

Hubert Amlacher

Hochleistungsbeton im Brückenbau – Erfahrungen aus der Praxis

Dipl.-HTL-Ing. Hubert Amlacher
 Amt der Kärntner Landesregierung,
 Abt. 17, Straßen- und Brückenbau

Bild 1: Brückenquerschnitt Moosbrücke, Detailprojekt: ZT DI Werner Ogris, Klagenfurt

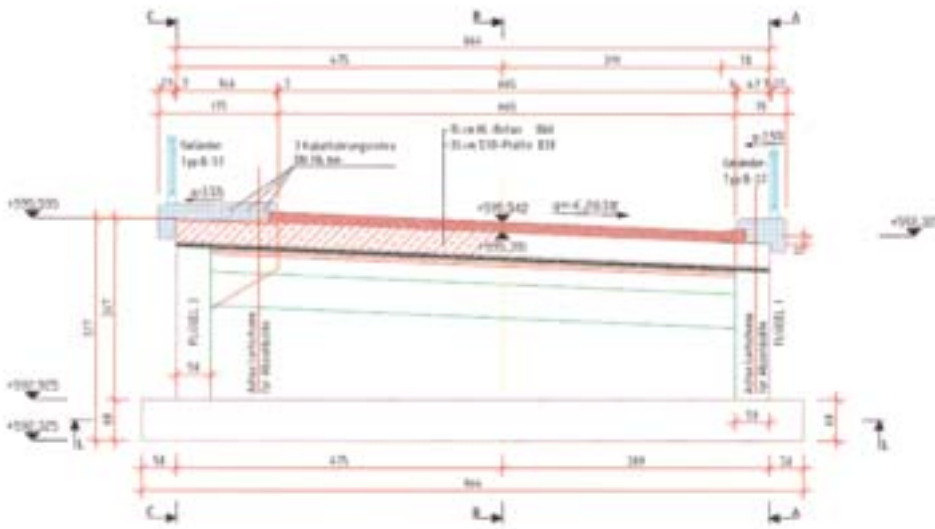
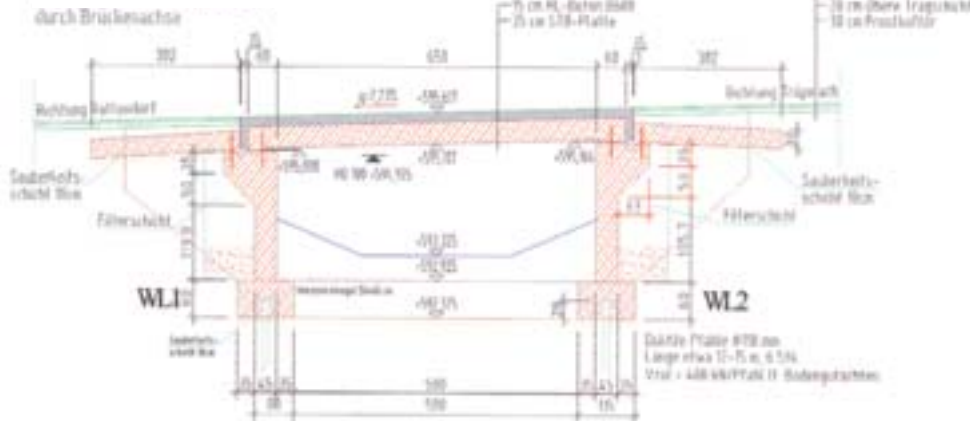


Bild 2

SCHNITT M 1:100



Die erste Brücke mit Hochleistungsbeton wurde in Kärnten im Jahr 2000 gebaut. Mittlerweile wurden bereits sieben Brückentragwerke mit Hochleistungsbeton hergestellt.

All diese Brücken wurden mit einer direkt befahrbaren Betonoberfläche ausgeführt. Versucht wurde die so genannte Sandwichbauweise: Ortbeton als untere Lage und eine Aufbetonschicht mit Hochleistungsbeton sowie Fertigteile mit einer direkt befahrbaren Hochleistungsbetonschicht. Bei einigen Brücken wurden auch die Randbalken in Hochleistungsbeton ausgeführt.

Als kostengünstig und relativ rasch in der Fertigung erwies sich die Herstellung der Tragwerksplatte, zur Gänze aus Hochleistungsbeton, bei Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen – Landesstraßen, Gemeindestraßen, Wirtschaftswege, Radwege. Bei diesen Ausführungen wurde auch auf die Randbalken verzichtet.

