

Pumpbetone

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **64 (1996)**

Heft 10

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153819>

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.

Pumpbetone

Das Pumpen von Beton ist eine produktionssteigernde, kostengünstige Methode beim Bauen mit Beton.

Betonieren der Bodenplatte einer Kunsteisbahn.

Foto: Willi Ingold, Solothurn

Auf Baustellen muss der Beton vom Mischer oder vom Transportfahrzeug aus möglichst schnell und unverändert zur Einbaustelle gelangen: Er soll sich nicht entmischen sowie weder austrocknen noch verwässert und weder zu stark erwärmt noch zu stark abgekühlt werden. Dies wird meistens auf eine der folgenden Arten geschehen:

- direkter Einbau vom Fahrmischer aus
- Fördern in Gefässen wie Krankübeln, Kübeln von Schwebebahnen oder «Japanern». Dafür eignet sich jeder Beton.
- Fördern auf Bändern, die teilweise am Fahrmischer angebaut sind; vor allem im Strassenbau verbreitet
- Fördern in Rohrleitungen durch Pumpen

Gründe für den Einsatz von Pumpbeton können sein: prekäre Platzverhältnisse auf der Baustelle, schwer zugängliche Bauteile, Fehlen eines Baukrans, Überbrückung von unwegsamem Gelände, Schutz von Rasen, Pflanzen und Bäumen oder ganz einfach Kosteneinsparungen durch hohe Einbringleistungen. Zu den wichtigen Anwendungen neben dem alltäglichen Einsatz gehören der Bau von Hochhäusern, das Einbringen von Unterwasserbeton, der Betontransport

im Tunnel-, Stollen- und Bergbau. Unter Umständen können auch in Fertigteilverken Leistungssteigerungen gegenüber der Kranförderung erzielt werden. Eine Auswahl von Pumpbetonanwendungen ist in *Tabelle 1* zusammengefasst. Bei den nachfolgenden Betrachtungen ist zu berücksichtigen, dass das Pumpen von Beton nicht nur von den Geräten her einiges erfordert. Der vorliegende Artikel kann deshalb nur einen kleinen Teil des komplexen Themas abdecken.

Betonpumpen und Zubehör

Die erste Betonpumpe wurde bereits 1913 in den USA verwendet. Der Durchbruch erfolgte allerdings erst in den 50er Jahren mit der Entwicklung von Pumpen mit hydraulischem Antrieb. Heute werden hauptsächlich Rotor- und Kolbenpumpen eingesetzt [1]. In der Schweiz sind fast ausnahmslos Kolbenpumpen anzutreffen, die stärker und dementsprechend leistungsfähiger als Rotorpumpen sind.

Pumpen können stationär, auf speziellen Lastwagen montiert oder mit Fahrmischern kombiniert sein. Mit den gegenwärtig angebotenen Verteilmasten lassen sich Reichweiten und Reichhöhen bis etwa 60 m errei-

chen. Eine Zusammenstellung von Daten zu kommerziell erhältlichen Pumpen und Verteilmasten ist in *Tabelle 2* enthalten.

Grössere Distanzen werden mit Rohrleitungen überwunden. Bewährt haben sich Stahlrohre mit 100 bis 125 mm Durchmesser und 3 m Länge. Flexible Rohre aus verstärktem Gummi weisen im allgemeinen einen grösseren Widerstand gegen Betonbewegungen auf als entsprechende Stahlrohre. Sie werden hauptsächlich bei Umbauarbeiten und Sanierungen, für Kurven, Bereiche mit schwierigem Untergrund und Verbindungen zu sich bewegenden Kranen eingesetzt.

