



Aktuelles zu Betonstrassen und zur Verkehrsinfrastruktur
Ausgabe Januar 2020

update 56

Langlebiger Verkehrsknoten: Betonbauweise für eine hoch belastete Straßenkreuzung

Bevor Ende 2020 der Ausbau der Autobahn A 81 zwischen dem Stuttgarter Kreuz und dem Industriegebiet Böblingen-Hulb beginnen kann, sind umfangreiche Sanierungen und Umbauten der innerstädtischen Straßen notwendig. Eines der wichtigsten Projekte für den Landkreis Böblingen ist in diesem Zusammenhang der Ausbau der sogenannten Daimler-Kreuzung. Sie erhält als erster «Knotenpunkt» in der Region einen Straßenbelag aus Beton.

Betonbauweise für eine hoch belastete Straßenkreuzung

Dipl.-Ing. Alexander Grünewald, InformationsZentrum Beton GmbH, Ostfildern

Beton als Straßenbaustoff hat viele positive Eigenschaften, wie hohe Festigkeiten, Verformungsstabilität, Dauerhaftigkeit, Dichtigkeit, Helligkeit und die kreativen Möglichkeiten wie Formgebung und Farbgestaltung.

Bauen mit Beton als Straßenbaustoff für Deckschichten bedarf im Vergleich zu «traditionellen» Baustoffen eines anderen Planungsaufwands bezüglich des Bauablaufs. Bauzeitenpläne, Sperrungen, Anforderungen an die Baustoffe und letztlich Teile der Ausschreibung mit späterer Vergabe sind dabei neue Herausforderungen. Hier ist ein Umdenken erforderlich – weg von der «schwarzen» Asphalt-Planungstradition, die uns über Jahrzehnte bei gewissen Anwendungen im Straßenbau viele Schäden und Kosten verursacht hat und auch noch verursachen wird. Zu beachten ist, dass die in den Regelwerken DIN EN 206-1* und DIN 1045 beschriebenen zugesicherten Eigenschaften von Beton wie Festigkeiten, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit sich vertraglich erst 28 Tage nach Einbau einstellen werden. Dies bedeutet nicht, dass eine Verkehrsfreigabe (Baustellenverkehr, Normalverkehr) erst nach 28 Tagen erfolgen kann. Vielmehr kann die Verkehrsfreigabe schon bei einer bestimmten niedrigeren Druckfestigkeit erfolgen. So ist dies bei einem üblich verwendeten C30/37 XM2, XF4 gemäß aktuellem deutschen Regelwerk, die ZTV Beton-StB des FGSV, bei 26 MPa (N/mm²) möglich. Trotz dieser von der Außentemperatur abhängigen, meist schon nach zehn Tagen (20 °C) erreichten Frühfestigkeit müssen Sperrzeiten und Taktplanungen an die Betonbauweise angepasst werden (siehe auch Abbildung: Aufbau Gesamtquerschnitt Daimler-Knoten).

Ausführungsplanung

Die hochbelastete Daimler-Kreuzung in Sindelfingen/Böblingen verbindet die vierspurige Kreisstraße K 1073 zwischen Sindelfingen-Böblingen und Sindelfingen-Dagersheim (Böblinger Straße) mit der Gottlieb-Daimler-Straße in nördlicher und der Dornierstraße in südlicher Richtung. Bei der letzten Analyse der Verkehrsbelastungen für die Oberbaubemessung ergaben sich für die Gottlieb-Daimler-Straße Nord die höchsten Belastungen. Hier sind täglich rund 28 000 Kraftfahrzeuge (Kfz) und 3640 Lastkraftwagen mit über 3,5 Tonnen (SV) in

oder aus Richtung des Daimler-Werkes in Sindelfingen unterwegs. Zudem weist die Daimler-Kreuzung in Asphaltbauweise starke Spurrinnen und Verdrückungen durch die hohe Lkw-Belastung auf.

In der Bedarfsanalyse für die weitere Entwicklung des Daimler-Knotens sowie der geplanten Ausbaumaßnahmen für das innerstädtische Baugebiet «Flugfeld» zwischen der A 81 und der City von Böblingen werden für die nächsten Jahre erhebliche Steigerungen des Verkehrsaufkommens bis zu 37 700 Kfz/d, 4310 SV/d vorausgesagt. Dazu gehört auch das Bekenntnis des Autobauers Daimler AG, weiterhin seine Mercedes-Benz S-Klasse sowie künftig Elektrofahrzeuge am Standort Sindelfingen produzieren zu wollen.

Planungsgrundlage für die Sanierung und Erweiterung des Knotenpunktes waren Verkehrserhebungen aus den Jahren 2012 bis 2016 sowie die Prognosen zu den zu erwartenden Belastungen.

Die Verbesserung der Leistungsfähigkeit, der Dauerhaftigkeit sowie die Anpassung des gesamten Fahrbahnaufbaues an die kommenden statischen und dynamischen Belastungen waren die maßgebenden Faktoren und somit der Leitfaden für die Ausführungsplanung.

Die aktuellen Verkehrsdaten und die Bedarfsanalyse im Detail:

| | Aktuelle Verkehrsbelastung | Bedarfsanalyse |
|-----|----------------------------|----------------|
| Kfz | 28 000/d | 37 700/d |
| SV | 3640/d | 4310/d |

Um den Bedarf der erhöhten Leistungsfähigkeit zu decken, wurde nicht nur über einen dauerhaften und belastbaren Straßenbelagsbaustoff nachgedacht, sondern auch der Kreuzungsbereich von vier auf fünf Spuren erweitert. Die Neuordnung der Fahrspuren erhöht die Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes erheblich, die wesentlich durch die Just-in-time-Belieferungen des nahe liegenden Daimler-Werkes benötigt wird.

