

Entwicklung des Transportbetons in Deutschland*)

Von Gerd Wischers, Düsseldorf

Übersicht

Die Entwicklung des Transportbetons in Deutschland begann 1953 mit zwei Werken in Köln und Stuttgart. Ende 1964 erzeugten über 500 Transportbetonwerke etwa 13 Mill. m³ Transportbeton; hierzu wurden mehr als 10 % der westdeutschen Zementerzeugung verwendet. Man kann die Transportbetonwerke in die drei Gruppen unterteilen: große Werke mit mehr als 50 m³/h, mittlere Werke mit 20 bis 40 m³/h und kleine Werke (Stationen) mit 10 bis 15 m³/h Kapazität. Große Werke mit z. T. über 100 m³/h Kapazität wurden nur zu Beginn der Entwicklung in den großen Städten und Ballungszentren gebaut; ihre Gesamtzahl dürfte bei 100 liegen. — Steifer Beton wird zweckmäßig in Muldenfahrzeugen befördert, was jedoch einen stationären Mischer im Werk voraussetzt. Mischerfahrzeuge sind für Betone aller drei Konsistenzbereiche zugelassen; hiermit werden mehr als 80 % des Transportbetons befördert. — Mehr als die Hälfte des Transportbetons entfällt auf die Betongüte B 225; auch B 160 und B 300 werden in größerem Umfang geliefert. Über 50 % des Transportbetons wird in Konsistenz K 2 (plastisch) verlangt. Bis auf sehr wenige Ausnahmen reicht für die Praxis die Unterteilung in die drei Konsistenzbereiche aus. — Transportbeton muß gemäß den durch die Obersten Bauaufsichtsbehörden eingeführten Vorläufigen Richtlinien güteüberwacht sein. Neben der Eigenüberwachung ist eine Überwachung (Aufsicht) durch fachkundige, neutrale Stellen vorgeschrieben (amtlich anerkannte Materialprüfungsanstalt oder Güteschutzgemeinschaft).

1. Begriffsbestimmung

In den deutschen „Vorläufigen Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Transportbeton“, die 1961 veröffentlicht [1] und anschließend von den Obersten Bauaufsichtsbehörden amtlich eingeführt wurden, heißt es zur Begriffsbestimmung: „Transportbeton . . . ist ein Beton, dessen Bestandteile in einem Betonwerk nach Gewicht zugemessen und der entweder in Mischerfahrzeugen oder im Werk selbst gemischt und in geeigneten Fahrzeugen zur Baustelle befördert und in einbaufertigem Zustand übergeben wird.“

*) Nach einem Vortrag auf der Diskussionstagung „Transportbeton“ des Schweizerischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik am 5. Februar 1965 in Zürich.

Kennzeichnend für Transportbeton ist danach, daß der Beton nicht aus einer speziell für diese Baustelle errichteten Aufbereitungsanlage stammt, sondern aus einem Betonwerk, und daß er in geeigneten Fahrzeugen zur Baustelle befördert wird. Die Länge des Transportweges ist nicht maßgebend; beispielsweise können die Transportwege auf einer Betonstraßenbaustelle viel länger sein (ohne daß es sich um Transportbeton handelt) als bis zu einer Baustelle in unmittelbarer Nähe des Transportbetonwerkes. Wird hingegen von der vorhandenen Betonaufbereitungsanlage der Straßenbaustelle Beton an eine benachbarte Baustelle geliefert, dann handelt es sich um Transportbeton, und zwar auch dann, wenn diese benachbarte Baustelle zum gleichen Unternehmer gehört. Die holländischen Vorschriften für Transportbeton, die sonst weitgehend den deutschen gleichen [2], verstehen unter Transportbeton dagegen nur solchen Beton, der aus stationären Anlagen stammt und zur Lieferung an Dritte bestimmt ist. Dieser Regelung ist man in Deutschland nicht gefolgt, weil dann Beton, den eine Bauunternehmung von einer zentralen Aufbereitungsanlage an mehrere eigene Baustellen liefern würde, nicht unter Transportbeton fallen würde. Diese recht weite Auslegung des Begriffs Transportbeton ist allerdings umstritten.

2. Entwicklung des Transportbetons in Deutschland

Das erste Transportbetonwerk überhaupt dürfte H. Magens 1903 in Hamburg errichtet haben [3]. Die Zeit schien jedoch für Transportbeton noch nicht reif zu sein; daher gab das Werk 1929 — immerhin erst nach 26 Jahren — aus vorwiegend wirtschaftlichen Gründen die Lieferung von Beton wieder auf.

