

# Vielseitig verwendbarer Transportbeton

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **66 (1998)**

Heft 4

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153836>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



# Vielseitig verwendbarer Transportbeton

Zwei Drittel des in der Schweiz verbrauchten Zements gehen in die Transportbetonproduktion.

Im Jahr 1903 liess der Hamburger Regierungsbaumeister a. D. Jürgen Hinrich Magens (1857–1925) einen Kubikmeter stationär hergestellten Beton zu einer 11 km entfernten Baustelle transportieren. Als Transportmittel für den ersten dokumentierten Transportbeton diente ein von Pferden gezogenes Spezialfahrzeug. Damit der Beton während des Transports nicht erhärtete, wurde er auf Gefriertemperatur abgekühlt [1]. Magens liess sein Verfahren patentieren. Das verhinderte aber nicht, dass es in Europa in Vergessenheit geriet und erst auf dem Umweg über die Vereinigten Staaten wieder auf unseren Kontinent gelangte. Das erste Schweizer Transportbetonwerk wurde 1933 in Betrieb genom-

men. Heute werden rund 90 % des Transportbetons in Anlagen von Mitgliedern des Verbands Schweizerischer Transportbetonwerke (VSTB) hergestellt, wobei 1996 über 67 % des in der Schweiz verbrauchten Zements verarbeitet wurden. Produziert wurden rund 8,3 Mio. m<sup>3</sup> Transportbeton, was einem Verbrauch von 1,18 m<sup>3</sup>/Einwohner entsprach. In *Tabelle 1* sind Zahlen zur Transportbetonproduktion in ausgewählten Ländern zusammengestellt. In der Schweiz, aber auch in Frankreich, Deutschland und Österreich werden 100 % des Transportbetons nach dem Zentralmischverfahren hergestellt: Der fertig gemischte Frischbeton wird bei der stationären Misanlage mit geeigneten Fahr-

zeugen (Kipplastwagen, Muldenfahrzeuge oder Fahrmischer) übernommen und zur Baustelle transportiert. Vor allem in warmen Ländern wie Italien wird Transportbeton in entsprechend ausgerüsteten Fahrmischern während der Fahrt zur Baustelle oder direkt auf der Baustelle gemischt. Die folgenden Angaben beziehen sich auf zentral gemischten Transportbeton.

**Voraussetzungen für den Erfolg** Transportbetonwerke sind dank moderner Ausrüstungen in der Lage, eine Vielzahl verschiedener Betonsorten herzustellen und so auch auf nicht alltägliche Wünsche von Kunden einzugehen. Damit aber dauerhafte Bauwerke entstehen können,

Über kurze Strecken können auch Kipplastwagen zum Betontransport eingesetzt werden.



Foto: Willi Ingold, Solothurn

müssen verschiedene Spezialisten zusammenarbeiten. Ihre Verantwortlichkeiten und Aufgaben sind in der Norm SIA 162 «Betonbauten» [3] geregelt. In einem «Cementbulletin» wurde darauf eingegangen [4]. Ebenfalls bereits im «Cementbulletin» behandelt wurden die Frischbetonkontrollen, die ein sehr wichtiger Mosaikstein auf dem Weg zum dauerhaften Betonbauwerk sind [5].

Betone, an die keine besonderen Anforderungen gestellt werden, also beispielsweise ein Beton B 35/25, bereiten im allgemeinen weder bei der Herstellung, noch beim Transport und beim Einbringen Probleme. Bei Transportbetonen mit besonderen Eigenschaften ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass Schwierigkeiten auftreten. Stichwörter sind beispielsweise Transportdistanz und Transportdauer, Betontemperatur, Luftporengehalt oder Konsistenz bzw. Verarbeitbarkeit.