Dieses erhöhte Frachtaufkommen sowie der steigende Individualverkehr lassen in der Gesamtkonzeption nur das Ergebnis zu, die Anpassung des Straßenbauwerkes mit einem dauerhaften und mechanisch hochbelast-

*Im Literaturverzeichnis auf Seite 17 finden sich sämtliche im update beschriebenen Vertrags-/Lieferbedingungen, Prüfvorschriften, Richtlinien, Merkblätter etc. sowohl abgekürzt wie auch in ausgeschriebener Form.



Daimler-Kreuzung vor dem Umbau



Verdrückungen im Asphalt aus Überlast durch Bremsen, Halten, Anfahren

baren Baustoff zu realisieren. Der große Erfahrungsschatz der planenden Behörde (Landratsamt Böblingen) mit dem Baustoff Beton als Straßenbaustoff für Deckschichten bei Kreisverkehren vereinfachte die Entscheidung der in Frage kommenden Deckschichtbauweise «Schwarz» oder «Weiß». Die unbewehrte, segmentierte Plattenbauweise mit Fugen-, Anker- und Dübelsystemen war geradezu prädestiniert für dieses geometrisch linear verlaufende Bauwerk eines Knotenpunktes.

Über die Verkehrsdatenanalyse, die Bedarfsplanung und die entsprechende Einstufung des Knotenpunktes im Zusammenspiel mit den anliegenden Fahrwegen (Bundesstraße) ergibt sich auf Grundlage der RStO 12 eine bestimmte Belastungsklasse (Bk). Für die Daimler-Kreuzung ergab sich die Belastungsklasse Bk32 und daraus resultierend eine Deckendicke von 25 cm mit entsprechender Tragschicht aus Asphalt und Unterbau. Eingebaut wurde schließlich eine Betondeckendicke von 26 cm. Die Asphalttragschicht konnte dafür von 10 cm auf 8 cm reduziert werden (siehe auch Abbildung: Aufbau Gesamtquerschnitt Daimler-Knoten).

Betontechnologie

Der für die Straßendecke verwendete Beton entspricht den aktuellen deutschen FGSV-Regelwerken für den öffentlichen Straßenbau: ZTV Beton-StB 07, TL Beton-StB 07, TP Beton-StB 10. Diese Vorgaben wiederum orientieren sich an den Normen DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045.

Ein Beton C30/37 XM2, XF4, WS, Fasern, C1/F3, Größtkorn 16 mm, kam als Transportbeton zum Einsatz. Es ist der «Standard»-Straßenbeton mit einer abgesicherten Würfeldruckfestigkeit von mindestens 37 MPa, einer geforderten Biegezugfestigkeit von $\geq 4,5$ MPa jeweils nach 28 d und einem w/z-Wert $\leq 0,45$. Geplant wurde mit den im unbewehrten Betonstraßendeckenbau üblichen Expositionsklassen XM2 und XF4. XM2 steht für einen Widerstand gegen die Umwelteinflüsse «starker Verschleiß inkl. Oberflächenbehandlung» (hier Besenstrich). Dabei ist zu beachten, dass das deutsche Regelwerk den Zementgehalt bei XM2 auf maximal 360 kg/m^3 begrenzt. Dieser könnte jedoch mit der Zustimmung des Auftraggebers sowie mit dem Anpassen der Sieblinie auch leicht erhöht werden, was im kommunalen Betonstraßenbau aufgrund der Faserzugabe und der oftmals höheren Konsistenzklasse bei Handeinbau akzeptiert wird. Die zweite genannte Expositionsklasse ist XF4, welche für einen Widerstand gegen die Umwelteinflüsse Frost und hohe Wassersättigung mit Taumittel steht. XF4 beschreibt hier einen Luftporenbeton. Die in der Kombinationsanwendung von Luftporenbildner und Fließmittel durchschnittlich 5,5 % (4,5 % + 1 %) künstlich eingebrachten Luftporen im Frischbeton, die übr-

gens mit dem bloßen Auge nicht sichtbar sind, garantieren, dass in den Beton eindringendes Wasser (Kapillarkapillarwirkung) beim Gefrieren ausreichend Platz zum Ausdehnen hat und die Betonoberfläche durch die Eisbildung und die damit verbundene Volumenvergrößerung nicht zerstört wird. Zusätzlich unterbrechen die Luftporen den Kapillarsog, wodurch ein tieferes Eindringen von Wasser in den Betonquerschnitt vermieden wird. Eventuelle, nicht einsehbare Schädigungen im Inneren der Betonfahrbahndecke sind somit ausgeschlossen.

Interessant ist auch der Einsatz einer sogenannten «WS»-geprüften Gesteinskörnung für den Beton. Die Sieblinie der Gesteinskörnung ist aus den Kornfraktionen 0/2, 2/8 und 8/16 zusammengesetzt. Beton mit der Feuchtigkeitsklasse «WS» (feucht + Alkalizufuhr von außen + dynamische Belastung) erfordert zum einen eine speziell geprüfte Gesteinskörnung ($\geq 2 \text{ mm}$) und zum anderen einen Zement mit einem niedrigen Alkaligehalt, um eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) zu vermeiden. Vereinfacht ausgedrückt möchte man mit der Maßnahme «WS» eine Säure-Base-Reaktion zwischen der Gesteinskörnung und dem Zement auf ein Minimum reduzieren. Bei Anwendung des im Regelwerk vorgeschriebenen Verfahrens z.B. V2 «WS-Grundprüfung» bedeutet dies den Einsatz einer Gesteinskörnung, welche in der sogenannten «BAST-Liste» aufgeführt und damit entsprechend zur Verwendung im Betonstraßenbau geprüft ist; dies alles in Verbindung mit einem Zement, dessen Na_2O -Äquivalent 0,80 nicht überschreitet. Weitere mögliche Nachweisverfahren zur Überprüfung der Eignung einer Zement-Gesteinskörnungs-Kombination für den öffentlichen Betonstraßenbau in Deutschland können untenstehender Auflistung entnommen werden. Diese sind im Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau ARS 04/2013 beschrieben.