Erst ab 1953 gab es dann in Deutschland wieder Transportbetonwerke. Im Jahr 1954 lieferten 2 neu errichtete Transportbetonwerke in Köln und in Stuttgart etwa 24 000 m³ Beton. Die sich anschließende Entwicklung in dem nun zurückliegenden Jahrzehnt gibt Bild 1 wieder ¹⁾. Von 1954 bis 1958 stieg die Anzahl der Transportbetonwerke nur langsam von zunächst 2 auf 11. Dann setzte ein großer Aufschwung ein: Ende 1963 erzeugten nahezu 300 Werke Transportbeton, und die Schätzungen für das Jahr 1964 liegen über oder unter 500 Werken, je nachdem, ob man die Bauunternehmungen, die gelegentlich Transportbeton von zentralen Anlagen abgeben, hinzuzählt oder nicht. Die Erzeugung stieg bis 1960 etwa proportional der Zahl der Werke an; dabei lag der Durchschnitt eines Werkes bei über 35 000 m³ Beton je Jahr. In den folgenden Jahren stieg die Zahl der Werke stärker an als die Erzeugung, d. h. die durchschnittlich von einem Werk gelieferte Menge wurde kleiner (siehe auch unter 3.1). 1964 erzeugten die rd. 500 Werke insgesamt etwa 13 Mill. m³ Beton; das entspricht einem Durchschnitt von 26 000 m³ Beton je Werk und Jahr.

¹⁾ Eine offizielle Statistik über die Transportbeton-Erzeugung in Deutschland gibt es nicht; die Zahlen sind Mittelwerte verschiedener Erhebungen, die jedoch einen ziemlich gesicherten Anhalt über die Entwicklung in Westdeutschland geben.

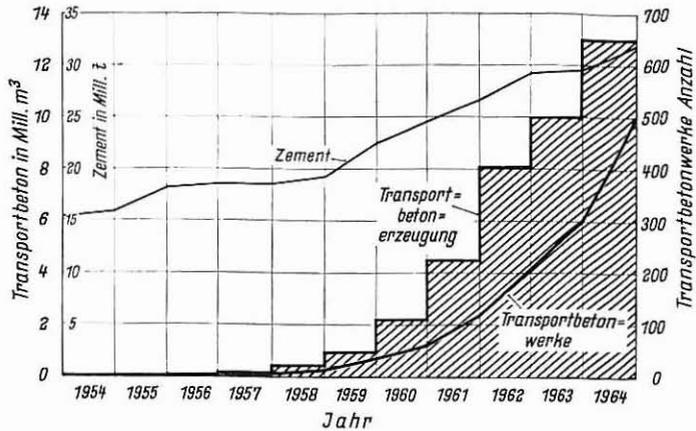


Bild 1 Entwicklung des Transportbetons in der Bundesrepublik Deutschland

In Bild 1 ist zum Vergleich auch die westdeutsche Zementerzeugung eingetragen, um abschätzen zu können, ob die sehr große Zunahme der Transportbetonverwendung durch eine allgemeine Ausweitung der Betonverwendung verursacht war. Aus dem Anstieg der Kurven geht hervor, daß dies nicht zutrifft. Während die jährliche Zunahme der Zementerzeugung ab 1958 durchschnittlich unter 10 % lag, stieg die Verwendung des Transportbetons von 1956 bis 1961 jedes Jahr um über 100 % an und in den beiden letzten Jahren um jeweils rd. 25 %. Es trat also eine starke Verlagerung in der Aufbereitung des Betons zugunsten des Transportbetons ein.

Legt man für 1 m³ Transportbeton einen mittleren Zementgehalt von 260 kg zugrunde, so wurden 1964 rd. 3,4 Mill. t Zement für Transportbeton verwendet, das sind etwas mehr als 10 % der gesamten Zementerzeugung. Verglichen mit Schweden, wo etwa 40 % des Zements zu Transportbeton verarbeitet werden [4], oder gar den USA mit 57 % des Zementverbrauchs für Transportbeton [5], ist das wenig und läßt noch eine weitere Zunahme des Zementverbrauchs für Transportbeton in Westdeutschland erwarten.

3. Transportbetonwerke und Herstellverfahren

3.1 Größe und Erstellungskosten von Transportbetonwerken

Man kann in Westdeutschland drei verschiedene Größengruppen von Transportbetonwerken unterscheiden; das sind

- große Werke mit einer Kapazität von über 50 m³/h,
- mittlere Werke mit einer Kapazität von 20 bis 40 m³/h und
- kleine Werke mit einer Kapazität von 10 bis 15 m³/h.

Zunächst entstanden in den Großstädten überwiegend große Werke mit über 50 m³/h, z. T. mit über 100 m³/h. Diese hatten dort auch durchaus ihre Berechtigung, da der Bedarf an Beton groß war und



Bild 2
„Dosierturm“
eines Transportbetonwerks
in Düsseldorf.
Hersteller:
BEWEMA,
Wiesbaden-
Bieberich



Bild 3 Transportbetonwerk in Mainz, Stundenleistung etwa 60 m³. Werkfoto:
Erbes & Co., Basel



Bild 4 Transportbetonwerk mit etwa 30 m³ Stundenleistung. Werkfoto: Ibag, Neustadt/Weinstraße

der Grund und Boden teuer (Bilder 2 und 3). Die Kosten für diese großen Werke – ohne Fahrzeuge – überschritten meist 500 000 DM und reichten des öfteren an 1 Mill. DM heran.