#### **Schnell produziert – schnell verarbeitet**

Wie lange Transportbeton nach dem Mischen der Ausgangsmaterialien transportiert und noch verwendet werden darf, darüber gehen nicht nur die Meinungen von Produzenten und Anwendern auseinander: Auch die relevanten Vorschriften in den

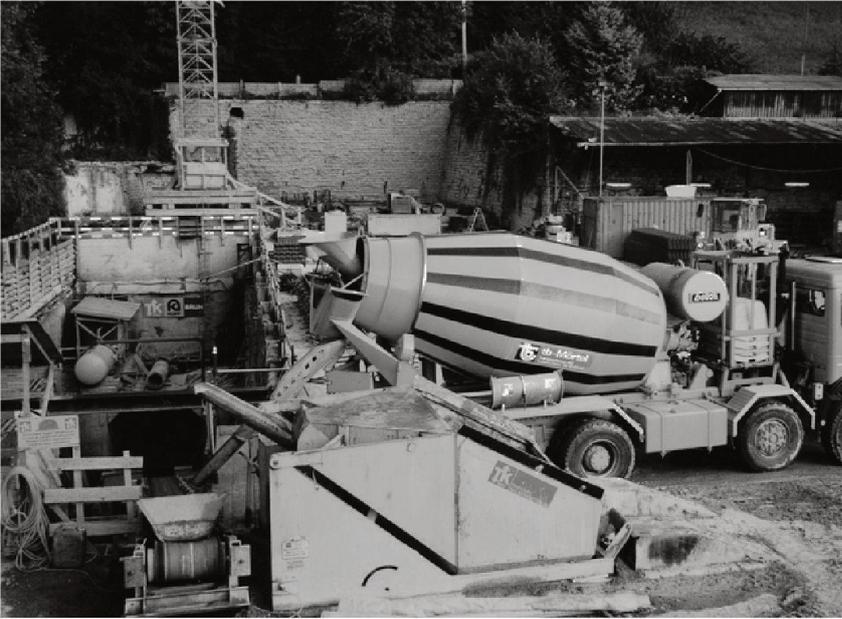


Normen verschiedener Länder sind recht uneinheitlich. Theoretisch kann diese Zeitspanne dank betontechnologischer Vorkehrungen über einen grossen Bereich erstreckt werden. Aus ökologischen und/oder ökonomischen Gründen wird aber je länger je mehr der weitgehende oder vollständige Verzicht auf Zusatzmittel gefordert. Dies ist in vielen Fällen möglich – wenn der Frischbeton schnell verarbeitet werden kann. Der VSTB propagiert denn auch in einer kürzlich erschienenen Broschüre [6] den Einsatz von Zusatzstoffen und Zusatzmitteln nach der Devise: «Nur

soviel wie nötig – sowenig wie möglich».

Aufgrund von Erfahrungen sollte die Zeit zwischen der Herstellung und dem Einbringen des Frischbetons unabhängig von der Betonzusammensetzung möglichst kurz sein. (Praktiker sprechen von maximal 60 Minuten.) Nach DIN 1045 beträgt sie beim Betontransport im Fahrmischer beispielsweise maximal 90 Minuten, allerdings nur bei günstigen Witterungsbedingungen; wesentlich kürzer ist sie beim Betontransport in Mulden oder Kippfahrzeugen. Bei höheren Temperaturen muss sie ver-

Foto: Transportbeton AG, Luzern



Moderner Fahrnischer.

Foto: Kurt Hermann, TFB



Transportbeton ist zu jeder Jahreszeit einsetzbar – auch im Winter, wenn die notwendigen Vorkehrungen getroffen werden [18].

kürzt werden, bei Beton mit Verzögerer darf sie jedoch «angemessen überschritten werden» [7].

### Konsistenzverbesserungen

Die exakte Steuerung der Konsistenz von Frischbeton über einen grösseren Zeitraum ist schwierig. Vor allem bei längeren Transportstrecken lassen sich unplanmässig verlängerte Fahrzeiten nicht immer vermeiden. Und im Sommer kann sich auch die Wärme negativ auf die Konsistenz auswirken. Das Resultat: Der Transportbeton ist bei der Ankunft auf der Baustelle nicht mehr oder nur

noch schlecht verarbeitbar. Die Versuchung, dieses Problem durch die Zugabe von Wasser zu lösen, ist gross. Tatsächlich gibt es Länder – Beispiele sind USA und Frankreich – wo eine Wasserzugabe in dieser Situation unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt ist [8]. In der Schweiz (und auch in Deutschland und Österreich) ist sie aber untersagt, was leider nicht heisst, dass sie in jedem Fall unterbleibt.

