

# Systematische Bewertung von modernen Betonbaumaschinen

Autor(en): **Beitzel, Harald**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **02.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42747>

## **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.

## Systematische Bewertung von Modernen Betonbaumaschinen

Systematic Evaluation of Modern Concrete Construction Plants

Évaluation systématique des bétonnières modernes

**Harald BEITZEL**

Prof. Dr. - Ing.  
FH Rheinland Pfals  
Trier, Bundesrep. Deutschland



Harald Beitzel, geboren 1941. Bauingenieurausbildung, Diplom und Promotion an der Universität (TH) Karlsruhe. Zwölf Jahre Tätigkeit in der Bauindustrie auf Baustellen im In- und Ausland. Seit 1981 Professor für Baubetrieb an der FH - Trier. Inhaber eines Ingenieurbüros für Bauverfahrenstechnik.

### ZUSAMMENFASSUNG

Heute zeigen sich durch den falschen Einsatz von Betonbaumaschinen Bauschäden an Betonbauwerken, die durch dieselben mitverursacht werden. Es werden Einflußgrößen, Bewertungsparameter, Überlegungen zur Qualitätssicherung und Bewertungsmöglichkeiten behandelt. Durch verstärkte Mechanisierung und Automatisierung auf den Betonbaustellen sowie die Anwendung neuer Verfahrenstechniken wird eine systematische Bewertung von Betonbaumaschinen erforderlich.

### SUMMARY

The damage to concrete building structures that emerges today is partly caused by improper use of concrete construction plants. Influence coefficients, evaluation parameters, possibilities for effective quality control and evaluation methods are considered. Increased mechanization and automation on concrete building sites and application of new processing techniques necessitate a systematic evaluation of concrete construction plants.

### RÉSUMÉ

Il apparait actuellement dans des ouvrages en béton des dommages résultant de fautes commises lors de l'utilisation des bétonnières. L'étude traite des paramètres d'influence et d'évaluation ainsi que de l'assurance de la qualité. En raison du renforcement de la mécanisation et de l'automatisation sur les chantiers où le béton est produit et utilisé et du fait de l'adoption de procédés nouveaux, il devient indispensable de procéder à une évaluation systématique des bétonnières modernes.



## 1. EINLEITUNG UND ÜBERBLICK

Der Arbeitsprozeß Bereitung, Fördern und Einbau des Betons wird mit Hilfe der unterschiedlichsten Betonbaumaschinen durchgeführt. Die Frischbetonqualität kann bei diesem Ablauf durch die verfahrenstechnischen Stufen negativ beeinflußt werden. Heute zeigen sich bereits Bauschäden an Betonbauwerken, die durch falschen Einsatz von Betonbaumaschinen mitverursacht worden sind.

In der Vergangenheit sind bei den Betreibern derartiger Maschinen die Anforderungen bezüglich der Frischbetonqualität gestiegen. Für die qualitätssichere Abgabe des Betons aus den Betonbaumaschinen fehlen entsprechende Richtlinien und Normen. Durch die verstärkte Mechanisierung und Automatisierung der Betonbaustellen wird eine systematische Bewertung dieser Baumaschinen notwendig.

## 2. VERFAHRENSSTUFEN IM MASCHINELLEN BETONBAU

Die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Betonbaustelle sind im wesentlichen von der Rationalisierung der Verfahrensstufen Bereitung, Förderung und Einbau des Frischbetons abhängig.

Der wirtschaftliche Baubetrieb fordert die optimale Ausnutzung der eingesetzten Betonbaumaschinen. Trotz der großen Bedeutung und des scheinbar hohen Entwicklungsstandes ist der qualitätssichere Einsatz von

- Betonmischern,
- Fahrmischern und
- Betonpumpen

teilweise mit Unsicherheiten behaftet.