Solche großen Anlagen aus den „Gründerjahren“ des Transportbetons werden heute praktisch nicht mehr gebaut. Nach einer gewissen Sättigung der Großstädte und Ballungszentren mit großen Werken wurden in den letzten Jahren viele mittlere und kleine Städte durch mittlere Werke (Leistung 20 bis 40 m³/h) für Transportbeton erschlossen (Bild 4). Bei den Transportbetonwerken, die derzeit in der Bundesrepublik Deutschland errichtet werden, han-

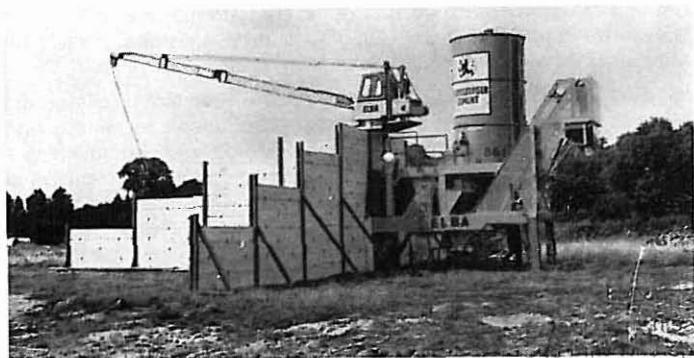


Bild 5 Transportbetonanlage. Werkfoto: ELBA-Werk, Ettlingen

delt es sich vorwiegend um solche mittleren Werke mit einer Leistung zwischen 20 und 40 m³/h. Die Erstellungskosten liegen zwischen 250 000 und 350 000 DM.

Neben den mittleren Werken sind in den letzten Jahren auch zahlreiche kleinere, leicht transportable Anlagen mit einer Leistung von 10 bis 15 m³/h erstellt worden. Man kann sie als Transportbetonstationen bezeichnen. Sie fanden vor allem Gegenliebe bei Bauunternehmungen, die damit dem Baugeschehen nachreisten, ihren eigenen Bedarf deckten und gleichzeitig zwischen 5 und 20 m³ Beton je Tag verkauften (Bild 5). Die Kosten dieser Stationen liegen je nach Mechanisierungsgrad zwischen 80 000 und 150 000 DM.

Man schätzt, daß von den derzeit rd. 500 Transportbetonwerken etwa 1/5, also rd. 100, auf die großen Werke entfallen; etwa die Hälfte aller Transportbetonwerke hat eine mittlere Kapazität zwischen 20 und 40 m³/h, und ein knappes Drittel besteht aus den kleinen Anlagen.

3.2 Herstellungsverfahren und Transport

Schon die beiden ersten Werke in Köln und Stuttgart unterschieden sich im Verfahren zur Herstellung und Lieferung von Transportbeton. In Köln wurden im Werk lediglich die Ausgangsstoffe abgemessen; gemischt wurde im Mischerfahrzeug während der Fahrt oder nach Ankunft auf der Baustelle. In Stuttgart wurde der Beton dagegen schon im Werk fertig gemischt („werkgemischter Transportbeton“). Zugelassen sind beide Verfahren, und es können auch mit beiden Verfahren hochwertige und gleichmäßige Betone geliefert werden. Technische Vorteile hat der werkgemischte Transportbeton bei steifer Konsistenz, da steifer Beton beim Mischen stark aufgelockert bleibt und daher in den als Freifallmischern wirkenden Mischerfahrzeugen bei hohem Füllungsgrad manchmal weniger gut durchgemischt wird.

Nach der Wiedereinführung des Transportbetons in Deutschland im Jahre 1954 wurden zunächst überwiegend Dosieranlagen errichtet; gemischt wurde im Mischerfahrzeug. 1961 mischte bereits ein Viertel aller Werke sämtlichen Beton im Werk, und ein weiteres Drittel der Werke konnte wahlweise dosieren oder im Werk dosieren und mischen. Heute werden reine Transportbetonwerke, in der Regel der mittlere Typ mit 20 bis 40 m³/h Leistung, meist mit Mischeranlagen im Werk gebaut.

Wird der Beton im Mischerfahrzeug (Bild 6) gemischt, so muß die Mischgeschwindigkeit wenigstens 4 Umdrehungen je Minute und die Gesamtzahl der Umdrehungen auf Mischgeschwindigkeit wenigstens 50 betragen. Außerdem müssen diese Mischerfahrzeuge eine zweite, etwa halb so große Umdrehungsgeschwindigkeit einstellen können, mit der der fertig gemischte Beton nur „gerührt“ wird, d. h. ein Entmischen soll durch langsames Rühren verhindert werden. Der Füllungsgrad der Mischer soll der Betonkonsistenz angepaßt sein; er kann ohne Nachteile für den Beton etwas größer sein, wenn der im Werk gemischte Beton im Mischerfahrzeug nur gerührt wird und nicht – wie bei Dosieranlagen – erst im Fahrzeug gemischt werden muß. In Mischerfahrzeugen dürfen Betone aller



Bild 6 Mischerfahrzeug für 3,5 m³ Beton. Werkfoto: Stetter KG, Memmingen



Bild 7 Muldenfahrzeug für 3,5 m³ Beton. Werkfoto: ELBA-Werk, Ettlingen

Konsistenzen — also steife, plastische und weiche — gemischt und auch befördert werden. Die höchstzulässige Beförderungszeit in Mischerfahrzeugen beträgt 90 min. Insgesamt dürften in Deutschland wenigstens 80 % des Transportbetons mit Mischerfahrzeugen befördert werden.