Ein toleriertes Verfahren zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit des Transportbetons auf der Baustelle besteht darin, Verflüssiger (BV) oder

Hochleistungsverflüssiger (HBV) nachzudosieren [9], wenn entsprechende Vorversuche gemacht worden sind. Bei einigen Produkten wird sogar empfohlen, diese Betonzusatzmittel erst auf der Baustelle in den Fahrnischer zu geben. In jedem Fall muss nach der BV- oder HBV-Zugabe pro  $m^3$  Frischbeton während mindestens 1 min gemischt werden (mit Uhr kontrollieren!).

Allerdings: Im Entwurf zur europäischen Norm EN 206, der prEN 206 (Version April 1997) [10], ist folgendes Vorgehen vorgesehen: «Falls die Konsistenz bei Lieferung des Betons steifer als festgelegt und der Beton noch in einem Fahrnischer ist, darf die Konsistenz durch die Zugabe von Wasser und/oder Zusatzmitteln, z. B. Fließmitteln, auf den festgelegten Wert unter der Voraussetzung gebracht werden, dass die Grenzwerte des Wassers oder Zusatzmittels, die nach Leistungsbeschreibung und dem jeweils festgelegten, höchstzulässigen Wasserzementwert erlaubt sind, nicht überschritten

| Land            | Produktionsstart | Anlagen | Transportbetonproduktion [Mio. m <sup>3</sup> /a] | Betonverbrauch [m <sup>3</sup> /Kopf] | Anteil Transportbetonindustrie an Zementverbrauch [%] | Zentralmischung/Fahrmischermischung <sup>1</sup> | Durchschnittlicher Transportweg [km] <sup>1</sup> |
|-----------------|------------------|---------|---|---------------------------------------|---|--|---|
| Deutschland     | 1903             | 2 630   | 64,4  | 0,79                                  | 55  | 100/0  | 15  |
| Frankreich      | 1933             | 1 586   | 28,5  | 0,51                                  | 41  | 100/0  | 15  |
| Grossbritannien | 1930             | 1 150   | 20,9  | 0,40                                  | 50  | 20/80  | 5   |
| Italien         | 1962             | 2 400   | 60,8  | 1,10                                  | 44  | 1/99   | 15  |
| Niederlande     | 1948             | 185     | 8,0   | 0,50                                  | 52  | 70/30  | 32  |
| Österreich      | 1961             | 331     | 9,1   | 1,20                                  | 44  | 100/0  | 19  |
| Schweden        | 1932             | 210     | 2,2   | 0,25                                  | 62  | 100/0  | 30  |
| Schweiz         | 1933             | 300     | 8,3   | 1,18                                  | 67  | 100/0  | 10  |
| USA             | 1913             | 10 000  | 192   | 0,74                                  |   |  |   |

<sup>1</sup> Diese Angaben beziehen sich nur auf die Mitglieder der Ermco (Europäischer Transportbetonverband).

**Tab. 1** Ausgewählte Zahlen aus dem Jahr 1996 zur Transportbetonindustrie, zusammengestellt von der Ermco, dem europäischen Transportbetonverband [2].

werden. Die Mengen des jeweils in den Fahrmischer zugegebenen Wassers oder Zusatzmittels müssen in jedem Fall auf dem Lieferschein vermerkt werden.»

Man beachte, dass der festgelegte W/Z-Wert nicht überschritten werden darf. Dies ist verständlich, bewirkt doch eine Wasserzugabe von 10 l/m<sup>3</sup> Frischbeton eine Abnahme der 28-Tage-Druckfestigkeit um 2–4 N/mm<sup>2</sup> [11, 12].