Die Motivation für die Verwendung von Hochleistungsbeton war in der Tatsache begründet, dass Abdichtung, Asphaltbelag und Randbalken bei der konventionellen Bauart trotz sorgfältiger und fachgerechter Herstellung oft nicht zufriedenstellend waren.

Ziel war es nun, eine funktionierende, wirtschaftliche und dauerhafte Bauweise für Brückentragwerke – Einfeldobjekte mit direkt befahrbarer Oberfläche aus Beton – zu finden.

Um weitere Erkenntnisse bezüglich des Verhaltens bei Verkehr, Frost- und Tausalzeinwirkung wie auch im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit zu erlangen, wurden bei drei Brücken die Tragwerksplatten mit Hochleistungsbeton hergestellt. Bei einem Brückenobjekt mit ca. 17 m Stützweite wurde auf die Fertigteilträger (T-Querschnitt) der „Aufbeton“ (in Verbund) und ebenfalls die Randbalken in Hochleistungsbeton hergestellt.



Bild 3: Erste Probebetonierung

© alle Fotos: Hubert Amlacher



Bild 4 + Bild 5: zweite Probebetonierung



Erfahrungen in anderen Ländern (USA, Kanada, Norwegen) wie auch die ersten Brückenobjekte in Österreich (1997–1999 NÖ, OÖ, Tirol) zeigen, dass diese Ausführung eine wirtschaftliche, dauerhafte und wartungsarme Bauweise darstellt.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei allen in Kärnten hergestellten Brücken um Einfeldobjekte mit einer Stützweite von 7 bis 17 m und einer direkt befahrbaren Oberfläche aus Hochleistungsbeton.

Projektentwicklung, Bauablauf und Erfahrungen bei der Bauherstellung

Moosbrücke –

STW 7 m Sandwichbauweise

Beabsichtigt war, eine direkt befahrbare Oberfläche mit Hochleistungsbeton herzustellen. Um die Verformungen durch das Lehrgerüst für den Hochleistungsbeton möglichst gering zu halten, fiel die Entscheidung auf die Sandwichbauweise. Sämtliche Details für die Fahrbahnplatte mussten erst erarbeitet werden.

Für eine exakte Oberfläche der Fahrbahnplatte wurden Führungsschienen im Bereich der RL vorgesehen. Die Fahrbahnplatte wurde über die gesamte Breite mit einer Rüttelbohle abgezogen. Um das Eindringen von Oberflächenwasser in das Tragwerk zu verhindern, wurde die Fahrbahnoberfläche rechts und links ca. 15 cm unter die Randleisten fortgesetzt. Die Randbalken wurden bei diesem Versuchsobjekt ebenfalls in

Hochleistungsbeton ausgeführt. Im Bereich der Widerlager in Brückenlängsrichtung wurde die Hochleistungsbetonschicht bis zur Entwässerungsrinne hinabgeführt. So wird das Eindringen von Oberflächenwasser in die horizontale Arbeitsfuge verhindert. Die Entwässerungsrinne bei den Auflagerbänken wurde durchgehend mit 3,0 % Längsgefälle ausgeführt. Beim Tiefpunkt wurde ein Wasserspeicher angeordnet.

Die Schleppplatte wurde, getrennt durch eine 1 cm Fuge, im Anschluss an das Tragwerk beidseitig mit 3,0 % Gefälle nach hinten und 11 cm unter der Fahrbahnoberkante beginnend angeordnet. Die 1 cm breite Fuge zwischen Hochleistungsbeton und Deckschicht wurde nachträglich mit einer dauerelastischen Bitumenvergussmasse ausgegossen.

Betonrezeptur für den Hochleistungsbeton

Sorte: **C50/60 B7 CEM I 32,5 R HS C3A-frei F45 GK16**

Betonzusammensetzung:

Zement

PZ 275 HS CA3A frei
Portlandzement gemäß EN197-1 (Ö-Norm B3310)
400 kg/m³

Microsilica

6,25 % der Zementmasse
25 kg/m³ (Pulverform)

Zuschlag

Sieblinie 0–4, 4–8, 8–16
im günstigen Bereich –
(zwischen den Grenzsieblinien A und B)

Wasser

Gesamtwassergehalt < 140 l/m³

W/Z-Wert

< 0,35

Fließmittel

0,5 % der Zementmasse
2,0 kg/m³

Zement

Für die Herstellung von Hochleistungsbeton wird Portlandzement PZ 275 HS mit erhöhtem Widerstand gegen Sulfatangriff für Betone mit besonderen Eigenschaften sowie für Anwendungen, bei denen eine geringe Wärmeentwicklung gefordert wird, empfohlen.