In Muldenfahrzeugen (Bild 7) dürfen in Deutschland nur steife, werkgemischte Betone mit einem Eindringmaß bis zu 6 cm befördert werden. Diese Beschränkung ist häufig kritisiert worden [6, 7]. Zweifellos kann man „steifplastische“ Betone so zusammensetzen, daß sie sich unter praktischen Verhältnissen auch in Muldenfahrzeugen vernachlässigbar wenig entmischen. Doch können geringe Änderungen in der Zusammensetzung des Betons, wie z. B. durch

eine veränderte Eigenfeuchte des Zuschlags, gerade im Bereich zwischen steifem und plastischem Beton die Konsistenz und damit die Gefahr eines Entmischens stark beeinflussen. Da es zudem noch keine einfachen Prüfverfahren für die Beurteilung der Neigung zum Entmischen des Betons gibt, ist man bis heute bei der Beschränkung auf steife Betone (Konsistenz K 1) für einen Transport in Muldenfahrzeugen geblieben. Das hat dazu geführt, in solche Muldenfahrzeuge versuchsweise Rührgeräte einzubauen (Bild 8); bislang werden solche Fahrzeuge jedoch nur wenig verwendet.

Die Beförderung in einfachen Muldenfahrzeugen ist auf 45 min begrenzt, weil Beton in oben offenen Mulden dem Einfluß des Wetters stärker ausgesetzt ist als in Mischerfahrzeugen. In Mulden mit



Bild 8
Muldenfahrzeug
mit Rührereinrichtung.
Werkfoto: Basenor,
Detmold

einem abschließenden Deckel, der den Beton vor Regen, Sonne und Fahrtwind schützt, könnte man längere Beförderungszeiten zugestehen [8].

4. Lieferung nach Betongüte und Konsistenz

Für die zweckmäßige Handelsform (Bestellung) des Transportbetons bestehen zwei Möglichkeiten: Entweder Lieferung nach Zusammensetzung oder Lieferung nach Festigkeit. In Kreisen der Transportbetonhersteller wird häufig eine Lieferung nach Zusammensetzung für die günstigste Regelung gehalten; der Bezieher

gibt dabei an, welche Zusammensetzung (Zementgehalt, Wasser, Zuschläge usw.) er beziehen möchte. Damit hätte der Besteller und Verarbeiter auch die Verantwortung zu übernehmen, daß die Zusammensetzung und die damit angestrebten Eigenschaften (z. B. Festigkeit) den gestellten Forderungen entsprechen. Dieser Auffassung ist man in den Richtlinien nicht gefolgt, weil der Besteller die Eigenschaft der Ausgangsstoffe Zement, Zuschlag usw. im allgemeinen nicht kennt und damit ihre Auswirkung auf die Betongüte nicht beurteilen kann. Als Handelsform wurde daher die Lieferung nach Festigkeit bzw. Lieferung nach Betonsorten eingeführt. Die Unterteilung in verschiedene Betonsorten geschieht nach den folgenden, rein technischen Überlegungen:

Für die Standsicherheit eines Betonbauwerkes ist es unerlässlich, daß der Beton die der statischen Berechnung zugrunde gelegte und in der Ausschreibung vorgeschriebene Festigkeit erreicht. Für die Verarbeitung durch den Bezieher ist es darüber hinaus wichtig, daß der Beton eine Konsistenz aufweist, die unter den örtlichen Gegebenheiten und der gewählten Verdichtungsart eine vollständige Frischbetonverdichtung ermöglicht.

Die als Transportbeton üblichen Betonsorten unterscheiden sich somit erstens nach der 28 Tage-Druckfestigkeit, auch Betongüte genannt, und zweitens nach der Konsistenz. Für die Druckfestigkeit gibt es in den Normen schon seit Jahrzehnten Klassen – B 50, B 80 usw. bis B 600. Neu geschaffen wurden in den Transportbeton-Richtlinien definierte Konsistenzbereiche. Drei verschiedene Konsistenzbereiche, nämlich steif, plastisch und weich, schienen sowohl notwendig als auch ausreichend²⁾. Die angegebene Konsistenz muß bei der Übergabe auf der Baustelle vorhanden sein.

Man bestellt Transportbeton beispielsweise wie folgt: B 225/K 2. Das ist ein plastischer Beton mit einem Ausbreitmaß zwischen 36 und 40 cm und einer 28 Tage-Druckfestigkeit von wenigstens 225 kp/cm². Es ist Sache des Transportbetonherstellers, wie er im Rahmen der Beton- und Stahlbetonbestimmungen diese Anforderungen möglichst wirtschaftlich erreicht; er muß sie jedoch garantieren und haftet dafür.