Betone zum Pumpen

Beton, der durch eine Rohrleitung gefördert werden soll, muss derart zusammengesetzt und hergestellt sein, dass er unter dem Einfluss der auf ihn wirkenden Kräfte wie ein Zylinder oder Pfropfen durch die Rohrleitung gedrückt wird, ohne sich dabei zu entmischen. Wichtig ist vor allem, dass er soviel Mörtel enthält, dass alle groben Zuschlagkörner davon umhüllt sind und an den Rohrwänden eine Gleitschicht entsteht. Beton mit zu wenig Mörtel hat einen hohen Förderwiderstand und ist schlecht oder überhaupt nicht pumpbar. Mörtel-

Baustelle	Förderdistanz	Beton	Korngrösse	m ³ /Std.	Zusatzmittel
Bauteile	Rohrdurchmesser	Zementdosierung			
Gewerbehäus	125 m	B 40/30	0–32 mm	35–80	1,0% HBV
Bodenplatten, Wände, Pfeiler, Decken	125 mm	330 kg CEM I/m ³			
Gewerbehäus	180 m	B 35/25 WD, B 35/25	0–32 mm	40–80	0,8–1,2% HBV
Bodenplatten, Decken, Wände, Pfeiler	125 mm	300 kg CEM I/m ³			
Umbau, Sanierung Spital	20–80 m	B 35/25 WD	0–16 mm	10–20	Verzögerer
Bodenplatten, Decken	100 mm	250 kg CEM I/m ³ , 50 kg FA/m ³			
Umbau	55 m	B 35/25	0–16 mm	26	
Umnutzung Archivraum	100 mm	330 kg CEM I/m ³			
Pfählingen für Deckelbauweise	70 m	10 N/mm ²	0–16 mm	5–13	Verzögerer
	100 mm	150 kg CEM I/m ³ , 175 kg FA/m ³			
Stollenbau	130 m	B 35/25	0–16 mm	20–30	
Fahrbahnplatte für Bohrerät	100 mm	330 kg CEM I/m ³			
Stollenbau	280 m	B 35/25	0–16 mm	25	
Hohlraum Frischwasserstollen, Frischwasserrohr	100 mm	250 kg CEM I/m ³ , 150 kg FA/m ³			
Sanierung Nationalstrassenbau	50 m	B 45/35	0–32 mm	5–10	1,2% HBV 0,2% VZ 0,2% Pumpherle
Pfeiler, Fundationen	100 mm	330 kg CEM I/m ³			
Sanierung Nationalstrassenbau	90 m	B 35/25	0–4 mm (45%) 4–8 mm (55%)	5	1,5% HBV 0,2% VZ 0,2% LP
Innenraum Hohlkörper, Bodenplatte	100 mm	330 kg CEM I/m ³ , 50 kg FA/m ³			
Bachverbauung	170 m	B 35/25	0–32 mm	18–20	0,5% HBV
	125 mm	325 kg CEM I/m ³			

Tab. 1 Anwendungsbeispiele von Pumpbeton [8].

arme Betone mit hohem Wassergehalt sind anfällig auf Verstopfungen der Rohrleitungen.

Zement

In der Praxis haben sich Zemente mit Blaine-Werten zwischen 3000 und 5000 cm²/g bewährt. Feinere Zemente erhöhen den Förderdruck [2, 3]. Die Erhöhung der Zementmenge bei Pumpproblemen ist meist keine Lösung: In der Regel bringt eine verbesserte Kornzusammensetzung wesentlich mehr [4].

Zuschlagstoffe

Der Grösstkorndurchmesser des Zuschlagmaterials sollte nicht mehr als $\frac{1}{3}$ der Nennweite der Rohrleitung sein. Sehr gute Erfahrungen wurden mit Zuschlagstoffen gemacht, deren Grösstkorn 16 oder 32 mm betrug, doch auch Betone mit bis zu 51 mm Grösstkorn liessen sich gut pumpen; entscheidend ist nicht die Korngrösse

des Zuschlagmaterials, sondern die richtige Kornzusammensetzung [4].