Prüfverfahren zur Feststellung der Eignung einer Zement-/Gesteinskörnung im Betonstraßenbau (ab Bk 1,8)

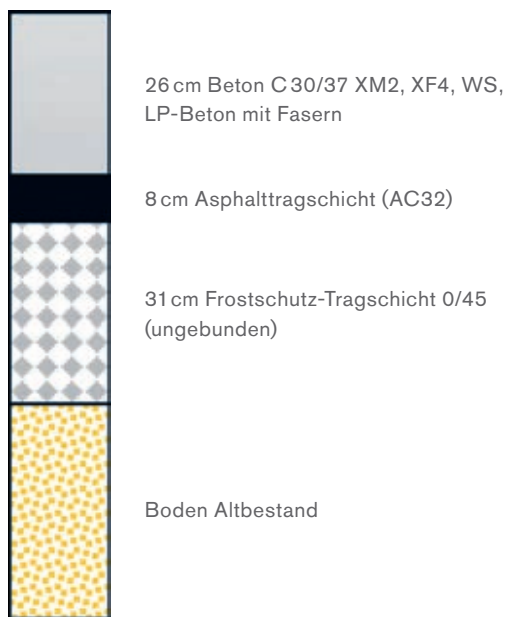
- AKR-Performance-Prüfung (V1): Gutachten für eine konkrete Betonrezeptur
- WS-Grundprüfung (V2): der groben Gesteinskörnungen ($d \geq 2 \text{ mm}$):
- WS-Bestätigungsprüfung (V3): auf Grundlage einer bestandenen AKR-Performance-Prüfung (V1) oder WS-Grundprüfung (V2)

Die 26 cm dicke Betondecke ist mit ca. 6 cm langen Polypropylenfasern in einer Menge von 3 kg/m^3 verstärkt. Diese sind statisch zwar nicht relevant, haben aber andere, die Betoneigenschaften verbessernde Wirkungen. So reduzieren die Fasern signifikant die Schwindris-

Gegenüberstellung der Klasseneinteilung zwischen RStO 12 und RStO 01¹⁾

| Belastungsklasse | Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B | Typisches Beispiel | Bauklasse nach RStO 01 |
|------------------|---|--|------------------------|
| Bk 100 | > 32 | Autobahnen, Schnellstraßen | SV |
| Bk 32 | > 10 und ≤32 | Industriestraßen | I |
| Bk 10 | > 3,2 und ≤10 | Hauptgeschäftsstraßen | II |
| Bk 3,2 | > 1,8 und ≤3,2 | Verbindungsstraßen | III |
| Bk 1,8w | > 1,0 und ≤1,8 | Sammelstraßen, wenig befahrene Hauptgeschäftsstraßen | III |
| Bk 1,0 | > 0,3 und ≤1,0 | Wohnstraßen | IV |
| Bk 0,3 | ≤0,3 | Wohnwege | V und VI |

¹⁾ Klassenzuordnungen nach allgemeinem und aktuellem Stand der fachlichen Kenntnisse



Aufbau Gesamtquerschnitt Daimler-Knoten

Mindestluftgehalt des Frischbetons (nach TL Beton-StB¹⁾)

| Größtkorn (mm) | mittlerer Mindestluftgehalt für Beton [Vol.-%] |
|----------------|--|
| 8 | 5,5 |
| 16 | 4,5 |
| 32 bzw. 22 | 4,0 |

Luftporenkennwerte Festbeton (nach TL Beton-StB¹⁾)

| | Mikroluftporengehalt A ₃₀₀ [Vol.-%] | Abstandsfaktor L (mm) |
|--------------------------|--|-----------------------|
| Erstprüfung | ≥ 1,8 | ≤0,20 |
| Eigenüberwachungsprüfung | ≥ 1,5 | ≤0,24 |

¹⁾ Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton



Polypropylenfasern «AWP Forta Ferro»

neigung während des exothermen Abbindevorganges des Betons. Ebenso stärken die Fasern den Materialzusammenhalt bei mechanischer Belastung, erhöhen die Nachrisszugfestigkeit, die Bruchzugdehnung sowie die Duktilität und generieren durch das Anhaften des Wassers an der Faseroberfläche innerhalb der Betonmatrix eine Art «innere Nachbehandlung». Dies bedeutet, dass der zeitlich versetzte Wasseranspruch des Zementes durch das auch später noch zur Verfügung stehende Haftwasser an der Faser bedient werden kann.

Die Einbaukonsistenz soll je nach Einbauverfahren innerhalb der Grenzen der Konsistenzklasse C1 bei Einsatz eines Straßenfertigers bzw. F3 mit Fließmittel bei Handeinbau mit Rüttelbohle liegen.

