,5 N/mm² ermittelt, für den Deckenbeton mit CEM III/B 42,5-NW/HS/NA ergab sich eine Standardabweichung von 3,3 N/mm² und eine Prüfgröße z von 45,0 N/mm².

Die ermittelten Standardabweichungen sind ein Hinweis auf eine gleichmäßig gute Betonherstellung, eine funktionierende Qualitätskontrolle, vor allem aber auch auf geringe Schwankungsbreiten bei der Qualität der Ausgangsstoffe, insbesondere der Zemente.

Es gab zwar Zeiträume, in denen jahreszeitlich bedingt die Druckfestigkeiten durchgängig niedriger lagen als in anderen Zeiträumen. Jedoch ergaben sich bei der statistischen Auswertung der Druckfestigkeiten innerhalb dieser Zeiträume



Bild 19: Erstellung der Pfeiler und des Plattenbalkens für die etwa 7° geneigte Gehwegspindel

keine wesentlichen Unterschiede der Standardabweichungen.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Prüfgröße z der mit CEM III/B 32,5-NW/HS/NA hergestellten Betone bei sonst gleicher Zusammensetzung nicht wesentlich von der Prüfgröße z der mit CEM III/B 42,5-NW/HS/NA hergestellten Betone abwichen.

In Bezug auf die Frühfestigkeit zeigten sich dagegen deutliche Unterschiede. Während der mit der höhe-

ren Zementfestigkeitsklasse hergestellte Beton in der Regel bereits im Alter von 2 bis 3 Tagen eine Druckfestigkeit von 15 N/mm² und höher aufwies, wurde diese Festigkeit von den Betonen mit der niedrigeren Zementfestigkeitsklasse erst nach etwa 5 bis 7 Tagen erreicht.

11 Arbeitsanweisungen

Zur Erzielung eines dichten Bauwerks ohne äußere Abdichtung ist

neben einer für den Verwendungszweck geeigneten Betonzusammensetzung und einer fachgerechten Verarbeitung des Betons auch eine Regelung der geplanten Arbeitsabläufe notwendig.

Um dieses sicherzustellen und um dem Führungs- und Überwachungspersonal Überwachungskriterien an die Hand zu geben, wurden alle wichtigen Arbeitsabläufe bereits vor Beginn der eigentlichen Betonierarbeiten durch Arbeitsanweisungen detailliert festgelegt, die mit dem Bauherrn abgestimmt und bei Bedarf ergänzt bzw. den neuen Gegebenheiten angepasst wurden. Beispiele für die Festlegung von Arbeitsabläufen sind die in Tafel 3 festgelegten Nachbehandlungsmaßnahmen und die Verfahrensweise für die Vorbereitung der Arbeitsfugen in Tafel 4.

12 Hochfester Beton

Abschließend sei noch über eine Besonderheit bei den Vorlandbrücken berichtet.

Die Druckstreben der Vorlandbrücken zur Abstützung der Brückenkonsolplatten waren ursprünglich als Fertigteile aus Beton üblicher

Tafel 3: Arbeitsanweisung für die Nachbehandlung

Lufttemperatur	Betontemperatur	Nachbehandlungsmaßnahme	Dauer
≥ -3 °C bis +5 °C	≥ +10 °C ¹⁾	<i>Folie + Wärmedämmmatte</i> Bei sehr geringen Temperaturen ggf. nach Rücksprache mit E-Prüfstelle zwei Wärmedämmmatten	bis eine Druckfestigkeit ≥ 10 N/mm ² in der Erhärtungsprüfung nachgewiesen ist
> +5 °C bis +10 °C	abhängig von Lufttemperatur, jedoch ≤ +25 °C	<i>Wärmedämmmatte</i>	5 Tage
> +10 °C bis +15 °C		<i>zwei Folienlagen</i> Bei Nachttemperaturen < +10 °C ist mit einer Wärmedämmmatte abzudecken (auch tagsüber)	5 Tage
> +15 °C bis +25 °C		<i>eine Folienlage</i> Ist ein Absinken der Temperatur in der Nacht um mehr als 5 °C zu erwarten, ist abends mit einer zusätzlichen Folie abzudecken	5 Tage
> +25 °C		<i>Folie</i> Eventuelle Zusatzmaßnahmen auf Anweisung der E-Prüfstelle	5 Tage

¹⁾ Bei Bauteildicken ≥ 1,00 m ist zur Vermeidung übermäßiger Temperaturspitzen die Frischbetontemperatur ≤ + 10 °C zu halten.

