

Technologische und mechanische Besonderheiten des konstruktiven Leichtbetons *)

Von Kurt Walz, Düsseldorf

Übersicht

In der Bundesrepublik wird Leichtbeton hoher Festigkeit im konstruktiven Ingenieurbau zur Zeit nicht verwendet, da die hierfür erforderlichen leichten Zuschlagstoffe hoher Festigkeit noch fehlen. Demgegenüber finden sich in den USA viele Erzeugungsstätten; auch in Deutschland bieten sich Rohstoffe und entsprechende Brennverfahren dafür an.

Der hochwertige Konstruktions-Leichtbeton ist teurer als Schwerbeton gleicher Druckfestigkeit; doch sind mit ihm wegen seines kleineren Gewichts wirtschaftliche Vorteile und erweiterte Konstruktionsmöglichkeiten verbunden. Für Betongüten B 300 und höher soll die Rohdichte (das Raumgewicht) des Leichtbetons bis höchstens etwa $1,80 \text{ kg/dm}^3$ reichen. Die Rohdichte des größeren Zuschlagkorns für solche Betone liegt zwischen $1,20$ und $1,50 \text{ kg/dm}^3$ (für übliches Zuschlaggestein zwischen etwa $2,6$ und $3,0 \text{ kg/dm}^3$). Da Rohdichte, Kornfestigkeit und Wasseraufnahme der einzelnen Leichtzuschlag-Erzeugnisse sehr unterschiedlich sein können, ist es nötig, vor jeder Verwendung Eignungsprüfungen mit Beton anzustellen, bei denen mehr als beim Schwerbeton auf die möglicherweise große Wasseraufnahme und auf das Größtkorn des Zuschlags Rücksicht genommen werden muß.

Die kleinere Festigkeit des porenreichen Zuschlagkorns verlangt gegenüber Schwerbeton gleicher Druckfestigkeit einen höheren Zementgehalt, und der mäßige Verformungswiderstand der Körner macht sich in einem meist kleineren E-Modul, größerem Schwinden und Kriechen, kleinerer Schubfestigkeit sowie in anderen unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften bemerkbar. Diese Unterschiede gegenüber Schwerbeton sind bei den Rechenwerten für Stahl- und Spannbeton, soweit nötig, zu berücksichtigen.

Nach langjährigen amerikanischen Erfahrungen bietet der Leichtbeton bei angemessener Überdeckung der Bewehrung einen ausreichenden Rostschutz. Ein besonderer Vorteil des Leichtbetons ist seine niedere Wärmeleitfähigkeit (größere Wärmedämmung),

*) Nach einem Vortrag auf dem Deutschen Betontag in Berlin am 31. 3. 1965

die sich, ebenso wie die kleinere Wärmedehnung, auch in einem günstigen Verhalten bewehrter Bauteile im Feuer auswirkt.

Es besteht Grund anzunehmen, daß angesichts der vorteilhaften und vielseitigen Anwendung des Konstruktions-Leichtbetons höherer Festigkeit in den USA auch bei uns eine ähnliche Entwicklung einsetzen wird.

1. Einleitung

Bei der breiten Anwendung des Konstruktions-Leichtbetons in den USA erhebt sich die Frage, warum eine ähnliche Entwicklung bei uns bisher nicht eingesetzt hat. Man mag dies damit erklären, daß keine geeigneten Zuschlagstoffe für einen Leichtbeton hoher Festigkeit – der dem Konstrukteur einen Anreiz bietet – verfügbar sind. Damit ist die Frage von der bautechnischen Seite zunächst auf die Seite der Zuschlagherzeugung verschoben. Sicher ist, daß Rohstoffe für brauchbaren Leichtzuschlag auch bei uns verfügbar sind und daß die Anlagen zur Erzeugung ohne technische Schwierigkeiten erstellt werden können. Sie werden auch nicht auf sich warten lassen, wenn der künstlich erzeugte, teurere Leichtzuschlag wirtschaftlich untergebracht werden kann. Dies setzt seine Verwendbarkeit für Konstruktionsbeton hoher Güte und keine zu einengenden Berechnungs- und Konstruktionsbedingungen voraus. Angesichts der umfassenden amerikanischen Versuchsgrundlagen, die auch in den neuen amerikanischen Bestimmungen berücksichtigt sind, wird hier kein Neuland betreten [1]. Man sollte sich bei uns schon jetzt Gedanken darüber machen, inwieweit einige Rechengrößen von denen für Schwerbeton abweichen und nötigenfalls zu berücksichtigen sind.