Mehlkorn- und Feinstsandgehalt

Der Gehalt an Mehlkorn (alle Bestandteile mit Korndurchmesser < 0,125 mm, also auch Zement) und Feinstsand (Korndurchmesser < 0,25 mm) beeinflusst das Zusammenhaltevermögen und die Verformbarkeit des Pumpbetons stark. Er sollte bei Beton, der Wasser absondert, oder bei gebrochenem Zuschlagmaterial erhöht werden, beispielsweise durch mineralische Zusatzstoffe. Zuviel Mehlkorn und Feinstsand hat ungünstige Auswirkungen auf das Schwinden, den Frost- und Verschleisswiderstand sowie andere Festbetoneigenschaften. In Deutschland wird deshalb bei Betonen für Aussenbauteile und bei Betonen mit hoher Frost- und Frostausatzbeständigkeit sowie hohem Verschleisswiderstand ein Mehlkorn- und Feinstsandgehalt von

450 kg/m³ (Grösstkorn 16 mm) bzw. 400 kg/m³ (Grösstkorn 32 mm) empfohlen [2].

Kornzusammensetzung

Neuere Untersuchungen zeigen, dass das Spektrum der Betone relativ gross ist, die unter nicht extremen Bedingungen gepumpt werden können [5]. Voraussagen darüber, ob ein Beton sich zum Pumpen eignet, sind aber schwierig. Ohne Pumpversuche unter realistischen Bedingungen geht es hier nicht. Dennoch folgen hier noch einige weitere Hinweise [3]:

- Bei stetigen Sieblinien ist anzustreben:
 - 37–45% Siebdurchgang bei 4 mm bei Grösstkorn 32 mm
 - 44–56% Siebdurchgang bei 4 mm bei Grösstkorn 16 mm
- Bei Ausfallkörnungen soll die Fraktion 0–4 mm mindestens 37 Massen-% betragen.
- Bei Ausfallkörnungen wird mit Vor-

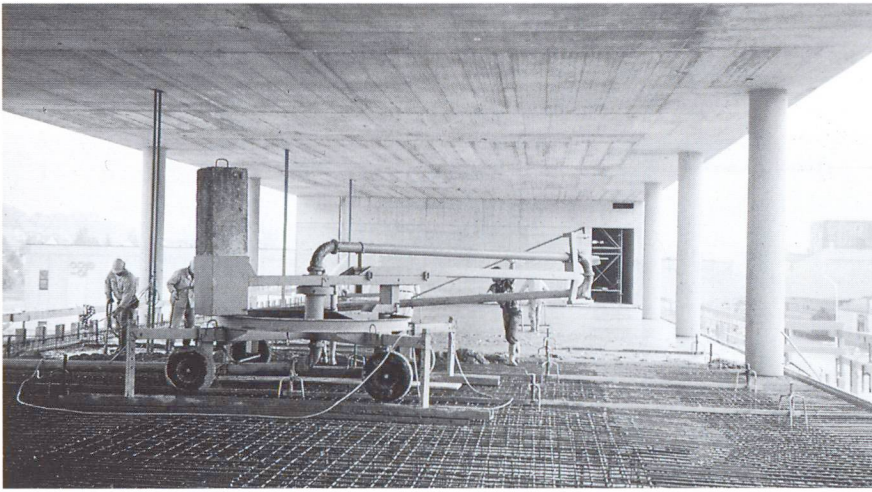


Foto: Werner Hauser, Betonpumpen AG,
Zürcher Unterland, Dällikon

Betonieren einer Bodenplatte.

teil die Korngruppe 4–8 mm weglassen.

Zusatzmittel

Der Einsatz von Zusatzmitteln bei Pumpbetonen unterscheidet sich nicht wesentlich vom Einsatz bei nicht gepumptem Beton. BV und vor allem HBV ergeben weichere Konsistenzen und erniedrigen dadurch den Förderdruck. Für grosse Förderhöhen und lange Förderwege haben sich HBV-haltige Betone mit einem Ausbreitmass von 500 mm bewährt [3]. LP bilden nicht nur Luftporen, sie verbessern auch die Verarbeitbarkeit des Pumpbetons, der weniger entmischt. Luftporengehalte über 4 % können allerdings als «Stossdämpfer» wirken und so die Förderleistung beeinträchtigen [2].