Bei insgesamt 7 Druckfestigkeitsklassen und jeweils 3 Konsistenzen ergeben sich bereits ohne weitere Sondereigenschaften theoretisch 21 Betonsorten, von denen jedoch manche nur selten verlangt werden [10]. Hinsichtlich Festigkeit werden etwa die Hälfte der Betone als B 225, jeweils ein Sechstel als B 160 und B 300 und ein Zehntel als B 120 geliefert. Die anderen 3 Betongüten B 50, B 80 und B 450 haben Marktanteile, die bei oder unter 5 % liegen. Etwa die Hälfte des Transportbetons wird als plastischer Beton K 2 geliefert. Auf den steifen Beton entfällt etwas mehr als ein Viertel und auf den weichen Beton etwas weniger als ein Viertel. Die Pra-

²⁾ Konsistenz K 1 = steif: Eindringmaß 2 bis 6 cm
Konsistenz K 2 = plastisch: Ausbreitmaß 36 bis 40 cm
Konsistenz K 3 = weich: Ausbreitmaß 42 bis 50 cm
Für den mit Konsistenzmaßen weniger Vertrauten gibt es Erläuterungen, für welche Bauteile man zweckmäßig welche Konsistenz wählt [9].

xis scheint mit einer Unterscheidung in die vorgenannten drei Konsistenzbereiche im allgemeinen auszukommen; denn nur 2 % aller Lieferungen werden mit gesonderten Anforderungen gestellt, z. B. im Straßenbau mit einer dazwischen liegenden Konsistenz K 1/K 2.

5. Transportbeton mit Sondereigenschaften

Neben den Standard-Betonsorten, die sich nur nach Festigkeit und Konsistenz unterscheiden, kann man auch Transportbeton mit Sondereigenschaften beziehen. Voraussetzung ist allerdings, daß das Transportbetonwerk mit diesem gewünschten Sonderbeton vorab die gleichen Eignungsprüfungen wie für seine Standard-Betonsorten nach DIN 1045 macht und damit auch eine Gewährleistung übernehmen kann. Es ist also nicht zulässig, daß ein Bauunternehmer aus der Liste eine Standard-Betonsorte wählt, der dann ohne Eignungsprüfung irgendein Zusatzmittel zugegeben wird.

Verglichen mit den auf der Baustelle hergestellten Betonen werden dem Transportbeton sehr wenig Zusatzmittel zugegeben. Das mag seinen Grund darin haben, daß die Transportbetonhersteller den Nutzen dieser Mittel eingehend beurteilen und daß sie den Kostenaufwand für diese Mittel mit dem für andere Maßnahmen – z. B. besserer Kornaufbau, höherer Zementgehalt – vergleichen. Die Transportbetonwerke verwenden bei ihren Standard-Betonen gegebenenfalls zwei Zusatzmittelarten, entweder Verflüssiger zu Betonen hoher Festigkeit, weil damit der Wasseranspruch gesenkt und Zement eingespart werden kann, oder luftporenbildende Verflüssiger in sandarmen Gebieten, weil man damit die Verarbeitbarkeit verbessern kann. Auf Wunsch der Kunden werden dem Transportbeton auch Dichtungsmittel zugegeben, obschon in Fachkreisen bekannt ist, daß man Beton auch ohne Zusatzmittel wasserundurchlässig aufbauen kann und daß diese Dichtungsmittel oft andere Eigenschaften beeinträchtigen [11].

Wird bei der Bestellung nichts weiter vereinbart, so beträgt das Größtkorn des Zuschlags 30 mm. Es wird des öfteren für dünne Bauteile oder bei enger Bewehrung jedoch ein Größtkorn von nur 15 mm gewünscht. Dafür haben die meisten Transportbetonhersteller die am meisten gefragten Betonsorten zusätzlich auch mit einem Größtkorn von 15 mm in ihr Lieferprogramm aufgenommen.

Beton, der durchfeuchtet ungewöhnlicher Frostbeanspruchung oder Tausalzeinwirkung ausgesetzt ist, sollte bei einem Größtkorn von 30 mm mit einem Gehalt künstlich erzeugter Luftporen (Mikroporen) von wenigstens 3,5 Vol.-% hergestellt werden. Oft wird befürchtet, daß durch das fortwährende Mischen und Rühren in den Mischerfahrzeugen ein unbeherrschbarer und zu hoher Luftporengehalt entsteht, also etwas übertrieben eine Art Schaumbeton. Versuche haben ergeben, daß das bei den üblichen LP-Zusatzmitteln nicht der Fall ist, sondern daß der Luftporengehalt nach wenigen Minuten ein Maximum erreicht und dann wieder zurückgeht, so daß er nach 1 bis 2 Stunden Rühren nur noch die Hälfte des Sollwertes ausmacht [12]. Bei Verwendung von LP-Zusatzmitteln muß

die für den gewünschten Luftgehalt erforderliche Zusatzmenge bei der Eignungsprüfung auf den im Fahrzeug entstehenden Luftgehalt abgestimmt werden.

Erstarrungsverzögernde Zusatzmittel wirken sich bei fortwährend gemischtem Transportbeton häufig nicht recht aus. Nach amerikanischen Untersuchungen wirkten Verzögerer bei einfacher Zugabemenge nicht verzögernd, und bei doppelter Zugabe führten sie zum Teil zu einer Beschleunigung des Erstarrens [13].