Bauablauf

Zum Kennenlernen dieses neuen Betons wurden zwei Probebetonierungen ausgeschrieben. Die Betoniermannschaft der ausführenden Firma sollte sich so an den Einbau, die Verdichtung, Oberflächengestaltung und Nachbehandlung des Hochleistungsbetons gewöhnen. Die Entfernung vom Mischwerk zur Einbaustelle betrug 61 km. Daraus ergab sich eine Fahrzeit von ca. 60 Minuten. Begünstigt wurden die Betonlieferung wie auch die Verarbeitung des Betons durch die Jahreszeit (Oktober sowie Außentemperaturen von 5°–8° C).



hinten 2 mm vorstehende scharfe Kante

stahlbaumäßige Ausbildung der Entwässerungsachse

vorne abgerundete Kante

Bild 6: Tandemrüttelbohle

Erste Probebetonierung mit Hochleistungsbeton

Der Hochleistungsbeton wurde auf der Baustelle kurz vor dem Einbau in die vorgefertigte Schalung durch Zugabe des restlichen Fließmittels (ca. 1lt/m³) auf eine Konsistenz von F45 (47 cm Ausbreitmaß) fertig gemischt.

Der erste Eindruck war:

- Hochleistungsbeton ist dunkler als „herkömmlicher“ Beton und
- eine klebrige Masse.
- Das Behandeln der Oberfläche mittels Reibbrett ist nur sehr schwer möglich.
- Die Verdichtung mit Rüttelflaschen muss ebenfalls sorgfältiger erfolgen.
- Für Verarbeitung und Nachbehandlung ist ein höherer Zeitaufwand notwendig.

Der Beton nivelliert sich bei einer Konsistenz von F45 (ca. 47 cm Ausbreitmaß) ohne Verdichtungsarbeit innerhalb der Schalung selbst aus – „zu weich“ (Bild 3).

Nach dem „Verreiben“ der Oberfläche wurde ein Besenstrich aufgebracht und anschließend ein Nachbehandlungsmittel aufgesprüht. Als Nachbehandlungsmittel wurde von der Firma Sika das Produkt Antisol verwendet.

Zusätzlich wurde die Oberfläche kurz nach dem Erstarrungsbeginn mit einer PE-Folie mit Vliesauflage abgedeckt.

Zweite Probebetonierung mit Hochleistungsbeton

Die Schalung der Probefläche wurde mit einer Längsneigung von 2,2 % und einer Querneigung von 4,3 % hergestellt (Bild 4).

Nach dem Einbringen und Verdichten des Betons wurde die Oberfläche mit einer Tandemrüttelbohle abgezogen (Bild 5).

Bei dieser Probebetonierung wurden die gewünschten Ergebnisse nicht erzielt.

Das Nacharbeiten mit einem Reibbrett war nicht mehr möglich. Beim Herstellen des Besenstriches wurde die Oberfläche zu sehr aufgerissen.

Als Ursache kann

- die geringe Liefermenge (2 m³),
- die Transportweite von 61 km
- und ein Ausbreitmaß von 41 cm (F38) angegeben werden.

Tandemrüttelbohle

Für die exakte Herstellung der Tragwerks-oberfläche wurde speziell für diese Baumaßnahme eine Tandemrüttelbohle mit drei Außenrüttlern gefertigt (Bild 6).

Stabile C-Profile wurden als Führungsschienen an den Verdübelungsbügeln lage- und höhenmäßig angeschweißt (Überhöhung in Brückenmitte 15 mm) (Bild 7).



Bild 7: Stabile C-Profile wurden als Führungsschienen an den Verdübelungsbügeln lage- und höhenmäßig angeschweißt.



Bild 8

Tragwerksbetonierung

Der Einbau des Transportbetons erfolgte mit einem Förderband. Anschließend wurde sorgfältig verdichtet. Vor der Rüttelbohle wurde der verdichtete Beton ca. 1–3 cm höher abgeglichen.

Mögliche Schwierigkeiten hinsichtlich der Standfestigkeit des Hochleistungsbetons durch die vorgegebenen Längs- und Querneigungen (2,3 % bzw. 4,3 %) wurden bei dieser Baumaßnahme durch die geringe Einbauhöhe von 15 cm und die oberen und unteren Bewehrungslagen ausgeglichen. Mithilfe der stabilen Führungsschienen und der Tandemrüttelbohle konnte eine exakte Oberfläche hergestellt werden. Ein Nacharbeiten der Randbereiche mittels Reibbrett war hingegen wegen der klebrigen Eigenschaften des Hochleistungsbetons fast nicht möglich. Um für die Oberfläche Griffbarkeit zu erreichen, wurde anschließend quer zur Fahrtrichtung ein so genannter Besenstrich aufgebracht (Bild 8).