Konsistenz

Die Konsistenz eines Betons beeinflusst seine Pumpfähigkeit. Steife Betone lassen sich nur schwer ansaugen und erfordern höhere Drücke als weichere Betone. Am besten eignen sich Betone mit plastischer Konsistenz (Ausbreitmass 380–420 mm). Doch auch weiche Betone und Fließbetone sind pumpbar, wenn sie über ein gutes Zusammenhaltevermögen verfügen. Auf das Pumpen von Leichtbeton wird im nächsten «Cementbulletin» eingegangen.



Foto: Werner Hauser, Betonpumpen AG,
Zürcher Unterland, Dällikon

Betonpumpeneinsatz an schwer zugänglicher Stelle.



Foto: Benedikt Schneider, BCU, Untervaz

Einbau einer Sauberkeitsschicht (150 kg CEM I, hoher Sandanteil und Pumphilfe) mittels einer Autobetonpumpe.

Förderleitungen

Wenn Pumpbeton nicht direkt über Verteilermasten eingebracht werden kann, müssen Förderleitungen verlegt werden. In Fachzeitschriften wird immer wieder über neue Rekorde in der Höhen- oder Weitenförderung berichtet. Uns aber interessieren «normale» Verhältnisse, was bei kommerziell er-

hältlichen Pumpen vertikale Förderhöhen bis etwa 120 m und horizontale Förderdistanzen bis etwa 450 m bedeutet. Bei Autobetonpumpen sind die Distanzen geringer (Tabelle 2). Rohrleitungen müssen spannungsfrei verlegt werden und auf der ganzen Länge leicht zugänglich sein. Besondere Sorgfalt erfordern Vertikalleitun-

	Pumpen	Verteilmasten			Beschreibung
	Theoret. Fördermengen	Reichweiten	Reichhöhen	Anzahl Arme	
Stationäre Betonpumpen	20–150 m ³ /Std.				
Autobetonpumpen	45–150 m ³ /Std.	13–58 m	13–62 m	3–5	Kombination von Lastwagen, Betonpumpe und Verteilmast. Universal einsetzbar, am häufigsten gebaut.
Fahrmischer-Betonpumpen	15–40 m ³ /Std.	13–24 m	16–28 m	2–4	Die Kombination von Fahrmischer, Betonpumpe und Verteilmast bewährt sich v.a. für die Verteilung kleiner Betonmengen, beispielsweise bei Renovationen in bewohnten Gebieten.
Separate Verteilmasten		10–50 m	ca. 13–50 m	2–5	Endschlauchlängen 3–4 m

Tab. 2 Typische Daten von Pumpen und Verteilmasten zur Betonförderung.

gen, da hier einzelne Rohre nur sehr schwierig ausgebaut werden können. Bewährt hat sich der Einbau von Schiebern am Anfang von Steig- und am Ende von Falleitungen, da damit bei Verstopfungen oder Betonunterbrüchen ein Leerlaufen der Leitung verhindert werden kann [3].

Empfohlen werden auch folgende Vorkehrungen [2]:

- erste 6 bis 8 m möglichst geradlinig und horizontal verlegen
- bei Hochförderung Rohrleitung nicht schräg, sondern zuerst horizontal, dann vertikal verlegen
- Rohrleitung so verlegen, dass zuerst über grösste Entfernung gepumpt wird, denn so kann Leitung durch Abnehmen von Rohren verkürzt werden
- Rohrleitung an Einbaustelle so verlegen, dass Beton ohne häufiges Umlegen von Leitungen oder Abnehmen von Rohren verteilt werden kann
- vor Pumpbeginn Dichtigkeit des Leitungssystems überprüfen durch Durchpumpen von Wasser, das sich zwischen zwei eng an den Rohren anliegenden Bällen befindet

Pumpen von Beton

Pumpbeton sollte nur über kurze Strecken mit Betonmulden transportiert werden. In allen anderen Fällen

sind Fahrmischer einzusetzen, in denen der Beton vor dem Pumpen nochmals mindestens 15 Sekunden aufgemischt werden kann. Wenn auf der Baustelle Zusatzmittel beigelegt werden, muss die Mischdauer um je eine Minute pro m³ Beton erhöht werden [3].