### Anspruchsvolle Transportbetone

Neben den üblichen Routineanwendungen werden auch laufend Transportbetone produziert und eingebracht, die nicht alltägliche Eigenschaften aufweisen. Ein erstes Beispiel sind die

#### Kantonsbetone

Verschiedene Kantone stellen an Betone für bestimmte Bauvorhaben definierte Anforderungen. So wird im Kanton Luzern für Kunstbauten ein Beton B 45/35 mit unter anderem folgenden Eigenschaften vorgeschrieben:

- Zementgehalt 350 kg CEM I pro m<sup>3</sup>
- frostbeständig und wasserdicht
- Wasserzementwert bei Verarbeitung maximal 0,45

- Temperatur bei Verarbeitung maximal 25 °C
- Konsistenz nach Walz bei Abgabe auf der Baustelle zwischen 1,12 und 1,16 (Kranbeton) bzw. zwischen 1,08 und 1,12 (Pumpbeton)
- Mikroluftporengehalt ≤ 3 %

Weitere Vorschriften betreffen die Zuschlagstoffe.

Ohne Verflüssiger (BV) oder Hochleistungsverflüssiger (HBV) sowie Luftporenmittel (LP) kann ein derartiger Beton nicht hergestellt werden. Probleme bei längeren Transportzeiten und/oder erhöhten Aussentemperaturen sind vor allem beim Luftporengehalt und bei der Konsistenz zum Zeitpunkt der Verarbeitung beobachtet worden.

#### Gekühlter Frischbeton

Die extrem schlanken, maximal 32 m hohen Betonpfeiler einer Autobahnbrücke über die Saale in Deutschland sollten möglichst schrumpfrissfrei sein. Um dies zu erreichen, sollte die Einbautemperatur möglichst niedrig gehalten werden, damit die pro Arbeitsgang benötigten 750 m<sup>3</sup> Transportbeton auf den gleichen Hydrationszeitpunkt gebracht werden konnten. Dazu wurde jede Fahr-

mischercharge von maximal 30 °C auf 10–12 °C heruntergekühlt. Als Kühlmittel diente flüssiger Stickstoff von –196 °C, der exakt dosiert über eine Lanze in den Transportbeton in der langsam drehenden Trommel eingedüst wurde. Die Kühlzeit betrug etwa 10–15 Minuten, je nach Ausgangstemperatur. Auf dem Weg zur Betonpumpe wurde weiter gemischt, um einen vollständigen Temperaturengleich zu erzielen [13].

#### Hochfester Beton

Die Herstellung von hochfestem Transportbeton wurde unter anderem in Deutschland untersucht [14, 15]. Für freistehende, stark bewehrte Stützen wurde die in *Tabelle 2* zusammengefasste Betonzusammensetzung gewählt. Die Transportdistanz betrug 7 km bzw. 30 min (Stadtverkehr). Während dieser Zeit nahm das Ausbreitmass um 8–10 cm ab. Durch die Zugabe von HBV wurde es auf der Baustelle wieder auf 54 cm erhöht. Die Druckfestigkeit entwickelt sich folgendermassen: 56 N/mm<sup>2</sup> nach 3 Tagen, 72 N/mm<sup>2</sup> nach 7 Tagen, 87 N/mm<sup>2</sup> nach 28 Tagen und 94 N/mm<sup>2</sup> nach 56 Tagen.

|                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| CEM I 42,5 R                     | Z = 450 kg/m <sup>3</sup> |
| Zuschlag                         |                           |
| – Sand 0/2                       | 35 Masse%                 |
| – Kies 2/8                       | 20 Masse%                 |
| – Kies 8/16                      | 45 Masse%                 |
| Silicastaub (Slurry, 50% Wasser) | S = 45 kg/m <sup>3</sup>  |
| Zusatzmittel:                    |                           |
| – BV                             | 2,7 l/m <sup>3</sup>      |
| – HBV                            | 10,8 l/m <sup>3</sup>     |
| – VZ                             | 1,8 l/m <sup>3</sup>      |
| Wasserbindemittelwert (W/Z+S)    | 0,33                      |

Tab. 2 Zusammensetzung eines hochfesten Transportbetons (B 85 nach DIN) [15].

