

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 67 (1999)
Heft: 1

Artikel: Frühfeste Betone für Verkehrsflächen
Autor: Werner, Rolf / Hermann, Kurt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153844>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Frühfeste Betone für Verkehrsflächen

Verkehrsflächen, die nur für kurze Zeit abgesperrt werden dürfen, können heute dank Fortschritten in der Betontechnologie in wenigen Stunden saniert werden.

Bei Instandsetzungen von stark frequentierten Verkehrsflächen wie Autobahnen sowie Start- und Landebahnen von Flughäfen und Bushaltestellen müssen die Sperrzeiten möglichst kurz sein. Dies bedingt, dass die verwendeten Materialien zügig eingebaut werden können und rasch die erforderlichen Festigkeiten erreichen.

Schadstellen in Betonstrassen werden deshalb oft mit Asphalt ausgebessert. Dabei handelt es sich in der Regel um oberflächige Notreparaturen, es sei denn, es werden ganze Platten oder grosse Plattenteile betroffen. Ihre Wirkungsdauer ist befristet.

Bei intakter Horizontalübertragung von Platte zu Platte sollten nicht einzelne Platten durch Asphaltplomben ersetzt werden. Dies darum, weil ein bituminöser Belag die durch Temperaturschwankungen verursachten Horizontalkräfte nicht aufnehmen kann [1]. Bei intensiver Sonneneinstrahlung dehnen sich die Betonplatten aus; sie drücken auf die Asphaltplombe. Diese wird zusammengedrückt und verwölbt sich.

Es erstaunt deshalb nicht, dass schon seit längerer Zeit nach dauerhafteren Instandsetzungsverfahren gesucht wird. Nahe lag, mit Beton selbst zu arbeiten. Die ständige Verbesserung der Betontechnologie er-



Plattenersatz: zum Betonieren vorbereitet.

Fotos: Rolf Werner, TFB

laubte, die dazu erforderlichen Verfahren zu entwickeln. Darüber wird hier berichtet. Nicht eingegangen wird auf kunststoffmodifizierte Mörtel und Betone, die ebenfalls zu Reparaturzwecken verwendet werden.

Was in Normen und anderen Regelwerken steht

In den für die Schweiz relevanten VSS-Normen steht wenig über schnelle Instandsetzungsabläufe und frühfeste Betone. Allerdings werden solche Möglichkeiten auch nicht im Vorhinein ausgeschlossen. Unter Ziffer 51 der Norm SN 640461 a [2] heisst es nämlich: «Auf neu erstellten

Belägen ist mit Ausnahme der Geräte für die Fugenfräsarbeiten vor 7 bis 10 Tagen kein Verkehr (Schwerverkehr) zulässig. Bei speziellen Massnahmen, wie z.B. bei der Verwendung von Beton mit hoher Anfangsfestigkeit kann diese Frist angemessen reduziert werden.»

In der Norm SN 640735 a [3] ist sogar vorgeschrieben, dass frühhochfeste Betone und Mörtel für Reparaturen einzusetzen sind, wenn Verkehrsflächen möglichst rasch freigegeben werden müssen.

Verwendet werden in der Regel frost- und frosttausalzbeständige Betone B 40/30. Mehr Wert als auf die

Aufbereitung von frühfestem Beton am Einsatzort.



dadurch definierte Druckfestigkeit wird auf die Biegezugfestigkeit gelegt, für die ein Mittelwert von $5,5 \text{ N/mm}^2$ nach 28 Tagen vorgegeben wird [2]; gemessen wird an Normprismen.

Bei Instandsetzungen in Deutschland wird meist die ZTV-StB 93 [4] hinzugezogen. Dort werden für Tagbaustellen, wo schwere Einbaugeräte nicht einsetzbar oder nicht wirtschaftlich sind, die folgenden Lösungen zugelassen:

- frühhochfester Strassenbeton mit Fließmittel (Hochleistungsbetonverflüssiger, HBV)
- «weicher» Strassenbeton mit Fließmittel.