Aus Gründen einer scheinbar besseren Qualitätskontrolle wird der Beton häufig in Betonwerken als werksgemischter Beton hergestellt. In Abhängigkeit vom Durchsatz, der Entfernung und den örtlichen Gegebenheiten wird der Beton mit den genannten Maschinen gefördert, transportiert und in die Schalung eingebaut.

In manchen Ländern werden die Feststoffkomponenten als Trockenmischgut in die Fahrmischertrommel und das Wasser in einen separaten Tank geladen und vor Ort gemischt. Um das unkontrollierte Ansteifen des Frischbetons während der Fahrt zu vermeiden, besteht besonders in heißen Klimazonen und bei größeren Transportentfernungen bzw. bei unkalkulierbaren Transportzeiten in gemäßigten Klimazonen der Bedarf an fahrzeuggemischtem Beton.

Die Diskussion, ob Werks- oder Fahrzeugmischung, ist hinsichtlich der Anschaffungskosten und der Betriebskosten verschiedentlich ohne Ergebnis geführt worden. Einige Normen lassen auch eine Kombination dieser beiden Verfahren (Shrink mixing) zu.

Die Förderung und der Einbau des Frischbetons auf der Baustelle erfolgen in der Regel mit Betonpumpen oder Baukränen, wobei die Betonpumpe in der Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird. Der Einsatz von Betonpumpen ist aber für einige besondere Betonzusammensetzungen mit Problemen behaftet.

## 3. BEWERTUNGSKRITERIEN ZUR QUALITÄTSSICHERUNG

Das vorrangige Ziel beim wirtschaftlichen Einsatz einer Betonbaumaschine besteht darin, eine entmischungsfreie Betonabgabe zu gewährleisten. Dabei ist es nicht sinnvoll, für eine Verfahrensstufe

bezüglich der abzugebenden Betonqualität strenge Vorschriften auszuarbeiten und die nachfolgenden Verfahrensstufen unberücksichtigt zu lassen.

Zur Überwachung der Betonabgabe bzw. zur Sicherung der Betongüte sind die genannten Betonbaumaschinen durch entsprechende Bewertungskriterien und Meßmethoden einzuordnen. Dabei werden als Beurteilungsmerkmale die Verteilung des Wassers, des Mehlkorns und der Korngruppen von 0.25 mm bis 32 mm gewählt. Die Bedeutung dieser Merkmale für die Betongüte ist aus der Literatur hinreichend bekannt.