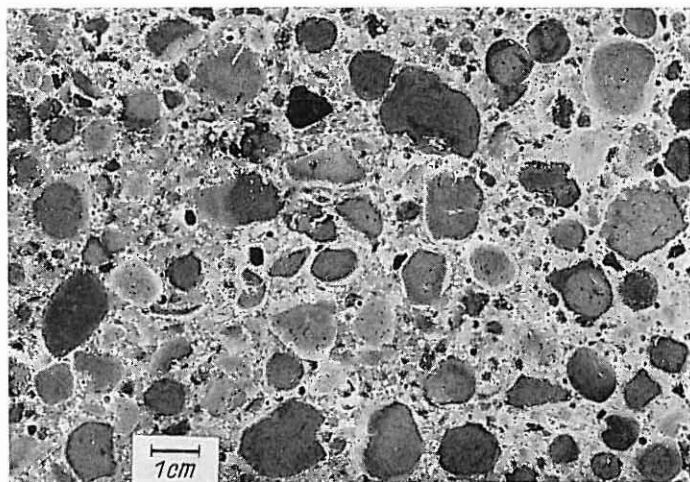


Bild 1 Konstruktions-Leichtbeton aus Flugasche-Sinterbims H, Größtkorn 20 mm ($W_{28} = 360 \text{ kp/cm}^2$, $\rho = 1,77 \text{ kg/dm}^3$; Zementgehalt 350 kg/m^3 ; 22 Stoffraum-% Quarzsand)

Hochwertiger Konstruktions-Leichtbeton ist teurer als Schwerbeton gleicher Druckfestigkeit. Er kann jedoch durch das geringere Gewicht der Konstruktion wirtschaftliche Vorteile bieten, vor allem für Hochhausbauten, weitgespannte Konstruktionen und Fertigteile. Er erlaubt neben erweiterten konstruktiven Möglichkeiten Einsparungen an Betonvolumen, an Bewehrungsstahl, ebenso bei der Gründung, beim Transport von Fertigteilen u. a. m.

Einfache Gütemerkmale für solchen Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge, Bild 1, sind seine Druckfestigkeit und die Rohdichte (Raumgewicht). Hochwertiger Leichtbeton sollte Betongüten ab etwa B 300 aufweisen. Die Betongüte B 450, wie für Spannbeton, ist mit günstigen Leichtzuschlägen noch zuverlässig herstellbar. Die Rohdichte des lufttrockenen Betons soll möglichst $1,80 \text{ kg/dm}^3$ nicht überschreiten; die untere Grenze kann auch bei hoher Festigkeit unter günstigen Verhältnissen bei $1,50 \text{ kg/dm}^3$ liegen.

Im folgenden soll, soweit dies in einem kurzen Referat möglich ist, auf Besonderheiten dieses Leichtbetons und der Leichtzuschläge im einzelnen eingegangen werden.

2. Zuschlagstoffe

Während die Kornfestigkeit der üblichen Zuschlagstoffe für Schwerbeton zwar unterschiedlich ist, in der Regel aber bis zur Betongüte B 450 keinen wesentlichen Einfluß auf die Betonfestigkeit hat, sind der Verformungswiderstand und die Kornfestigkeit bei den porigen Leichtzuschlagstoffen, insbesondere bei den gröberen Korngruppen, wesentlich kleiner und unter sonst gleichen Verhältnissen für den Verformungswiderstand und die Bruchfestigkeit bestimmend. Dabei spielt das Herstellungsverfahren des Leichtzuschlags aus geeigneten Tonen, Tongesteinen, Flugaschen usw. nur insofern eine Rolle, als davon in erster Linie Form und Oberflächenbeschaffenheit des Korns abhängen. Das Brennen im Drehofen, auf dem Sinterband, im Schachtofen oder Tunnelofen bewirkt in jedem Falle ein beginnendes Schmelzen und ein Aufblähen der Rohmassen. Insgesamt werden die Korneigenschaften bei gleichen Kornabmessungen vom Porengehalt, von der Porenbildung und der spezifi-

Tafel 1 Bereich der Kornrohichte günstiger Zuschläge für konstruktiven Leichtbeton B 300 und höher