Hinzuweisen ist hier auf den Umstand, dass «weicher» Strassenbeton mit Fließmittel nur in Bereichen mit sehr geringem Quer- und Längsgefälle verwendet werden kann. Frühhochfester Strassenbeton wird definiert als «Beton, der eine hohe Frühfestigkeit erreicht und bereits im jungen Alter hohen Beanspruchungen ausgesetzt werden kann» [4]. Verlangt werden unter anderem:

- Ausbreitmass 350–480 mm
- Verwendung von frühhochfestem Zement Z 45 F (entspricht ungefähr einem CEM I 42,5 R)
- mittlere Druckfestigkeit bei Verkehrsfreigabe: 28 N/mm^2 (Würfel mit 200 mm Kantenlänge)

Im Allgemeinen werden Instandsetzungsarbeiten bei Betonbelägen mit sogenannten «frühhochfesten Betonen» ausgeführt. Ausreichen würden allerdings frühfeste Betone, denn 28-Tage-Druckfestigkeiten $> 55 \text{ N/mm}^2$ sind bei Verkehrsflächen nicht unbedingt erwünscht. Als wichtiges Kriterium ist ohnehin die Biegezugfestigkeit anzusehen.

Rezepturen für frühfeste Betone

Frühfeste bzw. frühhochfeste Betone für Verkehrsflächen müssen verschiedenen Anforderungen genügen. Zu diesen zählen:

- Frischbeton ausreichend lange verarbeitbar
- Frischbeton auf feuchtem Untergrund einsetzbar
- ausreichend hohe Frühfestigkeit
- geringes Schwinden
- hohe Dauerhaftigkeit (insbesondere hohe Frosttausalzbeständigkeit).

Derart hochstehende Vorgaben lassen sich nur erreichen, wenn Zusatz-

mittel und Zusatzstoffe mit einem geeigneten Zement und sorgfältig ausgewählten sauberen Zuschlagmaterialien zu einem Beton mit niedrigem W/Z-Wert kombiniert werden. Zwei wichtige Komponenten sind dabei in der Regel Silicastaub [5] und ein Hochleistungsbetonverflüssiger (HBV) [6]. Ebenfalls erforderlich sind meist Luftporenmittel und gegebenenfalls Verzögerer bei längeren Transportwegen.

Frosttausalzbeständigkeit lässt sich prinzipiell auf zwei Arten erreichen: einerseits mit einem Beton, dessen Luftporenanteil zwischen 4 und 6 % liegt, andererseits mit sehr dichtem Beton (Silicastaub). Im deutschsprachigen Raum setzt man weitgehend auf Luftporenbetone.

Im Hinblick auf die Verwendung für Instandsetzungen von Betonstrassen wurde beispielsweise der in *Tabelle 1* aufgeführte Transportbeton näher untersucht [7]. Es wurde also ein sehr dichter Beton ohne künstlich eingeführte Luftporen hergestellt. Seine

Ausgangsstoffe		Mengen
Portlandzement	CEM I 42,5 R	450 kg/m ³
Zuschlag	0–16 mm	1785 kg/m ³
Wasser		150 kg/m ³
Silicastaub	in Suspension (7,8 Masse-% bezogen auf Zement)	35 kg/m ³
Fließmittel (HBV)	Naphthalinsulfonat/Melaminharz (< 46 ml/kg Zement)	< 21 l/m ³
Verzögerer (VZ)	Saccharose (4 ml/kg Zement)	2 l/m ³

Tab. 1 Zusammensetzung von frühhochfestem Beton nach [7].



**Einbau
von frühestem Beton**

Frischbetonkennwerte waren:

- Ausbreitmass bei Anlieferung 520 mm
- W/Z-Wert ungefähr 0,42
- Frischbetontemperatur 12 °C
- Frischbetonrohichte 2420 kg/m³.

Druck- und Biegezugfestigkeiten von ≥ 24 bzw. $\geq 5,5$ N/mm², die eine Verkehrsfreigabe erlaubt hätten, wurden nach etwa 18 Std. (Lagerung der Probenkörper bei 20 °C) bzw. nach rund 40 Std. (2–5 °C) erreicht. Beton dieser Zusammensetzung bewährte sich bei örtlichen Ausbesserungen auf einer Autobahnbrücke im Raum Stuttgart.