6. Einfluß langen Mischens und Lagerns

Nicht nur bei Sonderbeton mit Zusatzmitteln, sondern allgemein tauchen bei Transportbeton immer wieder die Fragen auf, ob die Betoneigenschaften durch langes Mischen oder Lagern nicht beeinträchtigt werden, wie lange das Mischen, Lagern oder Nachverdichten ohne stärkere Schädigung ausgedehnt werden dürfen und in welchem Maße die verschiedenen Betoneigenschaften in Abhängigkeit von der Misch- und Lagerzeit, der Mischintensität, der Temperatur und der Betonzusammensetzung verändert werden. Hierzu seien aus größeren Untersuchungen [8] einige Beispiele gebracht, die nur die Tendenz erkennen lassen, weil dabei kein Mischerfahrzeug, sondern ein abgedeckter Laborzwangsmischer verwendet wurde.

Bild 9 gibt den Einfluß auf die Konsistenz wieder. Lagerte der Beton abgedeckt im Mischer, so veränderte sich die Konsistenz auch nach 6 Stunden praktisch nicht, wenn er unmittelbar vor der Prüfung erneut 1 min durchgemischt wurde. Wurde der Beton fortwährend langsam gemischt, so versteifte der Beton, in der ersten Stunde relativ wenig, dann stärker.

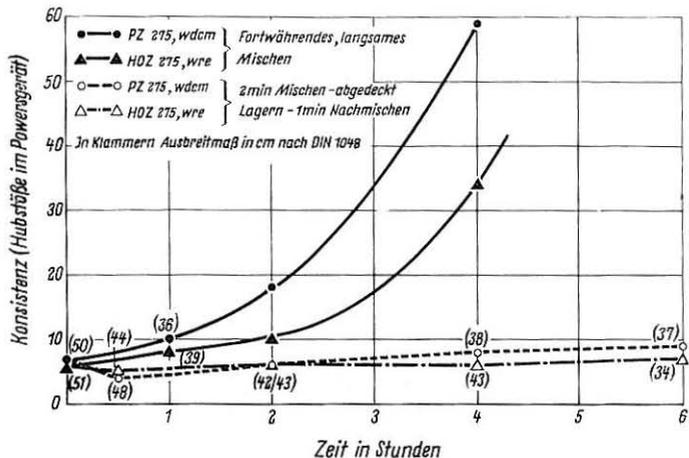


Bild 9 Einfluß von langem Mischen (Zwangsmischer) oder Lagern des Betons auf seine Konsistenz. Beton mit rd. 240 kg/m³ Zement und Wasserzementwert 0,74. Lufttemperatur rd. 20 °C

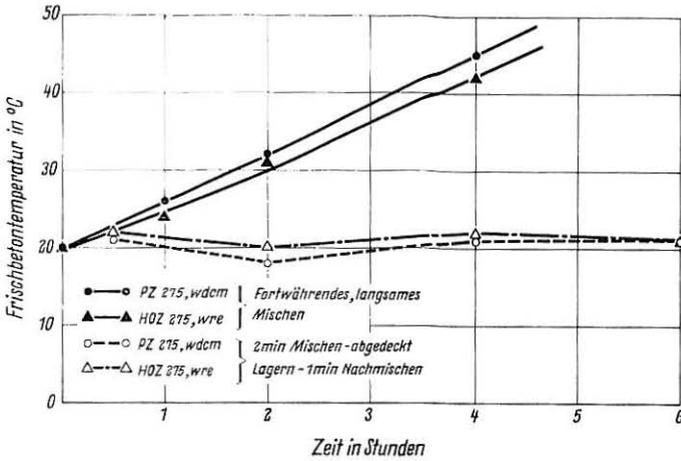


Bild 10 Einfluß von langem Mischen (Zwangsmischer) oder Lagern des Betons auf seine Temperatur. Beton wie in Bild 9

Ähnliche Ergebnisse zeigt Bild 10, in dem über der Zeit die Frischbetontemperatur aufgetragen ist. Lagerte der Beton abgedeckt im Mischer, so blieb die Temperatur praktisch konstant. Bei fortwährendem Mischen stieg sie stetig an – bei diesen Versuchen sogar linear. In Mischerfahrzeugen, also praktisch Freifallmischern, ist der Temperaturanstieg nicht so groß wie in Zwangsmischern. Dort ist mit Temperaturanstiegen um rd. 5, maximal 10 °C zu rechnen [12].