Bild 9: Das Ergebnis – eine exakte, geschlossene und rissfreie Oberfläche der Fahrbahnplatte

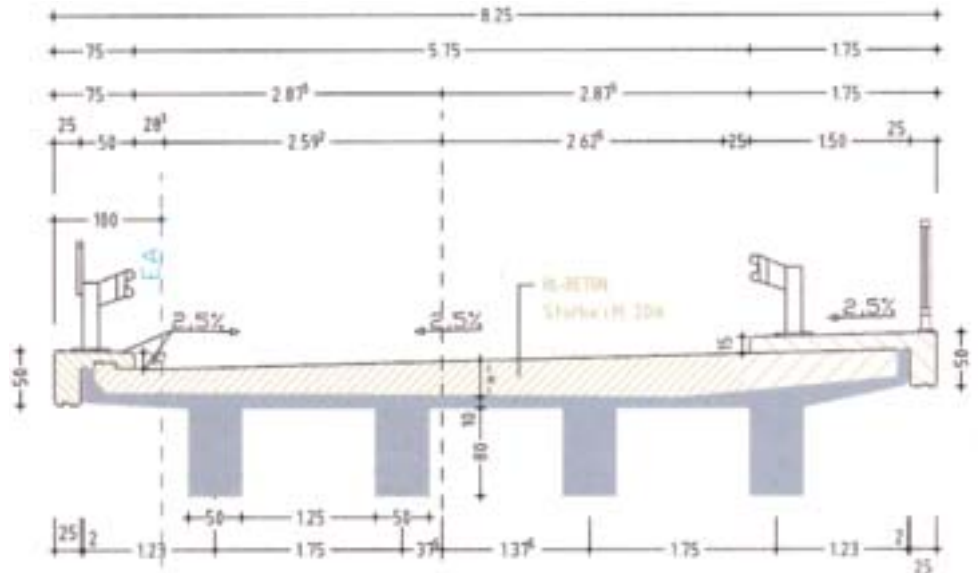


Bild 10: Weißbachbrücke STW 17 m, Fertigteile und Aufbeton mit Hochleistungsbeton
Detailprojekt: ZT DI Peter Schallaschek, Klagenfurt

Nachbehandlung

Unmittelbar auf die nun „fertige Oberfläche“ wurde zum Zwecke der Nachbehandlung auf den noch frischen Beton ein Verdunstungsschutzmittel aufgebracht.

Verwendet wurde ein gemäß RVS 11.064 II geprüfter Verdunstungsschutz der Firma Sika. Der Verdunstungsschutz (Antisol) mit einer Sperrwirkung von 95 % wurde mit ca. 0,2 kg/m² unmittelbar nach der Herstellung des Besenstriches aufgesprüht. [5]

Nach ca. zwei Stunden, kurz nach dem festgestellten Erstarrungsbeginn, wurde die Oberfläche des Tragwerkes abschließend mit einer PE-Folie mit Vliesauflage abgedeckt.

Das Ergebnis dieser doch aufwendigeren Verarbeitung von Hochleistungsbeton gegenüber „herkömmlichem Beton“ war eine exakte, geschlossene und rissfreie Oberfläche der Fahrbahnplatte.

Frost- und Tausalzbeständigkeit

Bei der Betonierung der Randleisten wurden zum Nachweis der Frost- und Tausalzbeständigkeit zwei Stück Beton-Probepplatten entnommen. Die Untersuchung wurde von

der Baustoffprüfstelle der Höheren Technischen Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt Villach gemäß Ö-Norm B3303 durchgeführt. Nach 25 Frost-, Tau-Wechseln waren an der geprüften Fläche vereinzelt kleinflächige Abspaltungen von geringer Tiefe feststellbar.

Die Abwitterungsmasse vom 5. bis zum 25. Frost-, Tau-Wechsel betrug 0,7 g, was einer bezogenen **Abwitterungsmasse von 9 g/m³** entspricht.

Der untersuchte Beton entspricht also hinsichtlich der Frost- und Tausalzbeständigkeit den Anforderungen der Ö-Norm B4200 10 Teil (max. 50 g/m³).

Preisvergleich

Der generelle Mehraufwand bei der Herstellung, Lieferung, Verarbeitung und Nachbehandlung von Hochleistungsbeton wird stets ein wesentlicher Faktor für die Kalkulation sein und einen höheren Preis verursachen.