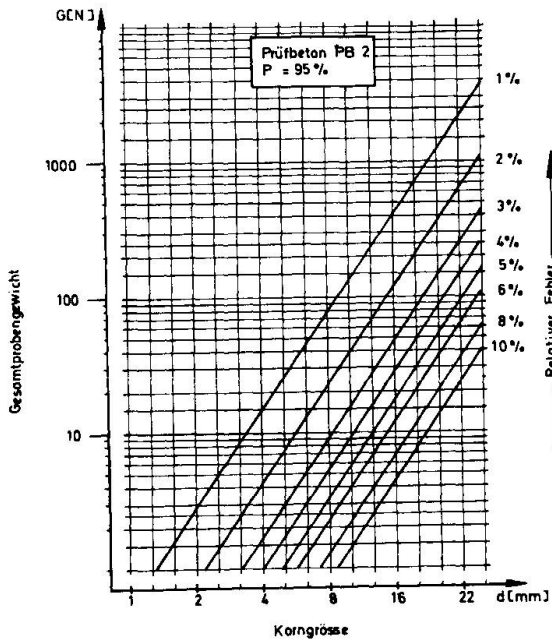


Bild 1 Nomogramm zur Bestimmung des Gesamtprobengewichtes

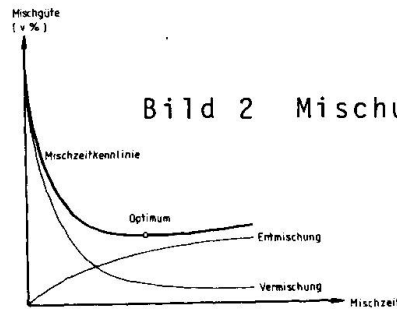


Bild 2 Mischungsverlauf

	Halbautomatische Anlagen			Vollautomatische Anlagen			
	0,5	bis 1,0	bis 1,5	0,5	bis 1,0	bis 1,5; 2,0	
Mischergröße (m³)	0,5	bis 1,0	bis 1,5	0,5	bis 1,0	bis 1,5; 2,0	
Personalkosten (\$)	50	31	27	34	18	15	12
Maschinenkosten (\$)	17	22	21	21	26	26	28
Nebenanlagen-Kosten (\$)	21	30	31	30	37	38	38
Betriebskosten (\$)	6	8	10	8	8	9	10
Verschleißkosten (\$)	4	5	7	4	6	7	7
Montage - Demontage - Kosten (\$)	2	4	4	3	5	5	5

Tabelle 1 Spezifische Kostenanteile Betonproduktion

Die bisher praktizierte Methode zur Beurteilung der Anlagenmischer und der Transportbetonmischer nach den erzielten Betondruckfestigkeiten brachte vielfach widersprechende Prüfergebnisse. Deshalb wurden unter Berücksichtigung der Stichprobentheorie, neue Prüfverfahren erarbeitet. Mit der Teilchengrößenanalyse lassen sich die kinetischen Eigenschaften der Mischgutkollektive und des Gesamtprobengewichtes (Bild 1) besser erfassen. Dabei wird die Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Merkmale durch den Mittelwert, die Standardabweichung und den Variationskoeffizienten vorgenommen. Für den Betrieb mit Betonpumpen müssen ähnliche Prüfverfahren ausgearbeitet werden.

#### 4. EINFLUSSGRÖSSEN

Die Einflußgrößen bezüglich der Frischbetonqualität sind in den einzelnen Verfahrensstufen vielfältiger Art. Die charakteristischen, voneinander unabhängigen Parameter können für den Mischvorgang prinzipiell in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- systemtechnische Einflüsse,
- betriebstechnische Einflüsse,
- betontechnologische Einflüsse.



Die systemtechnischen Einflußgrößen werden durch die

- Geometrie des Mischraums,
- Geometrie der Mischwerkzeuge,
- Bearbeitungsgeschwindigkeit und die
- externen Kräfte

im wesentlichen bestimmt.

Mit den betriebstechnischen Einflußgrößen wird der Vorgang im Mischraum erfaßt. Hierbei wird die Betonmischgüte besonders vom Füllvolumen und der Mischdauer beeinflusst.

Bei den betontechnologischen Einflüssen sind die Stoffgrößen des Mischgutes angesprochen. Dabei sind von wesentlichem Einfluß

- Rohdichte,
- Reibungskoeffizient Werkzeug/Mischgut,
- Kornform,
- Kornfestigkeit,
- Kornverteilung,
- Wasser/Zement-Wert,
- dynamische Mischgut-Zähigkeit,
- Scherfestigkeit.

Beim Einsatz von Betonpumpen sind im wesentlichen folgende Parameter zu beachten:

- Fördermenge,
- Förderleitungsdurchmesser,
- Förderleitungslänge/-höhe,
- Betonkonsistenz,
- Kornzusammensetzung,
- W/2 - Faktor,
- Mehlkornanteil,
- Zusatzmittel/Zusatzstoffe,
- Rohrleitungszustand,
- Schieberzustand.

Neben den Einflußgrößen auf die Frischbetonqualität sind für eine systematische Erfassung auch die wirtschaftlichen Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

Bei der Diskussion über die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichsten Betonbaumaschinen sind die Herstellkosten, die Stoffkosten und für die Fahrmischer die Transportkosten zu beachten.

Die Herstellkosten werden im wesentlichen durch die

- Jahresproduktion/Jahresumsatz,
- Abschreibung und Verzinsung,
- Montage- und Reparaturkosten,
- Betriebs- und Lohnkosten

bestimmt.