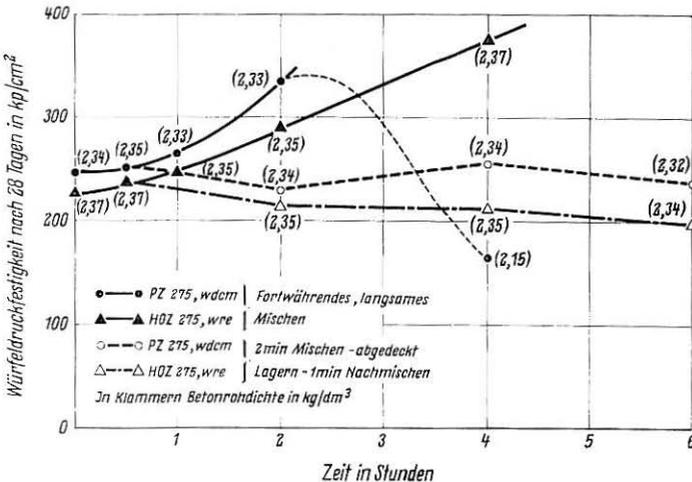


Bild 11 Einfluß von langem Mischen (Zwangsmischer) oder Lagern des Betons auf seine 28 Tage-Druckfestigkeit. Beton wie in Bild 9

In Bild 11 ist über der Zeit die 28 Tage-Druckfestigkeit aufgetragen. Durch langes Lagern wird die Druckfestigkeit wenig verändert; sie kann bis zu 10 % vermindert werden. Dagegen wird die Druckfestigkeit durch langes Mischen erheblich gesteigert und zwar so lange, wie die immer steifer werdende Konsistenz ein vollständiges Verdichten erlaubt. Ist dies nicht mehr möglich, sinkt z. B. die Frischbetonrohddichte von rd. 2,33 infolge nicht mehr ausreichender Verdichtung auf 2,15 kg/dm³, dann geht naturgemäß auch die Festigkeit zurück. Die hier festgestellte Festigkeitssteigerung durch langes Mischen ist keine Ausnahme, sondern hat sich in vielen Versuchen seit langem immer wieder bestätigt [8]. Gibt man dem versteiften Beton allerdings Wasser zu, um seine ursprüngliche Konsistenz wieder zu erlangen, dann kann die Festigkeit unter die Ausgangsfestigkeit absinken.

7. Überwachung des Transportbetons

Wird auf einer Baustelle Beton hergestellt, so hat der verantwortliche Bauleiter für den Nachweis der Güte sowohl der Ausgangsstoffe als auch des fertigen Betons zu sorgen; er muß z. B. vor Verwendung des Zements dessen Erstarrungsverhalten überprüfen, und er muß sich durch eine vorausgehende Eignungsprüfung davon überzeugen, daß der Beton mit der von ihm gewählten Zusammensetzung die geforderte Festigkeit mit Sicherheit erreicht. Bei Verwendung von Transportbeton kann der Bauleiter diese vorgeschriebenen Prüfungen nicht ausführen, da er bereits den fertig gemischten Beton erhält. Um die dadurch entstandene Unsicherheit auszuräumen, wurde in den Vorläufigen Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Transportbeton der verantwortliche Bauleiter vom Nachweis der Güte der Ausgangsstoffe und von der Eignungsprüfung des Betons entbunden. Diese Verpflichtung wurde auf das Transportbetonwerk übertragen, das nur Betonsorten liefern darf, deren Zusammensetzung vom Werk durch Eignungsprüfung festgelegt ist. Den Nachweis der Güte des abgelieferten Betons hat der verantwortliche Bauleiter außerdem zu erbringen. Ein Urteil ist immer erst nach dem Einbau des Betons möglich.

Die Eigenüberwachung des Transportbetons beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Güte der Ausgangsstoffe und die Eignungsprüfung, sondern das Werk muß auch Festigkeit und Konsistenz seiner Produktion laufend überwachen. Hierfür sind monatlich für jede ausgelieferte Betonsorte auf jeweils 500 m³ mindestens drei Druckfestigkeitswürfel anzufertigen.

In den Vorläufigen Richtlinien wird zusätzlich zu der Eigenüberwachung noch eine übergeordnete Aufsicht durch eine fachkundige, neutrale Stelle verlangt. Diese überwachende Stelle prüft zunächst, ob mit den Werkseinrichtungen und dem leitenden Personal überhaupt eine einwandfreie und gleichmäßige Herstellung von Transportbeton möglich ist. Ferner werden die Ergebnisse der Eignungs- und Güteprüfungen sowie die anderen notwendigen Eintragungen in das Werkstagebuch regelmäßig überprüft. Dazu kommen noch Stichproben (Güteprüfung) auf Veranlassung dieser überwachenden Stelle.



Bild 12 Güte-
zeichen für
Trans-
portbeton

Als überwachende Stellen werden in den Richtlinien amtlich anerkannte Prüfanstalten oder amtlich anerkannte Güteschutzgemeinschaften anerkannt. Zunächst schlossen die Transportbetonwerke Überwachungsverträge mit Prüfanstalten ab. Zwischenzeitlich wurde von einigen Transportbetonwerken eine Güteschutzgemeinschaft aufgebaut, die im letzten Jahr nach Erfüllung der personellen Voraussetzungen amtlich anerkannt wurde. Die Werke haben die Wahl, sich von dieser Güteschutz-

gemeinschaft oder wie bisher von den Prüfanstalten überwachen zu lassen. Innerhalb des Güteschutzes sind unabhängige, fachkundige Gebietsbeauftragte tätig, die 10 bis 15 Werke betreuen und ihren Befund an den Sitz dieser Organisation in Köln senden. Dort entscheidet ein Güteausschuß über Aufnahme in die Güteschutzgemeinschaft und verleiht damit dem Transportbetonwerk das Recht, ein geschütztes Gütezeichen zu führen (Bild 12). Dieses Gütezeichen dient dem Werk als Nachweis, daß seine Einrichtung und seine Erzeugnisse den Richtlinien entsprechen und durch Prüfungen laufend überwacht werden.