Auch bei frühesten Betonen darf die Nachbehandlung nicht vernachlässigt werden. Wie im übrigen Belagsbau hat sich die zweistufige Nachbehandlung – Aufsprühen von Curing compound und Abdecken mit Thermomatten – durchgesetzt. Die Matten werden unmittelbar vor der Verkehrsfreigabe entfernt.

Verkehrsfreigabe

Der Zeitpunkt der Freigabe von Verkehrsflächen ist bei Sanierungen unter Zeitdruck eine zentrale Frage. Eine bewährte, heute übliche Regel berücksichtigt die Druckfestigkeit in Funktion von der Plattenform:

- quadratische Platten:
60 % der geforderten 28-Tage-Druckfestigkeit

- übrige Plattenformen:

70 % der geforderten 28-Tage-Druckfestigkeit.

Die für die Verkehrsfreigabe erforderlichen Biegezugfestigkeiten werden mit diesen Vorgaben ebenfalls erreicht.

Mit Probekörpern, die während des Einbaus hergestellt werden, lässt sich der Zeitpunkt der Verkehrsfreigabe definitiv festlegen. Prismen als Probekörper haben den Vorteil, dass neben der Druck- auch die Biegezugfestigkeit bestimmt werden kann.

Autobahnen

Auf der A2 im Kanton Uri mussten vor einigen Jahren vereinzelt defekte Platten ausgewechselt werden.

Die Temperaturen waren tief. Für die Reparatur wurde Transportbeton verwendet:

- B 40/30, frosttausalzbeständig
- 350 kg CEM I 52,5/m³
- W/Z-Wert durchschnittlich 0,40
- Silicastaub 6–8 % der Zementmasse
- LP und HBV.

Die Entwicklung der Festigkeiten von frühestem Beton der oben stehenden Zusammensetzung ist in *Abbildung 1* dargestellt. Die in diesem Fall geforderte Biegezugfestigkeit von 1,7 N/mm² für die Verkehrsfreigabe wurde ganz offensichtlich sehr früh, nämlich nach weniger als 8 Std., erreicht.

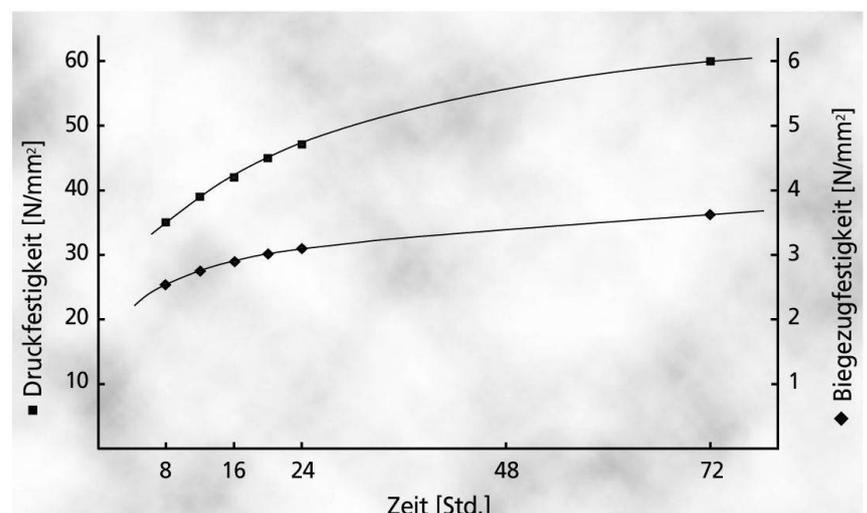


Abb. 1 Entwicklung der Biegezug- und der Druckfestigkeit von frühestem Reparaturbeton.

Nachbehandlung: Abdecken von mit Curing compound besprühter Reparaturstelle.