Die Stoffkosten werden im Vergleich gleichartiger Betonbaumaschinen kaum variieren. In Einzelfällen kann durch eine geschickte Verfahrenswahl eine Reduktion von Zement, Zusatzstoffen und Zusatzmittel möglich werden.

Die Transportkosten sind für die Fahrmischer relevant. Dabei ist die Aufgliederung der Kostenarten ähnlich wie bei den Herstellkosten vorzunehmen.

Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Einsatz der Betonpumpe bei ununterbrochener Einsatzdauer ist die richtige Abstimmung zwischen der Zusammensetzung des Frischbetons und der Betonpumpe unter Berücksichtigung der geforderten Förderleistung.

## 5. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

### 5.1 Qualitative Analyse

Die Frischbetongüte wird entscheidend von der Mischgutzusammensetzung beeinflusst. Beim Mischvorgang sind im wesentlichen die folgenden Phasen zu beobachten:

- I. Phase Vormischung
  - II. Phase Hauptmischung
  - III. Phase Entmischung
- } (Bild 2)

In der III. Phase beginnen sich die einzelnen Kollektive aus dem Mischgut herauszulösen. Dabei zeigen sich bei einigen Mischsystemen umso stärker Entmischungserscheinungen je unterschiedlicher die einzelnen Stoffgrößen sich darstellen. In dieser Phase kommt es vielfach zu deutlichen Separierungs- und Agglomerationserscheinungen.

Beim Transport des Betons zeigen sich häufig Mängel bei der Durchführung mit werksgemischtem Beton. Durch den Einsatz von neuen Technologien bei der Fahrzeugmischung werden deutliche Vorteile ersichtlich. Die erzielte Betonmischgüte wird vergleichbar mit Ergebnissen aus guten Anlagenmischern. Dadurch wird es möglich, Frischbeton unter extremen Klimabedingungen ohne Qualitätsverlust bereitzustellen. Für viele Betonlieferfirmen in gemäßigten Klimazonen, die besonders in der warmen Jahreszeit Frischbeton über relativ lange Entfernungen anbieten gilt das gleiche.

Beim Entwurf einer pumpfähigen Betonmischung müssen für die Betonfestigkeitsklassen und für die Verarbeitbarkeit folgende Kriterien beachtet werden:

- a) Kornzusammensetzung,
- b) Zementgehalt,
- c) Zementleimgehalt,
- d) Mehlkorngelalt,
- e) Konsistenz.

Bei einem ungesättigten Zuschlaggemisch, d.h. der Beton enthält nicht ausreichend Zementleim bzw. Feinmörtel, um den Grobzuschlag zu umhüllen und die Haufwerksporen des Zuschlags auszufüllen, wird der Druck des Förderkolbens unmittelbar auf das Korngerüst übertragen, und es kommt nach bodenmechanischen Gesetzen zu Verkeilungen und Brückenbildungen innerhalb des Zuschlaggemisches. Wegen der entstehenden Rohrverstopfer ist das ungesättigte Zuschlaggemisch nicht pumpfähig.

Enthält die Betonzusammensetzung genügend Zementleim bzw. Feinmörtelanteile, also ein gesättigtes Zuschlaggemisch, wird beim Pumpen die Kolbenkraft nach hydrostatischen Gesichtspunkten auf den Zementleim übertragen, wobei eine annähernd ungehinderte Strömung des Frischbetons entsteht, in der die Zuschlagkörner gewissermaßen freischwebend mitgeführt werden. Bei einem derartigen Zuschlaggemisch kann der Zementleimanteil auch etwas höher ausfallen als zur Sättigung notwendig. Damit ist dem Zementanteil eine entscheidende Bedeutung beizumessen.



## 5.2 Kostenanalyse

In der Tabelle 1 sind die spezifischen Kostenanteile der Betonproduktion zusammengefaßt. Eine ähnliche Kostenerfassung für werksgemischten und fahrzeuggemischten Beton ist in Bild 3 dargestellt.