8. Zusammenfassung

8.1 Im letzten Jahrzehnt sind in Deutschland über 500 Transportbetonwerke errichtet worden, die 1964 rd. 13 Mill. m³ Beton auslieferten. Etwas über 10 % der Zementerzeugung wurde 1964 für Transportbeton verbraucht.

8.2 Kennzeichnend für Transportbeton ist in Deutschland, daß der Beton aus einer nicht speziell für eine bestimmte Baustelle errichteten Aufbereitungsanlage stammt, in besonderen Fahrzeugen befördert und auf der Baustelle übergeben wird.

8.3 Transportbeton wird in Deutschland in verschiedenen Sorten geliefert, die sich nach garantierter 28 Tage-Druckfestigkeit (7 Klassen) und 3 Konsistenzbereichen (steif, plastisch, weich) unterscheiden. Betone mit Sondereigenschaften, wie z. B. besonders hohe Wasserundurchlässigkeit oder Frostbeständigkeit, können ebenfalls bezogen werden.

8.4 Verglichen mit Baustellenbeton werden zu Transportbeton nur wenig Zusatzmittel verwendet. Die Transportbetonwerke verwenden aus eigenem Antrieb des öfteren verflüssigende oder luftporenbildende Zusatzmittel. Auf Wunsch des Beziehers werden dem Transportbeton auch Dichtungsmittel zugegeben.

8.5 Durch stundenlanges, fortwährendes Mischen versteift der Beton schneller, und seine Temperatur steigt an. Sofern sich der versteifte Beton noch vollständig verdichten läßt, wird die Festigkeit durch langes Mischen erhöht. Gibt man Wasser hinzu, um die ursprüngliche Konsistenz wieder zu erlangen, dann fällt die Festigkeit meist kleiner aus.

8.6 Transportbeton muß in Deutschland güteüberwacht sein; hierzu gehören eine Eigenüberwachung und eine Überwachung durch eine fachkundige, neutrale Stelle (amtlich anerkannte Prüf-anstalt oder Güteschutzgemeinschaft). Eine solche Güteschutz-gemeinschaft, die auch ein Gütezeichen verleiht, besteht seit 1964.

S C H R I F T T U M :

- [1] Misch, P.: Die vorläufigen Richtlinien für Transportbeton. Beton- und Stahlbetonbau 56 (1961) H. 4, S. 97/102.
- [2] Wischers, G.: Vergleich deutscher und holländischer Bestimmungen über Transportbeton. Betontechnische Berichte 1962. Beton-Verlag, Düsseldorf 1963, S. 109/121.
- [3] Domscheil, E.: Transportbeton in Deutschland. Die Bauwirtschaft 14 (1960) H. 39, S. 866/871.
- [4] Wischers, G.: Schwedische Richtlinien für Transportbeton. Beton-technische Berichte 1964. Beton-Verlag, Düsseldorf 1965, S. 219/231.
- [5] Ahearn, V. P.: Production and value of ready mixed concrete in 1961. Nat. Ready Mixed Concr. Assoc., Washington 1962.
- [6] Künzel, W.: Transportbeton auf neuen Wegen. beton 10 (1960) H. 1, S. 9/14.
- [7] Maier, E.: Verhalten des Frischbetons während des Transportes in offenen Mulden. Leistungssteigerung im Baugewerbe. Beiträge aus Forschung und Praxis Nr. 71. Beilage zur Ausgabe A „Das Baugewerbe“ 12/1961, S. 291/294.
- [8] Wischers, G.: Einfluß langen Mischens oder Lagerns auf die Beton-eigenschaften. Betontechnische Berichte 1963, Beton-Verlag, Düsseldorf 1964, S. 21/52.
- [9] Wischers, G.: Transportbeton. Zement-Taschenbuch 1964/65. Bauver-lag, Wiesbaden 1963, S. 347/369.
- [10] Steege, H. D.: Transportbeton-Ratgeber. Bauverlag, Wiesbaden/Berlin 1965.
- [11] Albrecht, W., und K. Mannherz: Eigenschaften von Betonzusatzmitteln — Eine Zusammenstellung von Prüfergebnissen. Betonstein-Zeitung 29 (1963) H. 6, S. 281/296.
- [12] Peters, H.: Der Einfluß verlängerten Mischens auf die Eigenschaften des Betons — Versuchsergebnisse aus den USA. Die Bauwirtschaft 18 (1964) H. 29, Beilage Transportbeton T 22/T 24.
- [13] Gaynor, R. D., und D. L. Bloem: Discussion of a paper by M. J. Hawkins: Concrete retempering studies. Proc. Amer. Concr. Inst. 59 (1962) H. 9, S. 1251/1254.