Zuschlag	Kornrohichte kg/dm^3
Grobe Korngruppen im Bereich 5 bis 20 mm	rd. 1,2 bis 1,5
Feinere Korngruppen bis etwa 5 mm	bis rd. 1,8
Zum Vergleich: Zuschlag für Schwerbeton	2,6 bis 3,0



Bild 2 Drehofen-Blähton 9,5/25 mm aus Schieferthon („Idealite“ der Idealite Co., Denver/Col.); Kornrohddichte 1,18 kg/dm³ (Kornrohddichte der Korngruppe 2,4/9,5 mm rd. 1,3 kg/dm³); Betonfestigkeit W_{28} rd. 500 kp/cm² bei einer Rohddichte von 1,50 kg/dm³

sehen Festigkeit des gebrannten Stoffes beeinflusst. Auch die beton-technisch zu beachtende Wasseraufnahme und Gasdurchlässigkeit hängen davon ab.

Die Kornfestigkeit nimmt im allgemeinen mit der Kornrohddichte zu; die Kornrohddichte darf im großen und ganzen bei größeren Korngruppen jedoch 1,50 kg/dm³ nicht überschreiten (Tafel 1), wenn noch ein Leichtbeton mit einer Rohddichte von höchstens 1,80 kg je dm³ erzielt werden soll. Günstige, noch ausreichend feste Zuschlagstoffe können aber auch Rohdichten um 1,2 kg/dm³ aufweisen, wie z. B. der in Bild 2 wiedergegebene, im Drehofen geblähte Schieferthon I. Er ermöglichte eine Betondruckfestigkeit W_{28} von rd. 500 kp/cm² bei einer Betonrohddichte von nur 1,50 kg/dm³. Bild 3 gibt einen Schnitt durch ein Korn der Korngruppe 9/25 mm von Blähton I wieder; man erkennt ein gleichmäßiges Gefüge mit kleinen, meist geschlossenen Poren.

Nicht gebrochene, feinere Korngruppen bis 3 mm oder 5 mm sind porenärmer und zeichnen sich daher durch eine höhere Kornrohddichte aus. Sie kann für diese Korngruppen, wie z. B. bei Drehofen-Blähton, rd. 1,80 kg/dm³ erreichen und damit bereits so hoch liegen wie der für Leichtbeton angesetzte Grenzwert selbst.

Das Verhältnis von Kornfestigkeit zu Kornrohddichte soll möglichst groß sein; es ist jedoch bei den einzelnen Rohstoffen durch den Aufbereitungs- und Brennvorgang nur in bestimmten Grenzen zu beeinflussen. Damit erhebt sich die Frage, wie man feststellen kann, ob ein bestimmter Leichtzuschlag für Beton hoher Festigkeit geeignet ist. Der sog. Zertrümmerungsgrad, der für einzelne Korn-



Bild 3 Schnitt durch ein Korn des Blähtons I, Korngruppe 9/25 mm

gruppen durch Stempeldruck auf eine Koranschüttung erhalten wird, wurde schon früher in anderem Zusammenhang zur Beurteilung der Festigkeit von Leichtzuschlägen herangezogen [2].

In Bild 4 ist der Druckzertrümmerungsgrad für die Korngruppe 7/15 mm von 9 Leichtzuschlägen [3] in Abhängigkeit vom Poren-