Festigkeitsklasse vorgesehen - vergleichbar der Rheinbrücke im Verlauf der A 42 bei Duisburg (Bild 20). Dadurch wären aufgrund der zu übertragenden Lasten Abmessungen der Streben erforderlich geworden, die die Brückenunterseite in der Schrägansicht wie eine massive Wand hätte aussehen lassen.

Daher wurde aus architektonischer, aber auch aus wirtschaftlicher Sicht nach einer anderen Lösung gesucht und die Anbieter bereits in der Angebotsphase aufgefordert, Nebenangebote mit Vorschlägen zur Querschnittsreduzierung der Druckstreben abzugeben, um die Abmessungen der geplanten Stahlbetondruckstreben der Vorlandbrücken (B x H = 1,20 m x 0,35 m) an die Stahl-Druckstützen der Strombrücke (B x H = 0,30 m x 0,30 m) anzupassen. Dabei konnte die Ausführung der Druckstreben als Fertigteil aus hochfestem Beton oder als Stahlkonstruktion angeboten werden.

Ausgeführt wurden schließlich Streben aus hochfestem Beton B 75 (Bild 21) mit nahezu den gleichen Abmessungen (B x H = 0,40 m x 0,40 m) wie die der Stahl-Druckstützen der Strombrücke (Bild 22). Für die Ausführung in hochfestem Beton war u. a. vorgegeben, dass der Beton der Druckstreben unter Verwendung von Portlandzement herzustellen sei.

Umfangreiche Eignungsprüfungen einschließlich der Verarbeitungsversuche gemäß DAfStb-Richtlinie für hochfesten Beton [6] durch das mit der Herstellung der Streben beauftragte Fertigteilwerk führten dazu, dass statt des vorgesehenen CEM I 42,5 R auch hierfür ein Hochofenzement CEM III/A 42,5 verwendet wurde.

Um sicherzustellen, dass der Beton der zur Baustelle gelieferten Druckstreben auch tatsächlich die geforderte Druckfestigkeit aufwies, durften nur Druckstreben eingebaut werden, für die die bei den Kontroll-

prüfungen für den Bauherrn ermittelten 28-Tage-Druckfestigkeiten vorlagen.

13 Finanzierung

Anders als im Bundesverkehrswegebau üblich wurde die Rheinquerung nicht direkt über den Bundeshaushalt finanziert, sondern privat vorfinanziert. Die private Vorfinanzierung bestand aus zwei Teilen. Zuerst stellte ein Bankenkonsortium der

Bietergemeinschaft während der Bauzeit von etwa vier Jahren einen Zwischenfinanzierungskredit zur Verfügung. Dieser wurde entsprechend dem Baufortschritt ausbezahlt und endete mit der Fertigstellung. Das Besondere an der Zwischenfinanzierung ist, dass mit der Bundesrepublik und der Bietergemeinschaft als Beteiligte die Eigentümer- und Kreditnehmereigenschaft auf zwei unterschiedliche Personen entfallen.