Um mit all diesen Parametern eine geeignete, vor Ort einbaubare und funktionierende Betonrezeptur zu entwickeln, wurde im Vorfeld eine Eignungsprüfung im beauftragten Transportbetonwerk durchgeführt. Sie entspricht den Empfehlungen des M VaB (Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton) mit Bezug auf das Regelwerk der zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen ZTV Beton-StB 07.

Bauweise

Der «Daimler-Knoten» wurde von dem Bauherrn, dem Landratsamt Böblingen (LRA BB), in unbewehrter, segmentierter Plattenbauweise mit unterschiedlichen Fugen konzipiert und generalgeplant. Betontechnologisch beratend zur Seite stand u.a. das InformationsZentrum Beton in Ostfildern, welches mit einem großen Erfahrungsschatz beim Bau von kommunalen Verkehrsflächen aus Beton deutschlandweit jederzeit ein willkommener Ansprechpartner ist. Mit dem Konzept der Fugenbauweise werden Zugspannungen ausgeglichen, die durch das

Abbinden bzw. Schwinden des Betons und durch spätere Temperatureinwirkungen durch Witterungseinflüsse entstehen. Während der Betonage wurden die exakt angeordneten Fugen mit Anker oder Dübeln gesichert. Die Dübel wurden in Fahrtrichtung etwa mittig der Plattendicke im Abstand von 25 cm in Halterungen (Körben) vorgelegt und überbetoniert. Sie verhindern Vertikalverschiebungen (Plattenversatz) innerhalb des Plattensystems, die durch Querkräfte und Momente ausgelöst werden können. Diese Vertikalverschiebungen entstehen durch das Überfahren der Fugen bzw. der Plattenränder oder in seltenen Fällen aufgrund von Untergrundsetzungen. Die Anker wurden quer zur Fahrtrichtung in gleichmäßigem Abstand (hier: 3 Anker/Platte) eingelegt und halten zusätzlich die Betonplatten zusammen. So vermeiden sie ein gegenseitiges Abdriften. Da bei der unbewehrten Betonbauweise vorgegebene geometrische Verhältnisse einzuhalten sind, müssen Platten mit einem ungünstigen Längen-Breiten-Verhältnis oder unvermeidbaren spitzen Winkeln mit Betonstahlmatten oberseitig einlagig bewehrt werden (hier 6,12 kg/m² entspricht Q 424 A). Dabei sind die unten aufgeführten geometrischen Grundsätze aus der Merkblattreihe für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton, M VaB Teile 1 + 2, einzuhalten.



| |
|---|
| $a \leq 20 \times d$ $\frac{a}{b} \leq 1,5$ mit $b \geq 50 \text{ cm}$ |
|---|

«Faustformel» max./min. geometrische Plattenverhältnisse



Positionierung der Dübel in Körben, bewehrte geometrisch kritische Felder

Bauzeitenplan / Taktplanung

Der Bauzeitenplan wurde im Wesentlichen durch die Festlegung von zwei Bauabschnitten zur Vermeidung einer Vollsperrung geprägt. Der erste Bauabschnitt (westliche Seite) begann im März und endete im Juli 2019, der zweite Bauabschnitt verlief spiegelverkehrt von Mitte Juli bis Mitte September 2019, die Verkehrsfreigabe war am 25. September 2019. Der Reihenfolge nach wurde folgender Ablauf geplant und ausgeführt:

- Ausbau der alten Asphaltdecken sowie Signalanlagen
- Tiefbauarbeiten: neue Straßenentwässerung, Leerrohre, Schächte, Fundamente für neue Signalanlagen, Fahrbahnverbreiterungen zur Verbesserung der Abbiegebeziehungen
- Asphalttragschicht
- Schalung
- Betondeckeneinbau mit Besenstrich
- Betonnachbehandlung
- Fugenschnitt
- Fugenverguss
- Aufkleben der Randborde
- Fahrbahnmarkierungsarbeiten
- Aufbau von Schutzeinrichtungen, Beschilderung, Signalanlagen

Der Einbau der Betondecke erfolgte größtenteils mit einem für den Betonflächenbau angepassten Straßenfertiger auf einer vorab nivellierten Asphalttragschicht von 8 cm Einbaustärke. Teilbereiche, wie z.B. für den Fertiger unzugängliche Felder oder Kleinabschnitte, wurden händisch mit der Rüttelbohle eingebaut. Hoch interessant und herausfordernd war die Taktplanung des Straßenfertigers. Dabei musste nicht nur auf die technische Umsetzung geachtet werden, sondern auch auf den Bauzeitenplan, auf die wirtschaftliche Effizienz und auf das Wetter. Letzteres kann in den Sommerwochen kritisch sein, da zum einen eine Betontemperatur von $\leq 30^\circ\text{C}$ beachtet werden muss, zum anderen aber die Luftaußentemperatur gemäß ZTV Beton-StB die Grenze von 25°C nicht überschreiten darf. All diese Reglementierungen dienen der Sicherung einer dauerhaften Festbetonqualität. Die Planung schrieb für Betonagen mit derartigen Temperaturkonstellationen den ZTV-Zusatz «nur mit besonderen Maßnahmen zulässig» aus; diese Maßnahmen werden im Abschnitt «Bauausführung» näher beschrieben.