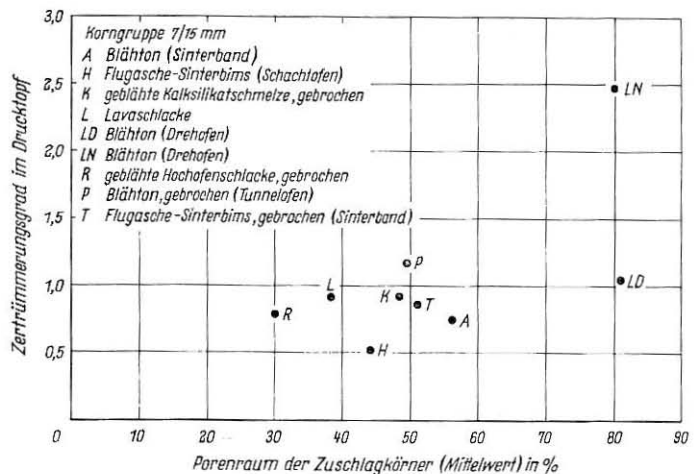


Bild 4 Zertrümmerungsgrad von Leichtzuschlagstoffen 7/15 mm

raum der Körner aufgetragen. Demnach spiegelte sich z. B. der extrem hohe Porengehalt von 80 % nur in einem Falle (Zuschlag LN) auch in einem hohen Zertrümmerungsgrad wider. (Dabei muß man auch berücksichtigen, daß bei der Zertrümmerung im Drucktopf die Kornform vielleicht größeren Einfluß hat als bei der Druckbeanspruchung im Beton.) Beim Vergleich dieser Zertrümmerungsgrade mit den erreichten Betondruckfestigkeiten [3] ergab sich keine klare Beziehung. Höchstens extrem hohe und niedere Zertrümmerungsgrade schienen sich unter sonst gleichen Verhältnissen in der Betondruckfestigkeit auszuwirken; doch fanden sich auch in diesem Bereich Ausnahmen. Kleine Änderungen der Mischungszusammensetzung wirkten sich auf die Betondruckfestigkeit wesentlich mehr aus als der Zertrümmerungsgrad.

Ob sich ein Leichtzuschlag für Beton hoher Festigkeit grundsätzlich eignet, kann also nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen zuverlässig nur durch Prüfung des Betons mit einem auf den betreffenden Zuschlag abgestimmten Mischungsaufbau beurteilt werden. Dabei muß auch untersucht werden, welchen Durchmesser das Größtkorn höchstens aufweisen soll, damit ein Optimum für Druckfestigkeit und Rohdichte des Betons erzielt wird. Man wird selten über ein Größtkorn von rd. 20 mm hinausgehen können. Für Leichtbeton hoher Festigkeit zu Fertigteilen wird in den USA der Durchmesser des Größtkorns, auf Rundlochsiebe bezogen, häufig schon mit etwa 12 mm begrenzt. Schließlich wird zu überlegen sein, ob in die seit längerer Zeit in Neubearbeitung befindlichen „Richtlinien für die Lieferung und Abnahme von Betonzuschlagstoffen“ (DIN 4226) besondere Anforderungen an Leichtzuschläge für Konstruktionsbeton aufzunehmen sind, wie z. B. hinsichtlich Beständigkeit bei feuchter Wärme oder bei Frosteinwirkung, hinsichtlich Rostbildung, Glühverlust u. a. m.

3. Betonzusammensetzung, Druckfestigkeit und Rohdichte

Wegen des Einflusses der von Erzeugnis zu Erzeugnis unterschiedlichen Kornfestigkeit wird für Leichtbeton in den neuen Stahlbetonbestimmungen stets eine Eignungsprüfung gefordert werden. Es ist zu empfehlen, bei der Eignungsprüfung für Leichtbeton grundsätzlich wie bei Schwerbeton vorzugehen. Jedoch ist bei der Aufstellung von Sieblinien für verschiedenes Größtkorn – wegen der unterschiedlichen Rohdichten der einzelnen Korngruppen – mit Stoffraumanteilen zu rechnen, wie dies bei Schwerbeton aus verschiedenen schweren Korngruppen nötig ist.

Eine besondere Beachtung verdient weiter das meist starke Wasseraufsaugen des Leichtzuschlags, das den Entwurf einer Mischung für bestimmte Druckfestigkeit unter Benutzung des Wasserzementwert-Gesetzes erschwert [4]. Bei der Eignungsprüfung im Laboratorium kann man diesem Umstand durch Verwendung kernfeuchter und weitgehend oberflächentrockener Korngruppen oder durch die nicht ganz einfache Ermittlung der eigentlichen Oberflächenfeuchtigkeit Rechnung tragen. Durch Zugabe von Zementleim mit abgestuften Wasserzementwerten zum Zuschlaggemisch werden vom Wasserzementwert her definierte Probemischungen erhalten, aus

denen dann jene Mischung für die Baustelle vorzusehen ist, die eine angemessene Rohdichte und Druckfestigkeit erwarten läßt. Beim Abmessen auf der Baustelle kann jedoch nur der Zement nach Gewicht zugegeben werden, während der Leichtzuschlag mit seinem großen Saugvermögen bzw. seiner ins Gewicht fallenden, selten gleichzuhaltenden Kernfeuchtigkeit in der Regel nach Raumteilen abzumessen ist. Die Zusatzwassermenge muß dabei mit der bei der Eignungsprüfung festgelegten Konsistenz eingestellt und überwacht werden. Leichtbeton darf nicht zu weich gemacht werden, weil sonst bei längerer Rütteleinwirkung ein Entmischen durch Aufschwimmen der gröbereren Zuschlagkörner möglich ist. Ausführlichere Angaben zum Entwurf der Mischung, zur Eignungsprüfung und zum Abmessen auf der Baustelle finden sich bereits an anderer Stelle¹⁾.