Bei dieser Baumaßnahme – die erste Brücke mit Hochleistungsbeton in Kärnten – wirkten sich auf die Preisbildung folgende Kosten zusätzlich aus:

- Durchführung aller normenmäßigen Prüfungen und Untersuchungen (Eignungsprüfung, Frost- und Tausalzprüfung, Sieblinienuntersuchungen, Frischbetonprüfungen, Probetonierungen, erhöhter Verwaltungsaufwand)
- relativ geringe Liefermenge
- Entfernung vom Mischwerk zur Baustelle ca. 60 km.

Folgender Preisvergleich gilt ausschließlich für diese Baumaßnahme:

Vergleich mit der herkömmlichen Bauart mit Normalbeton)

1 m³ C25/30 B2
kostet frei Bau 87,- Euro.

1 m³ C50/60 B7 CEM I 32,5 R HS
C3A-frei F45 GK16
kostet frei Bau 124,- Euro.

Durch sinnvolle und intelligente Detaillösungen bei der Brückenkonstruktion reduziert sich dieser Mehrpreis beträchtlich. Die Gesamtkosten für diese Baumaßnahme ergeben aufgrund der Ausführung mit Hochleistungsbeton einem Mehrpreis von 3,5 %.



Bild 11: Landfraßbrücke STW 7 m, Tragwerk mit Hochleistungsbeton, keine Randbalken; Detailprojekt: Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 17, Brückenbau; DI Volker Bidmon



Bild 12: Landfraßbrücke – Brückengeländer seitlich montiert, keine Randbalken

Zieht man jedoch die besonderen Eigenschaften des Hochleistungsbetons in Betracht, amortisieren sich die höheren Herstellungskosten sehr rasch.

- hohe Festigkeit
- Frost- und Tausalzbeständigkeit
- hohe Dichte und Dauerhaftigkeit
- große Abriebfestigkeit

Zusammenfassung

Hochleistungsbeton zeichnet sich nicht nur durch seine hohe Festigkeit aus, sondern auch durch Eigenschaften wie Dauerhaftigkeit, hohe Dichte, hohe Abriebfestigkeit, hohe Frühfestigkeit und die Frost- und Tausalzbeständigkeit. Dadurch soll die Leistungsfähigkeit des Betons garantiert werden. Durch die hohen Festigkeiten können wesentlich schlankere Konstruktionen hergestellt werden. Die hohe Frühfestigkeit bringt besonders in der Fertigteilindustrie wirtschaftliche Vorteile. Weiters ergeben sich durch kürzere Ausschalzeiten auch Einsparungen bei der Bauzeit. Durch die Zugabe von Microsilica als Füller erhält man eine höhere Dichteit, Dauerhaftig-

keit und eine höhere Abriebfestigkeit.

Diese Eigenschaften zeichnen sich vor allem im Freien, bei Verkehrsbelastung, bei Behältern im Siedlungswasserbau, auf freibefahrenen Oberflächen bzw. bei Einwirken von atmosphärischen Schadstoffen besonders aus.

Durch die hohe Festigkeit, Dichtheit und Dauerhaftigkeit ergeben sich aber auch Leistungsdefizite:

- höheres Maß an Sprödigkeit
- geringere Duktilität
- höhere Hydratationswärme
- Neigung zu Selbst austrocknung.

Bei der Herstellung und Verarbeitung entsteht ein höherer Aufwand:

- höhere Materialkosten
- größerer Aufwand bei der Verarbeitung und der Nachbehandlung.

Abgesehen von der Festigkeit des Hochleistungsbetons sollte auch beachtet werden, welche Auswirkungen durch den niedrigen Wassergehalt und die Zusatzstoffe im frühen

Stadium der Erhärtung durch Rissbildung zu erwarten sind und inwieweit damit Grenzen für die Anwendung entstehen.

Eigenschaften wie die Sprödigkeit des Hochleistungsbeton können durch entsprechende konstruktive Maßnahmen vermindert werden.

Hochleistungsbeton ist sowohl als Baustoff als auch bei der Verarbeitung teurer als „herkömmlicher Beton“. Dennoch fällt vor allem in den USA, in Kanada, Norwegen und auch in Deutschland die Entscheidung immer häufiger zu Gunsten dieses Baustoffes aus. In den erwähnten Ländern wurde Hochleistungsbeton bereits in den verschiedensten Bereichen verwendet.

Ich glaube, dass bei intelligenten Detaillösungen, exakter Bauvorbereitung sowie entsprechendem Fachwissen Lösungen mit Hochleistungsbeton erarbeitet werden können, die einerseits wirtschaftlich vertretbar sind und andererseits dessen Vorteile und Leistungsfähigkeit hervorheben.