Grenzbereiche der Temperaturen für den Betoneinbau nach TL Beton Stb 07

| Betoneinbau | Lufttemperatur | Betontemperatur |
|---------------------------------------|---|---|
| Zulässig | $5^\circ\text{C} \leq T_L \leq 25^\circ\text{C}$ | $5^\circ\text{C} \leq T_B \leq 30^\circ\text{C}$ |
| Nur mit besonderen Maßnahmen zulässig | $T_L < 5^\circ\text{C}$ $T_L > 25^\circ\text{C}$ | |
| Unzulässig | Dauerfrost $T_L \leq -3^\circ\text{C}$ | – |
| | – | $T_B < 5^\circ\text{C}$ $T_B > 30^\circ\text{C}$ |

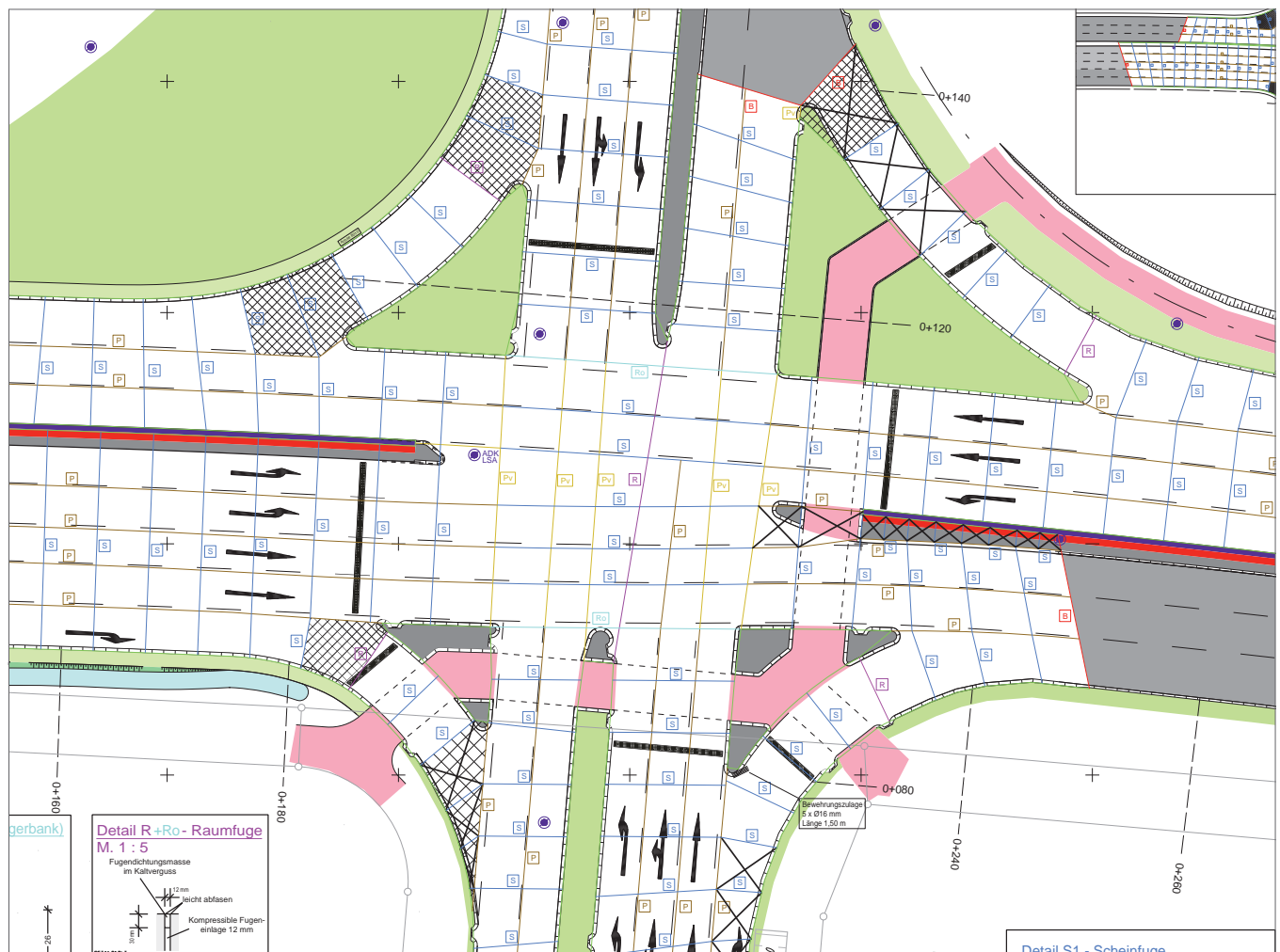
In der untenstehenden Abbildung ist die Taktplanung des Betonstraßenfertigers gut zu erkennen. Beginnend auf der Westseite – obere Planungsskizze – konnte der 20-t-Fertiger problemlos die vorgegebenen Bahnen «abarbeiten», bevor er dann in den zweiten Bauabschnitt ostseitig gefahren wurde. Die geplante Leistung von 20 m/h eingebautem Straßenbeton bei einer maximalen Breite von 7,5 m wurde zumeist erreicht und trug zum schnellen Baufortschritt bei. Herausfordernd war die Planung des Gefälles ohne un stetigen Knickpunkt, sodass der Fertiger die Höhenunterschiede auf einer radial verlaufenden Höhenkuppe problemlos durchfahren konnte. Dafür musste eine neue Höhenplanung mit den entsprechenden Gradienten aufgenommen und verändert werden, damit diese geänderten geometrischen Höhenverhältnisse mit der Fertigungstechnik im Einklang standen.