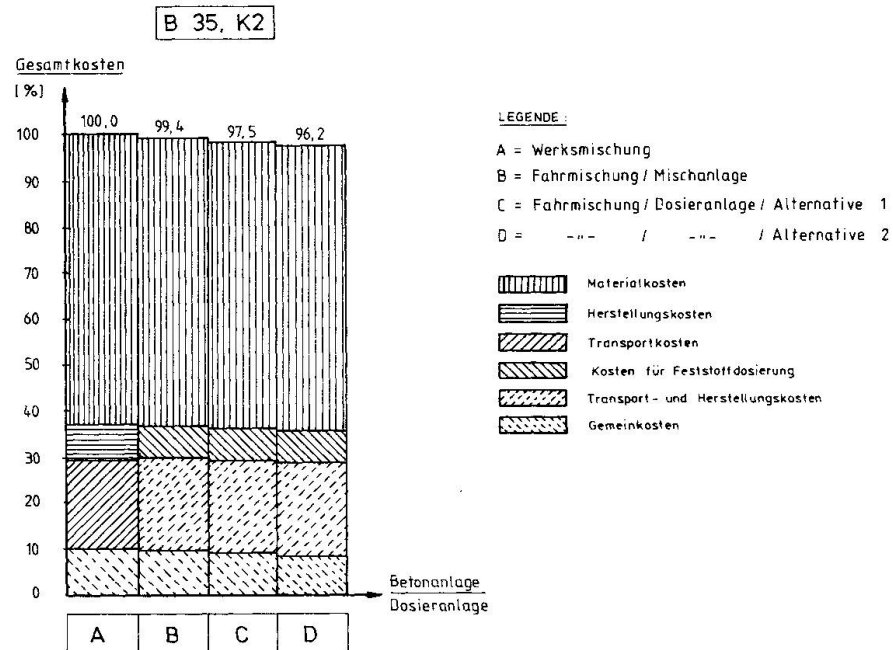


Bild 3 Kostenerfassung für Transportbeton

## 5.3 Bewertung

Eine systematische Bewertung erfolgt mit Hilfe der Systemanalyse in einer Bewertungsmatrix. Danach ist bei der Auswahl von Betonbaumaschinen auf folgendes zu achten:

Aus betriebstechnischen Überlegungen sollten durch eine bessere Ausnutzung des günstigen Mischzeitenbereiches (Phase 2) die vielfach zu kurzen bzw. zu langen Mischzeiten abgestellt werden. Dies würde zu einer weiteren Verbesserung der Betonqualität und zu einer Erhöhung der Ausstoßleistung führen.

Auch in energietechnischer Hinsicht könnten durch eine bessere Ausnutzung der Mischzeit Betriebskosten gesenkt werden. Die günstige Auswirkung der optimalen Mischzeit auf die Standzeiten der Verschleißelemente sollten hier noch den genannten Vorteil abrunden.

Der Fahrmischer hat innerhalb der Förderkette "Betontransport" eine nicht mehr wegzudenkende Aufgabe übernommen. Die Frischbetonqualität aus einigen Fahrmischersystemen läßt noch viele Wünsche offen. Bei einigen Neuentwicklungen zeigen sich im verfahrenstechnischen und betontechnologischen Bereich Verbesserungen.

Frischbetone mit einem guten Verarbeitungsvermögen und mit guter Verdichtungswilligkeit lassen sich in der Regel problemlos pumpen. Das gilt besonders, wenn die geräteseitigen Anforderungen zufriedenstellend erfüllt sind.

Bei einigen Betonpumpen zeigen sich systembedingte Mängel, die die Betonqualität und die Betriebssicherheit negativ beeinflussen. Allerdings kann unter Beachtung neuer Technologien der Einsatz dieser Baumaschinen selbst unter extremen Randbedingungen erfolgen.