Unmittelbar vor dem eigentlichen Förderbetrieb muss im Rohrleitungssystem ein Schmierfilm erzeugt werden. Dazu dient eine Schmiermischung, beispielsweise ein Zementleim (Zement/Wasser 2/1 [3]) oder ein Mörtel.

Anschliessend kann auf die für die Aufgabe vorgesehene Mischung übergegangen werden, wobei die Pumpe langsam laufen sollte, bis die gesamte Leitung mit Beton gefüllt ist. Wenn möglich sollte kontinuierlich gepumpt werden, da Beton in der Leitung nach einem Pumpunterbruch unter Umständen nur schwer wieder in Bewegung gebracht werden kann. Wenn die Betonförderung nach einer kurzen Pause wieder aufgenommen wird, hilft das Rückwärtspumpen (drei bis vier Kolbenhübe), Absetzungen zu lockern [3]. Bei voraussehbaren längeren Pausen sollte der Betonvorrat möglichst langsam aufgebraucht werden, indem nur gelegentlich ein Pumpstoss ausgeführt wird [4]. Engpässe lassen sich besser vermeiden, indem der Aufgabetrichter mit einem

zusätzlichen Mischtrog verbunden wird. Dies erlaubt auch, Konsistenzschwankungen verschiedener Frischbetonlieferungen auszugleichen [3]. Nach Beendigung des Pumpens oder bei längeren Unterbrüchen sollte die Rohrleitung unter Verwendung von Schaumgummibällen oder Papierpfropfen mit Wasser oder Druckluft entleert werden. Wenn Wasser einge-

Literatur

- [1] *Bender, H.*, «Betonpumpensysteme und Unterhalt während Baustelleneinsatz», schriftliche Unterlagen zur Fachveranstaltung «Pumpbetone» am 6. Juni 1996 im Schulungszentrum TFB, Wildegg.
- [2] *Weigler, H.*, und *Karl, S.*, «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Ernst & Sohn, Berlin (1989), Seiten 150–154.
- [3] *Schneider, B.*, «Pumpbeton», schriftliche Unterlagen zum Wildegger Kurs «Betone mit besonderen Eigenschaften» vom 18. Februar 1994 im Schulungszentrum TFB, Wildegg.
- [4] «Placing concrete by pumping methods», reported by ACI Committee 304 in «ACI Manual of Concrete Practice», part 2, pages 304.2R-1 to 304.2R.17 (1996).
- [5] *Olbrecht, H.*, «Materialtechnologische Anforderungen an pumpbare Betone», schriftliche Unterlagen zur Fachveranstaltung «Pumpbetone» am 6. Juni 1996 im Schulungszentrum TFB, Wildegg.
- [6] *Klemm, R. E.*, «Clearing pump line blockages», *Concrete Construction* **39** [8], 632–634 (1994).
- [7] *Fisher, T. S.*, «Pump line safety», *Concrete Construction* **39** [8], 615–616 (1994).
- [8] *Hauser, W.*, «Wann ist der Einsatz von Pumpbeton sinnvoll?», schriftliche Unterlagen zur Fachveranstaltung «Pumpbetone» am 6. Juni 1996 im Schulungszentrum TFB, Wildegg.