Tafel 4: Arbeitsanweisung für die Vorbereitung von Arbeitsfugen

ARGE A 44 Rheinquerung Ilverich Oberstraße 8 · 40668 Meerbusch
Arbeitsanweisung 4 c Geplante und ungewollte Arbeitsfugen
Aufgestellt: Walther, VDB
<p>Arbeitsfugen, vom Planer vorgegebene oder aufgrund von außergewöhnlichen Ereignissen nicht vermeidbare, sind grundsätzlich so auszubilden, dass sie alle auftretenden Beanspruchungen aufnehmen können.</p> <p>Um dieses zu gewährleisten, ist wie folgt zu verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unmittelbar nach dem Erhärten, spätestens jedoch 24 Stunden nach Betonierbau (Unterbrechung des Betoniervorgangs) sind Zementschlämme und mürber Beton im gesamten Fugenbereich mittels Hochdruckwasserstrahl zu entfernen, bis die Kuppen der groben Zuschlagkörner sichtbar sind. (Erzielung einer rauen Oberfläche zur Verbesserung der Lastübertragung) • Die Fugen sind vor dem Betonieren zu säubern, bei Wänden vor dem Schließen. • Vor dem Anbetonieren ist der Altbeton mehrere Tage feucht zu halten, bis er mit Wasser gesättigt ist, jedoch keine Pfützen auf der Oberfläche verbleiben. (Oberfläche soll bei Betonierbau leicht abgetrocknet sein) Durch diese Maßnahme soll das Schwindgefälle möglichst gering gehalten werden, und es soll verhindert werden, dass der Altbeton dem frischen Beton Wasser entzieht. <p>Wird die Betonierung bereits am nächsten oder übernächsten Tag fortgesetzt, so ist der Beton sobald wie möglich bis kurz vor der Einbringung des frischen Betons zu wässern. Auch hier ist allerdings darauf zu achten, dass die Oberfläche des Altbetons vor dem Betonierbau leicht abgetrocknet ist und keine Pfützen auf der Oberfläche stehen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Fugenbereiche sind vor dem Betonieren vom Bauleiter abzunehmen. • Das Temperaturgefälle zwischen altem und neuem Beton sollte soweit wie möglich gering gehalten werden. <p>Bei Bauwerken aus wasserundurchlässigem Beton ist auch die Arbeitsfuge wasserundurchlässig auszubilden.</p> <p>Dazu notwendige Maßnahmen sind mit der Bauleitung, der E-Prüfstelle und dem Bauherrn abzusprechen.</p> <p>Kommt es beim Betonieren zu einer Unterbrechung, die aufgrund ihrer Dauer zu einer ungewollten Arbeitsfuge führt, ist der zuletzt eingebaute Beton so abzurütteln, dass eine möglichst waagerechte (gradlinige) Fuge entsteht!</p>



Bild 20: Druckstreben der Vorlandbrücke im Zuge der BAB A 42; Rheinquerung Duisburg-Baerl



Bild 21: Druckstreben der Vorlandbrücke im Zuge der BAB A 44; Rheinquerung Ilverich

Der Kaufpreis für das Autobahnteilstück wird von der Bundesrepublik erst im Anschluss an die Fertigstellung in 15 Jahresraten gezahlt. Da die Bietergemeinschaft jedoch den Zwischenfinanzierungskredit abzulösen hatte, veräußerte sie zur Fertigstellung die zukünftig anstehenden Jahresraten an das Bankenkonsortium. Mit dem Veräußerungserlös ist der Zwischenfinanzierungskredit vollständig zurückgeführt worden. Diese Veräußerung stellt den zweiten Teil der privaten Vorfinanzierung dar. Die Bietergemeinschaft scheidet aus der Finanzierung aus. An deren Stelle tritt das Bankenkonsortium und nimmt 15 Jahre lang – bis zur vollständigen Amorti-

sation – die Ratenzahlungen entgegen [7].

14 Fazit

Bei der Erstellung der Kunstbauwerke der A 44 im Verlauf der Rheinquerung Ilverich konnte nachgewiesen werden, dass – können nicht alle betontechnologischen Maßnahmen zur Beschränkung der Rissbildung infolge Temperaturspannungen umfassend ausgeschöpft werden – neben der Auswahl von Zementen mit den geeigneten besonderen Eigenschaften eine auf die Anforderungen abgestimmte und konsequent durchge-

führte Nachbehandlung von besonderer Bedeutung ist.

Weiter zeigte sich, dass durch die frühzeitige schriftliche Festlegung von Arbeitsabläufen und die konsequente Überprüfung ihrer Einhaltung Fehler von vornherein vermieden, zumindest aber entscheidend auf nicht relevante Einzelfälle begrenzt werden konnten.

Die permanente Abstimmung zwischen den E-Prüfstellen der Baustelle und des Transportbetonherstellers sowie der durch ein entsprechendes Computerprogramm zur Erfassung und Auswertung der Prüfergebnisse mögliche kurzfristige Zugriff auf die jeweils neuesten Prüfer-

gebnisse ermöglichten ein sofortiges Gegensteuern bei der Betonherstellung und war damit eine wichtige Voraussetzung zur Erzielung gleichmäßiger Betonqualitäten.