Übrigens:

In den Vereinigten Staaten wurden schon Ende der Achtzigerjahre Schnellzemente mit äusserst kurzer Abbindezeit und hoher Frühfestigkeit entwickelt [8]. Spezielle Zusätze wie Calciumfluoroaluminat bewirken, dass die für die Verkehrsfreigabe erforderlichen Festigkeitswerte bereits 3–4 Std. nach dem Einbau erreicht werden. Mit diesen Zementen und Zusätzen kann der Ersatz einer einzelnen Betonplatte bei sorgfältiger Planung in 8 Std. bewerkstelligt werden – vom Sperren des Fahrstreifens bis zur Verkehrsfreigabe. Die hohe Reaktivität des Frischbetons bedingt, dass der Beton vor Ort aufbereitet und sofort eingebaut wird. Mit derartigen amerikanischen

Zementen wurden 1990 an verschiedenen Orten in der Schweiz Reparaturen auf Betonfahrbahnen durchgeführt [8]. Dabei konnten die oben angegebenen kurzen Sperrzeiten realisiert werden; die Reparaturstellen sind heute noch intakt. Inzwischen sind derartige Zemente auch in Europa erhältlich. Sie kommen hauptsächlich bei Reparaturen von Flugverkehrsflächen zum Einsatz.

Flugpisten

Für die Sanierung einer Flugpiste wurde ein Reparaturbeton mit folgenden Eigenschaften vorgegeben:

- B 40/30, frostausalzbeständig
- Biegezugfestigkeit bei Pistenöffnung 2,5 N/mm²

- Beton auf Zementbasis.

Die Sanierung erfolgte während der Nacht, die Piste musste jeweils morgens um 10 Uhr freigegeben werden.

Die mit der Arbeit betraute Unternehmung wählte einen Spezialzement als Bindemittel, in dem der Hochleistungsbetonverflüssiger bereits integriert war. Silicastaub wurde nicht verwendet, wohl aber ein Luftporenmittel (1,1 % der Zementmasse). Der Luftporengehalt des Frischbetons lag um 5,0 Volumen-%, der W/Z-Wert um 0,44. Der Beton wurde bei der Einbaustelle aufbereitet. Alle Komponenten sowie die Misch- und Arbeitsgeräte wurden mit Warmwasser vorgewärmt, und der eingebaute Beton wurde mit Thermomatten vor Wärmeverlust geschützt.

Vor der Pistenfreigabe wurden die sanierten Flächen mit dem Schmidt-Hammer auf ihre Druckfestigkeit untersucht. Dieses Verfahren wurde gewählt, weil sich die Frühfestigkeiten bei den sanierten Flächen und bei den Probepismen kaum vergleichen liessen.

Die Biegezugfestigkeiten nach einem Tag betragen $(5,5 \pm 0,8)$ N/mm², die Druckfestigkeiten $(21,8 \pm 2,6)$ N/mm². Nach 28 Tagen wurden Werte von $(7,7 \pm 1,3)$ N/mm² bzw. $(47,2 \pm 6,0)$ N/mm² erreicht.

LITERATUR

- [1] Norm SN 640 736: «Erhaltung von Betonbelägen – Instandsetzung und Verstärkung» (Ausgabe 1995).
- [2] Norm SN 640 461 a: «Betonbeläge» (Ausgabe 1994).
- [3] Norm SN 640 735 a: «Erhaltung von Betonbelägen – Reparatur» (Ausg. 1996).
- [4] Kommentar zur ZTV Beton-StB 93: «Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton», Kirschbaumverlag, Bonn (1993).
- [5] Hermann, K., «Zusatzstoffe: Silicastaub», Cementbulletin 63 [7], 3–7 (1995).
- [6] Hermann, K., «Zusatzmittel: BV und HBV», Cementbulletin 62 [10], 3–7 (1994).
- [7] Manns, W., und Neubert, B., «Frühhochfester Beton für Verkehrsflächen – Untersuchungen zum Einsatz bei Reparaturmassnahmen», Beton 45 [5], 312–316 (1995).
- [8] «Beton erhärtet innerhalb von nur vier Stunden», Schweizer Baublatt 1990 [68], 40–42.
- [9] Grahke, C., und Moss, T., «Hochfester Beton im Strassenbau – Einsatz beim Bau der Autobahn E 6 in Schweden», Beton 44 [7], 372–375 (1994).