### Langzeitverzögerter Beton

Dank den Entwicklungen auf dem Gebiet der Betonzusatzmittel sind theoretisch und praktisch sehr grosse Zeitintervalle zwischen Herstellung und Verarbeitung von Frischbeton realisierbar geworden. Verantwortlich dafür sind sogenannte «Stabilisatoren», die weit wirkungsvoller als Verzögerer (VZ) in das Frühstadium der Zementhydratation eingreifen. Im Gegensatz zu konventionellen VZ, die normalerweise 3 bis 24 Std. wirken, können Betonmischungen mit Stabilisatoren während mehreren Tagen stabilisiert werden. Mittels eines «Aktivators» lässt sich die Stabilisierung jederzeit durch kurzes Durchmischen aufheben [16]. Hauptanwendungsgebiete von stabilisierten Betonen sind Spritzbetone. Für Transportbeton relevant sind Nassspritzbetone. Beschrieben ist beispielsweise eine Anwendung in Deutschland, bei der langzeitverzögerter Spritzbeton für die Vortriebsicherung und die Herstellung der Aussenschale eines Tunnels in der Nähe von Bonn verwendet wurde [17]. Der Beton wurde in einem 18 km entfernten Transportbetonwerk gemischt. Bei seiner Ankunft auf der Baustelle betrug das Ausbreitmass jeweils 38–42 cm. Wenn Beton im Tunnel gebraucht wurde, wurde das Ausbreitmass des Betons

durch das Beimischen eines Verflüssigers auf 45–50 cm erhöht, dann wurde im Dichtstrom durch eine Betonpumpe zur Spritzdüse gefördert. Der Aktivator (Beschleuniger) wurde dort über eine automatisch gesteuerte Dosieranlage beigefügt. Abgesehen davon, dass jederzeit Frischbeton zur Verfügung stand, wurde auch die

Tatsache geschätzt, dass die Rohrleitungen und Schläuche des Spritzmobils nur bei längeren Unterbrüchen entleert und gereinigt werden mussten. (Langzeitverzögerte Betone werden auch bei der Realisierung von Alptransit eine Rolle spielen.)

Kurt Hermann, TFB

### Literatur

- [1] «Die Wiege stand in Hamburg – Jürgen Hinrich Magens erfand 1903 den Transportbeton», Beton 44 [3], 160–162 (1994).
- [2] «Report of members activities 1996–1997», European Ready Mixed Concrete Organization (Ermco).
- [3] Norm SIA 162: «Betonbauten» (Teilrevision 1993).
- [4] Hermann, K., «Zusammenarbeit von Fachleuten», Cementbulletin 62 [5], 3–7 (1994).
- [5] Hermann, K., «Frischbetonkontrolle» Cementbulletin 61 [18], 1–8 (1993).
- [6] VSTB-Broschüre: «Beton: umweltfreundlicher Baustoff mit umweltschonender Herstellung».
- [7] DIN 1045: «Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung» (Ausgabe 1988).
- [8] Takeyama, M., «Present technology of ready-mixed concrete and future prospects», Magazine of Concrete Research 48 [176], 199–209 (1996).
- [9] Hermann, K., «Zusatzmittel: BV und HBV», Cementbulletin 62 [10], 3–7 (1994).
- [10] prEN 206: «Beton – Eigenschaften, Herstellung und Konformität» (Entwurf April 1997).
- [11] Norm SIA 162/1: «Betonbauten – Materialprüfung» (Ausgabe 1989).
- [12] Krell, J., Dahlhoff, U., und Vissmann, H.-W., «Temperaturabhängigkeit von Betoneigenschaften – Anpassen der Betonzusammensetzung erforderlich», Beton 44 [11], 668–670 (1994).
- [13] Goldstein, W., und Rühr, U., «1A-Beton durch Stickstoffkühlung», Strassen- und Tiefbau 44 [2], 24 (1996).
- [14] Budnik, J., und Wassmann, K., «Hochfester Transportbeton B 85 – Technische Voraussetzungen, Bonttechnologie und Qualitätssicherung», Beton 47 [4], 189–193 (1997).
- [15] Chipczynska, E., Ehrlich, N., und Lietzmann, M., «Praktischer Einsatz von Mikrosilika», Beton 46 [10], 604–605 (1996).
- [16] Hermann, K., «Zusatzmittel: VZ», Cementbulletin 62 [12], 3–7 (1994).
- [17] Krüger, G., «Langzeitverzögerter Transportbeton für Spritzbeton», Beton 48 [1], 26–29 (1998).
- [18] Hermann, K., «Betonieren bei tiefen Temperaturen», Cementbulletin 66 [1], 3–7 (1998).