Bachverbauung:
Pumpbeton-
förderung in un-
wegsamem
Gelände.

setzt wird, muss die Leitung meist nicht besonders gereinigt werden. Beim Entleeren mit Druckluft dürfen am Rohrleitungsende weder ein Verteilerschlauch noch ein Krümmer angeschlossen sein. Mittels einer Fangvorrichtung muss verhindert werden, dass der Ball oder Pflöpschen heraus-schiesst. Nach dem Entleeren wird die Leitung gereinigt, indem Wasser durchgedrückt wird, das sich zwischen zwei Schaumgummibällen befindet [2]. Der Restbeton bzw. das Reinigungswasser muss sachgerecht entsorgt werden.

Verstopfungen

Verstopfungen können verschiedene Ursachen haben, allem voran schlecht zusammengesetzter oder anstiegender Pumpbeton sowie undichte Leitungen und Schieber. Doch auch Betonrückstände in ungenügend gereinigten Rohren oder Bedienungsfehler können dazu führen, dass sich der Beton nicht mehr pumpen lässt. Verstopfungen sind keine Bagatellen. Ihre Behebung erfordert vielmehr sehr viel Erfahrung und ein vorsichtiges Vorgehen; nur gut ausgebildete Fachleute sollten sich damit befassen. Deshalb hier nur zwei kurze Hinweise aus einer ausführlichen Publikation zum Auffinden und Beseitigen von

Verstopfungen [6]:

- Verstopfungen kleineren Ausmaßes lassen sich oft dadurch beheben, dass man die Pumpe einige Male alternierend rück- und vorwärts laufen lässt.
- In keinem Fall sollte versucht werden, Verstopfungen mit komprimierter Luft zu beseitigen. Dieses Verfahren ist gefährlich und zudem untauglich. Auch vom Versuch, Wasser hindurchzupressen, wird dringend abgeraten.

Sicherheitsvorkehrungen

Unter normalen Umständen ist das Pumpen von Beton effizient und vor allem auch sicher. Wie bei allen Arbeiten mit schwerer Ausrüstung bestehen aber Gefahren bei nachlässigem Umgang und unvernünftigem Verhalten. Die Betriebsanleitungen der Pumpenhersteller enthalten umfangreiche Informationen über die notwendigen Sicherheitsmassnahmen.

Geräte dürfen grundsätzlich nur von ausgebildeten Fachleuten, also Betonpumpmaschinenisten, bedient werden. Wichtig ist, dass sämtliche Mitarbeiter bei allen Arbeiten über die Arbeitsvorgänge und die Ausrüstung informiert sind; wer nicht entsprechend ausgerüstet ist, gehört nicht in eine Pump-

equipe. Zur Schutzausrüstung des Personals, die immer getragen werden sollte, gehören im Minimum der Schutzhelm, die Schutzbrille, Gummistiefel mit Stahlkappen, Gummihandschuhe. Zudem sollte die Kleidung eng am Körper anliegen und diesen möglichst vollständig bedecken [7]. Gefahr droht von elektrischen Leitungen: Wenn Pumpenausleger damit in Berührung kommen, können Mitarbeiter im Kontakt mit der Pumpe, der Förderleitung oder dem Lastwagen getötet werden. Zu den Vorsichtsmassnahmen gehört auch, dass Mitarbeiter sich nicht unter Auslegern und Förderleitungen aufhalten sollten, da Rohre springen oder Rohrklammern sich öffnen könnten. Hände, Füße oder andere Körperteile dürfen nie zwischen dem Auslassrohr und feste Gegenstände plaziert werden. Arbeiten an Rohrleitungen wie das Suchen von Verstopfungen oder das Öffnen der Rohrleitung dürfen prinzipiell nur im drucklosen Zustand ausgeführt werden. Leitungen dürfen nicht zwischen die Beine genommen werden. In blockierte Leitungen oder Rohre darf nicht geschaut werden, und einzelne Rohre oder Rohrleitungen kürzer als 10 m dürfen nicht ausgeblasen werden.

Kurt Hermann, TFB