Verwandte Anwendung

In Schweden wurde hochfester Beton auf einem hochbelasteten Autobahnabschnitt (Autobahn E 6 zwischen Heberg und Långås) eingebaut [9]. Verlangt waren eine hohe Frosttausalzbeständigkeit und eine gute Abrasionsbeständigkeit (Spikes!). Der schliesslich eingesetzte Beton enthielt 5 % Silicastaub (bezogen auf Zementgehalt), hatte einen W/Z-Wert von 0,36 und wies einen Luftgehalt von 5–6 % auf. Die Druckfestigkeit des Belags war grösser als 80 N/mm². Als Aufbau wurde gewählt:

- Unterbau als Frostschuttschicht, bestehend aus Splitt (50 cm) und Kies (5 cm)
- hydraulisch gebundene Tragschicht (15 cm)
- Unterbeton B 80 (16 cm, Splitt)
- Oberbeton B 80 (6 cm, Durasplitt mit Grösstkorn 22 mm)
- zweilagiger Betoneinbau frisch in frisch
- Verzögerer aufgespritzt, Oberfläche mit Kunststoffolie abgedeckt
- Oberfläche nach rund 24 Std. abgebürstet
- Nachbehandlung mit Wasser

Bushaltestellen

An Beläge von Bushaltestellen werden ebenfalls hohe Anforderungen gestellt. Zudem sollen die Verkehrsflächen bei Sanierungen möglichst schnell wieder benutzbar sein. Die Antwort auf diese Vorgaben sind frühfeste Betonbeläge, die auch bei Neubauten von Bushaltestellen zunehmend verwendet werden. Beim Einsatz einer in der Schweiz erprobten Betonrezeptur kann mit folgendem Zeitplan operiert werden:

- 1. Tag:
Entfernung des alten Belags, Vorbereitungen für den Einbau des neuen Belags
- 2. Tag:
Betonieren, Nachbehandeln, Schneiden der Fugen in der folgenden Nacht (Zeitpunkt durch Erhärtungsgeschwindigkeit des Betons bestimmt)
- 3. Tag:
Verkehrsfreigabe
Die Fugen werden erst nach rund drei Wochen abgedichtet, wenn der Beton etwas «ausgetrocknet» ist (optimale Haftung der Dichtungsmasse).

In *Tabelle 2* sind die wichtigsten Daten für einige 1998 erstellten Bushaltestellen in einer Schweizer Stadt zusammengestellt.

Zusammenfassung

Die in diesem Bericht erwähnten Beispiele zeigen, dass nach dem Betonieren von Verkehrsflächen nicht – wie dies oft angenommen wird – 28 Tage bis zur Verkehrsfreigabe gewartet werden muss. Grundsätzlich stehen zwei Verfahren im Vordergrund:

- Mit frühfestem Beton, der mit einem Spezialzement am Einbauort

aufbereitet wird, können Verkehrsflächen 4–12 Std. nach dem Betonieren wieder befahren werden. Dieses Verfahren eignet sich nur für kleine Flächen.

- Für Verkehrsflächen, die 24 Std. nach dem Einbau des Betons wieder befahrbar sein müssen, eignen sich frühfeste bzw. frühhochfeste Betone, hergestellt mit CEM I 42,5 oder CEM I 52,5 sowie Zusätzen (Silicastaub und HBV). Diese können in Fertigbetonanlagen aufbereitet und auch grossflächig eingesetzt werden.

Vorversuche zur Bestätigung der geforderten Frühfestigkeiten sind unumgänglich.

Rolf Werner und Kurt Hermann, TFB

Betonsorte	B 45/35
Zement	350 kg CEM I 42,5/m ³
W/Z-Wert	< 0,45
Hochleistungsbetonverflüssiger (HBV)	1,5 % der Zementmasse
Silicastaub	25 kg/m ³
Luftporenmittel (LP)	0,4 % der Zementmasse
Umgebungsbedingungen	
– Lufttemperatur bei Einbau	8–13 °C
– Frischbetontemperatur bei Einbau	11–17 °C
Druckfestigkeiten	
– nach 1 Tag	23–33 N/mm ²
– nach 7 Tagen	51–55 N/mm ²
– nach 28 Tagen	53–60 N/mm ²
Biegezugfestigkeiten	
– nach 1 Tag	3,5–5,4 N/mm ²
– nach 7 Tagen	7,1–8,0 N/mm ²
– nach 28 Tagen	7,4–8,9 N/mm ²

Tab. 2 Frühfester Beton für Bushaltestellen: Zusammensetzung und Festbetoneigenschaften.