Kleinstabschnitte oder für den Straßenfertiger unzugängliche Flächenbereiche sollen mit der Rüttelbohle hergestellt werden. Die Rüttelbohle ist beim Bau von

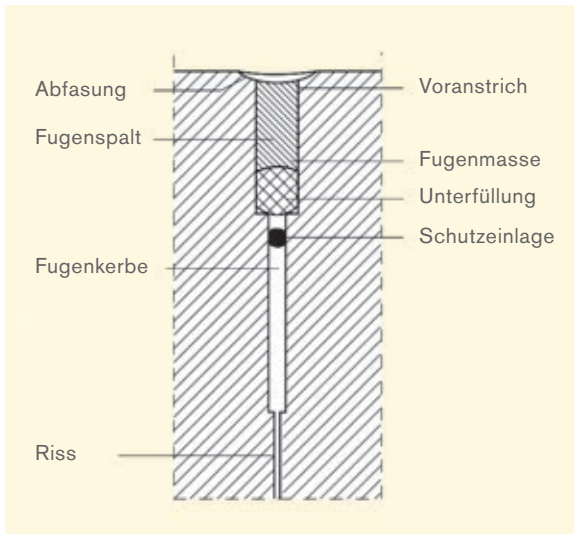
Kreisverkehren die erste Wahl und erzeugt ebenso technisch sowie optisch einwandfreie Betonverkehrsflächen. Vorteile sind die Flexibilität und die einfache Bedienbarkeit. Als Nachteile sind die wesentlich geringere Flächenleistung und die gegenüber dem Fertiger schlechtere Ebenheit zu nennen.

Oberflächenbearbeitung

Die Expositionsklasse XM2 erfordert eine Oberflächenbehandlung, die im kommunalen Betonstraßenbau üblicherweise mit einem Besenstrich erzeugt wird. Der senkrecht zur Fahrtrichtung aufgebraachte Besenstrich generiert den notwendigen Oberflächenabschluss, strukturiert die Betonoberfläche für eine bessere Griffbarkeit und gibt sogleich die Gefällerrichtung des Regenwassers vor; dieses soll nämlich seitlich abfließen. Die sogenannte «Waschbetonbauweise» welche im Beton-Fernstraßenbau standardmäßig ausgeführt wird, kommt bislang im kommunalen Betonstraßenbau in Deutschland nicht zur Anwendung.



Taktplanung der Fertiger-Läufe, Fugenanordnung



Scheinfuge

Nachbehandlung

Bei horizontalen Betonflächen muss die Nachbehandlung mit großer Sorgfalt geplant und ausgeführt werden. Die im Verhältnis zum Bauteilvolumen große Fläche, welche mit der Umwelt in Kontakt tritt, macht den Beton an dieser Stelle angreifbar. Im Betonflächenbau ist dies die zur Verfügung stehende große Nutzoberfläche, über welche das für die Hydratation benötigte Wasser verdunsten kann. Die Folgen für die später hochbelastete Oberfläche sind fatal: Schwindrisse, Minderfestigkeiten sowie nicht vollständig hydratisierter Zement, welcher einen abrasiv leicht lösbaren Zementmörtel im Bereich des Besenstrichs bildet, erzeugen eine Minderqualität. Aus diesen Gründen muss schon bei der Planung ein besonderes Augenmerk auf die Nachbehandlung gelegt werden. Bei diesem Betonstraßenbauprojekt wurde deshalb eine zwei-, bei Extremtemperaturen sogar dreistufige Nachbehandlung gefordert. Sobald der eingebaute Beton seinen Besenstrich erhalten hatte und eine mattfeuchte Oberfläche erkennbar war, wurde ein flüssiges Nachbehandlungsmittel für den Betonstraßenbau mit Hand-Sprühgeräten als geschlossener weißer Curing-Film aufgetragen. Bei extremen Witterungsverhältnissen mit hohen Temperaturen und/oder Wind sollte direkt nach dem Betonieren – aber noch vor dem Besenstrich – eine Zwischennachbehandlung aufgebracht werden. Nach Erreichen der Trittfestigkeit der Betonfläche wurde die gesamte Betonplatte zusätzlich mit weißen, wasserhaltenden Vlieslagen bedeckt, eingepackt und gewässert.

Fugen schneiden und verfüllen

Fugen sind bei dieser unbewehrten Bauweise elementar und zwingend erforderlich. Sie verhindern eine unkontrollierte Rissbildung im Plattensystem, entspannen das

Betonbauwerk mit einer vorgegebenen Risslinie und ermöglichen eine technisch einwandfreie Fugenabdichtung, hier mittels Fugenverguss. Detailliert erstellt wurde mithilfe des bereits genannten Fugenplanes die Anordnung der Scheinfugen, der Dehn-/Raumfugen, der Pressfugen und der Tagesendfugen als Pressfugen. Die Raumfugen, die verdübelt oder – unverdübelt mit Unterlagsschwelle als Querkraftfundament – geplant wurden, wurden mit einem Spalt von 12 mm und wasserabweisender Fugeneinlage konzipiert.

Alle Scheinfugen wurden zweifach geschnitten und erhielten einen voutenförmigen Schnittkantenschliff. Hierbei erzeugte der erste Tiefenschnitt («Fugenkerbe», $b_t = 3 \text{ mm}$) die Querschnittsschwächung bis zu etwa einem Drittel der Plattendicke, sodass sich ein provoziertes Riss planmäßig einstellen kann. Ein zweiter Aufweitungsschnitt («Fugenspalt», $b_a = 8 \text{ mm}$) ermöglichte die Einlage des Fugensperrsystems. Die mittels Primer vorbereiteten Fugen (Flankenhaftung) wurden anschließend mit einer zweikomponentigen Kaltfugenvergussmasse gegen Schmutz und Wassereintritt verschlossen. Die Kaltvergussmasse weist hierbei folgende Vorteile auf: Die Erfahrung zeigt eine bessere Flankenhaftung, also weniger Flankenabriss, aus Gesundheitsschutzgründen keine Kohlenwasserstoff-Dämpfe der bituminösen Heißfugenvergussmassen, Gestaltungsmerkmale mit z. B. grauer Fugenmassenfarbe.