Durch die ständige Verfügbarkeit eines Betontechnologen vor Ort konnten zu erwartende Schwierigkeiten bereits im Vorfeld geklärt bzw. Lösungen erarbeitet sowie während des Bauablaufs auftretende Probleme sofort abgestellt werden.

Der Bau dieser für die gesamte Region von Düsseldorf bis Duisburg so wichtigen Rheinquerung ist sowohl in einem Buch [2] als auch in einem Film [8] dokumentiert.

15 Literatur

- [1] A 44 Rheinquerung Ilverich. Informationsbroschüre des Landesbetriebs Straßenbau NRW (Hrsg.), Köln, 3. Auflage, März 2001.
- [2] „Die Flughafenbrücke – Die Rheinquerung der Autobahn A 44 zwischen Düsseldorf und dem linken Niederrhein“. Landschaftsverband Rheinland – Presseamt (Hrsg.). Landesbetrieb

Straßenbau NRW – Zentrale Kommunikation – Münster.

- [3] Hermanns, H.-J.; Walther, R.: Ausbau der BAB A 44 – Bauprojekt der Rheinquerung Ilverich. beton 51 (2001) Nr. 3, S. 134-138.
- [4] Lange, D.; Lübbers, C.: Die Tunnel im Zuge der Rheinquerung Ilverich. Bauingenieur 77 (2002) Nr. 5, S. 240-247.
- [5] Ergänzungen des Landschaftsverbands Rheinland zur ZTV-K 1996, Ausgabe 9, 1997.
- [6] Richtlinie für hochfesten Beton; Ergänzung zu DIN 1045 /7.88 für die Festigkeitsklassen B 65 bis B 115. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin, 1995.
- [7] Schneider, U.; Lehmann, J.-M.: Die private Vorfinanzierung – Ein Modell mit drei Gewinnern, aus [2], S. 134-135.
- [8] Videokassette „Die Flughafenbrücke, der Bau der Rheinquerung.“ Landesbetrieb Straßenbau NRW – Zentrale Kommunikation – Münster.

Bildnachweis

Bilder 1, 2, 12, 14, 16: Landesbetrieb Straßenbau NRW; Projektgruppe A 44 Rheinquerung

Bild 8: Messe Düsseldorf

Bilder 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 15, 19, 20, 21, 22: K. Rendchen



Bild 22: Den Abmessungen der Stahl-Druckstützen angepasste Druckstreben aus Hochleistungsbeton B 75

Bauschild

Ausbau der BAB A 44

Auftraggeber:
Bundesrepublik Deutschland
Land Nordrhein-Westfalen
Landschaftsverband Rheinland

Baugestalterische Beratung:
Architekten Prof. Dipl.-Ing. Heinz Kalenborn und Jetel, Düsseldorf

Planung:
SPI Schüssler-Plan/Schlegel, Düsseldorf
Spiekermann/Grassel, Düsseldorf

Bauausführung:
Arbeitsgemeinschaft A 44
Rheinquerung Ilverich–Meerbusch

bestehend aus:
Dyckerhoff & Widmann AG
NL Düsseldorf (technische Federführung)

WALTER BAU-AG
NL Düsseldorf
(kaufmännische Federführung)

HEILIT + WOERNER BAU-AG
NL Düsseldorf

Ed. Züblin AG
NL Duisburg

EIFFEL Construction Metallique
Nanterre (F)

Johannes Dörnen
Stahlbauwerk GmbH & Co. KG,
Dortmund

S.E.H. Stahlbau Engineering GmbH
Hannover

Brückenbau Plauen GmbH
Neu-Isenburg

Liefergemeinschaft Transportbeton:
Beton-Union Düsseldorf GmbH & Co. KG
Düsseldorf

Elskes Transportbeton GmbH
Duisburg

Inter-Beton GmbH
Düsseldorf

Readymix Beton Rhein-Ruhr GmbH
Düsseldorf

**Betontechnische Beratung und Betreuung,
B II-Überwachung:**
Baustoff-Laboratorium Hagen GmbH
Hagen

Landschaftsgestalterische Beratung:
SMEETS + DAMASCHEK
Planungsgesellschaft mbH,
Landschafts-, Umwelt- und Freiraumplanung,
Erfstadt-Lechenich