Tiefbauarbeiten, neue leistungsfähigere Straßenentwässerung

Borde bzw. Fahrbahnbegrenzungen

Verkehrsflächen benötigen Borde als Fahrbahnbegrenzung, als Überfahrtschutz und als Wasserführung zum Ablauf. Beim «Daimler-Knoten» entschied man sich für sogenannte «Klebeborde», die auf den geplanten Betonüberstand mit 2K-Klebeharzen anprallsicher und unverrückbar aufgeklebt wurden. Die Erfahrung lehrt, dass für einen guten Haftverbund auf absolute Sauberkeit, auf die Staubfreiheit beider Klebeflächen von Untergrund/Stein sowie auf eine vollflächige Klebstoffverteilung geachtet werden muss. Dies wurde explizit im Leistungsverzeichnis aufgeführt und bei der Bauausführung vom Landratsamt Böblingen punktuell überprüft.

Bauausführung

Generalunternehmer für den gesamten Kreuzungsbereich war die Firma Eurovia, Niederlassung Stuttgart, die den Betoneinbau als Subunternehmerleistung an die

Berger Bau SE aus Passau vergab. Ausgeschrieben war der zwingend erforderliche Einbau der Betondeckschicht mit einem Straßenbaufertiger. Auch für Berger Bau war der Bau eines Knotenpunktes aus Beton Neuland, welches aber aufgrund der großen Erfahrung beim Bau von Betonkreisverkehren, Tank- und Rastanlagen sowie sonstigen kommunalen Verkehrsflächen aus Beton souverän betreten werden konnte.

Bei der praktischen Umsetzung dieser anspruchsvollen Baumaßnahme wurden im Zuge der Vorbereitungsarbeiten des Untergrunds zunächst neue, leistungsfähige Regenwasserleiter aus Betonfertigteilen verlegt. Der Einbau der 8 cm dicken Asphalttragschicht mittels eines am Draht geführten Asphaltfertigers (GU-Ausführung) erfolgte problemlos und war aufgrund des relativ hohen EV_2 -Moduls, der Ebenheit und des exakten Höhennivellements die perfekte Unterlage für die folgende Betondecke. Die Asphalttragschicht nimmt zudem



den Baustellen- und Lieferverkehr auf und bildet den Untergrund zum Befestigen der Randschalungen. Der Beton für den Fertigerereinbau mit der Konsistenzklasse C1 wurde in Lkw-Sattelzügen geliefert, was bei einer maximalen Nutzlast von 28 t etwa 11 m³ Frischbeton je Lieferung bedeutete.

In den folgenden Wochen wurden die jeweiligen Betonbahnen problemlos erstellt und fügten sich sichtbar zu einem Verkehrsknotenpunkt zusammen. Die gut eingestellten C1-Luftporenbetone des 12 km entfernten Transportbetonwerks in Gärtringen (Heidelberger Beton) trugen maßgeblich zum reibungslosen Ablauf und zur hohen Qualität bei.

Bei den Flächen im Handeinbau mit der Rüttelbohle musste sich die Einbaukolonne etwas anders organisieren und sich auf den im Fahrmischer ankommenden F3-Luftporenbeton einstellen. Für die optimale Verarbeitung des Betons musste mit mehreren Rüttelflaschen vor der

Bohle tiefenverdichtet werden. Dabei war die Rüttelbohle langsam nach vorne zu winden und gleichzeitig bei dem hinter der Bohle fertig eingebauten Straßenbeton der lunkerfreie Oberflächenabschluss zu kontrollieren, um bei Fehlstellen gegebenenfalls mit der Handpatsche nachzuglätten. Der anschließende Besenstrich sowie das Auftragen des Nachbehandlungsmittels (Curing) wurden bei beiden Einbauverfahren gleichbleibend händisch ausgeführt.



Asphalttragschicht





Vorbereitung Betonage mit bewehrtem, geometrisch kritischem Feld;
Vorlegen der Dübel in Körben unterhalb der späteren Querscheinfuge



Das erste «Anfahren» unter Produktion des Straßenbaufertigers ist immer spannend und wurde mit Bravour vom Bedienungs- und Einbaupersonal gemeistert.



Aufbringen des Besenstrichs



Beton mit Fasern



Aufgesprühtes weiß eingefärbtes Curing zur Nachbehandlung



Zusätzliche Nachbehandlung mit wasserhaltendem Vlies



Betoneinbau mit Beton-Straßenfertiger in der Konsistenzklasse C1



Betoneinbau mit der Rüttelbohle in der Konsistenzklasse F3

Werkseigene Produktionskontrolle und Eigenüberwachung

Die Prüfung des Frisch-/Festbetons zur Qualitätssicherung wurde im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) im Transportbetonwerk sowie mittels einer Annahmeprüfung durch den Betoneinbauer kontinuierlich durchgeführt. Die Eigenüberwachung sind Prüfungen des Auftragnehmers oder seines beauftragten Subunternehmers. Hierbei werden die Güteeigenschaften u.a. der Baustoffe sowie die fertige Leistung überprüft. Für zusammenhängende Flächen > 500 m² sieht das Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton (M VaB) die Regelungen der ZTV Beton-StB vor. Dabei sind beim Frischbeton vor dem Einbau die Kontrolle der Lieferscheine, der Konsistenz, des w/z-Werts über das Darren, der Rohdichte, des Luftporengehalts sowie der Beton- und Lufttemperatur zu nennen.



Borde kleben: Abstände der Steine untereinander 3–5 mm



Fugenverguss:
Herstellen der
zweikomponentigen Kaltfugen-
vergussmasse
auf Polysulfid-
basis



Markierungsarbeiten



Fugenschnitt: Im Vordergrund Einfräsen der Voute (Abfasen). Im Hintergrund die Aufsitzschneidemaschine für den zuvor erstellten ersten und zweiten Fugenschnitt (1. Fugenkerbe, 2. Fugenspalt)



Literatur:

BAST, Bundesanstalt für Straßenwesen

DIN 1045-2, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206

DIN 1164-10, Zement mit besonderen Eigenschaften – Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt

DIN EN 197-1, Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement

DIN EN 206-1, Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

FGSV-Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton

FGSV-Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton (M VaB)

RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen

TL Beton-StB, Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton

TP Beton-StB 10, Technische Prüfvorschriften für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton

ZTV Beton-StB 07, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton

Zusammenfassung

Die Gesamtbauzeit der Daimler-Kreuzung in zwei Bauabschnitten nahm unter laufendem Verkehr nur sechs Monate in Anspruch und dauerte von April bis September. Bereits ab Mitte September konnte die Kreuzung wieder vollständig freigegeben werden. Der Betoneinbau selbst erfolgte in jeweils zwei fünfwöchigen Abschnitten mit einem Umfang von 1560 m³ Beton auf einer Betonfläche von 6000 m².

Der Landkreis Böblingen hat mit seinen über 20 Kreisverkehren aus Beton bereits gute Erfahrungen gemacht. Auch bei Kreuzungen mit viel Lkw-Verkehr (etwa bei Gewerbegebieten) bietet die Betonbauweise eine optimale Lösung. Die lange Lebensdauer einer solchen Bauweise setzt eine gute Planung voraus. Dabei sind eine etwas längere Bau- und Sperrzeit sowie die Abkehr von alten und zum Teil überholten Planungstraditionen hervorzuheben.

Die sanierte und erweiterte Daimler-Kreuzung in Sindelfingen/Böblingen kann als positives Beispiel für den klugen und nachhaltigen Einsatz von Beton im modernen Straßenbau herangezogen werden. Voraussetzung für die langfristige und dauerhafte Nutzung stark frequentierter Verkehrsknotenpunkte ist die gemeinschaftliche Zusammenarbeit von Behörden, Planern und ausführenden Unternehmen – im Sinne einer nachhaltigen Lösung. Die im September 2019 fertiggestellte Straßenkreuzung wird in den nächsten Jahrzehnten davon profitieren und vor allem sicher funktionieren.



Film über den Bau der
Daimler-Kreuzung in
Sindelfingen/Böblingen

<https://bit.ly/daimlerknoten>



Projektdaten

Adresse

Knotenpunkt Böblinger Str./
Gottlieb-Daimler-Str.
Sindelfingen/Böblingen
Baden-Württemberg

Bauherr und Planer

Landratsamt Böblingen (LRA)
Straßenbauamt
Parkstraße 16
71034 Böblingen

Projektverantwortliche/-beteiligte:

Jörg Aichele
Wolfgang Behrens
Jasmin Ribesell
Werner Röhms

Planung

Ingenieurbüro
Dipl.-Ing. K. Langenbach GmbH
In der Au 11
72488 Sigmaringen

Projektbegleitung

InformationsZentrum Beton GmbH
(Ostfildern)

Bauunternehmung

GU: EUROVIA Teerbau GmbH,
Niederlassung Stuttgart
Betonbau: Berger Bau SE, Passau

Betonlieferant

Heidelberger Beton GmbH & Co.
Stuttgart KG
TB-Werk, 71116 Gärtringen

Fotos/Bildmaterial

InformationsZentrum Beton GmbH,
A. Grünwald
Landratsamt Böblingen,
Straßenbauamt
AWP Fasertechnik GmbH & Co.
KG, 92237 Sulzbach-Rosenberg,
Dr. W. Pilhofer



Luftaufnahme des fertiggestellten Daimler-Knotens



Für weiterführende Informationen steht Ihnen der Verein Betonmarketing Österreich jederzeit zur Verfügung.

www.betonmarketing.at



Vereinigung der Österreichischen
Zementindustrie
Franz-Grill-Straße 9, O 214
A-1030 Wien
Tel. +43 (0)1 714 66 81-0



Verband Österreichischer
Beton- und Fertigteilwerke
Gablenzgasse 3/5. OG
A-1150 Wien
Tel. +43 (0)1 403 48 00



Güteverband
Transportbeton
Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900-4882



Forum
Betonzusatzmittel
Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900-3749

Forschung zu Betonstraßen in Österreich:



Forschungsverein EcoRoads
TU Wien Science Center
Franz-Grill-Straße 9, O 214
A-1030 Wien
Tel. +43 (0)1 714 66 81-0



Smart Minerals GmbH
TU Wien Science Center
Franz-Grill-Straße 9, O 214
A-1030 Wien
Tel. +43 (0)1 714 66 81-0

Vertrieb durch:

BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Bern
Telefon +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch



InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0)211 28048-1, Fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org



Verein Betonmarketing Österreich
Anfragen zur Publikation update an Zement + Beton
Handels- und Werbeges.m.b.H., Franz-Grill-Straße 9, O 214, A-1030 Wien
Telefon +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at