Aus solchen Eignungsprüfungen wie auch aus vielen anderen Untersuchungen ist bekannt, daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Leichtbeton im allgemeinen einen höheren Zementgehalt erfordert als üblicher Schwebeton gleicher Festigkeit. Eine Regel hierfür läßt sich nicht aufstellen, weil, wie auch aus Bild 5 hervorgeht, der Zementgehalt für eine bestimmte Betongüte weitgehend von den Korneigenschaften des verwendeten Leichtzuschlags abhängt. Der Zementgehalt liegt selbst für die Mischungen in Bild 5, die als Zuschlag durchweg Drehofen-Blähtone, also gleichartigen Zuschlag, enthalten, für eine Betongüte B 400 in dem weiten Bereich von etwa 325 kg bis 475 kg je m³. Man erkennt aber auch, daß mit günstigen Zuschlägen und Zement hoher Normenfestigkeit nach dieser aus verschiedenen amerikanischen Untersuchungen zusam-

¹⁾ Siehe [1], Abschnitt 4.

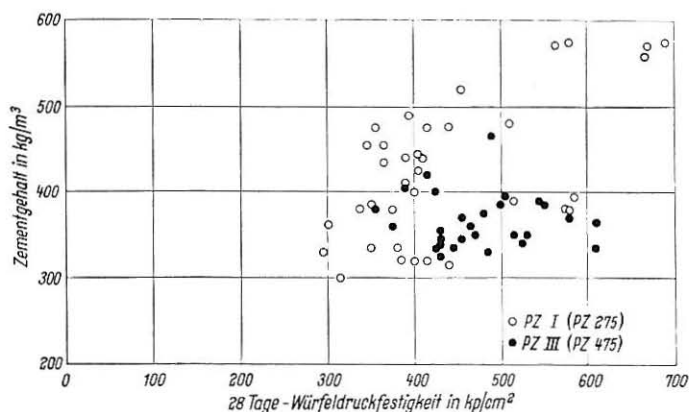


Bild 5 Zementgehalt von Konstruktions-Leichtbeton der Betongüten B 300 und höher; Rohdichte der Betone zwischen rd. 1,45 und 1,75 kg/dm³. (Zusammengestellt nach 10 amerikanischen Untersuchungen mit Betonen aus Drehofen-Blähtonen; siehe [1])

mengestellten Übersicht Betongütern zwischen B 400 bis B 600 bereits mit Zementgehalten zwischen rd. 325 und 400 kg/m³ erzielt wurden. Hierunter fanden sich auch Mischungen, die im Alter von 1 Tag nach Wärmebehandlung eine Betongüte B 400 lieferten, also eine Festigkeit, die für B 450 zum Vorspannen im Spannbett ausreichend ist.

Durch eine Zugabe von Natursand zum Leichtzuschlaggemisch – sei es zur Ergänzung der feinen Korngruppen, sei es aus wirtschaftlichen Gründen – wird die Druckfestigkeit, außer durch den größeren Anteil an festeren Bestandteilen, u. U. durch eine verbesserte Kornzusammensetzung und einen geringeren Wasseranspruch angehoben. Doch ist dem durch die zunehmende Rohdichte des Betons, die möglichst 1,80 kg/dm³ nicht übersteigen soll, eine Grenze gesetzt. In Bild 6 wird dafür ein Beispiel für Leichtbetonmischungen aus einem Flugaschen-Sinterbims H gegeben; die Kornrohichte der Korngruppen über 3 mm lag bei 1,50 kg/dm³ [3]. Nach dem mittleren schraffierten Feld in dem oberen und unteren Diagrammteil wurde durch einen Zusatz von 20 bis 25 Stoffraum-%/o Feinsand, bei einem Zementgehalt von rd. 325 kg/m³, die Druckfestigkeit von rd. 275 kp/cm² auf rd. 340 kp/cm² gesteigert, wobei der angesetzte Grenzwert der Rohdichte von 1,80 kg/dm³ noch nicht überschritten wurde.

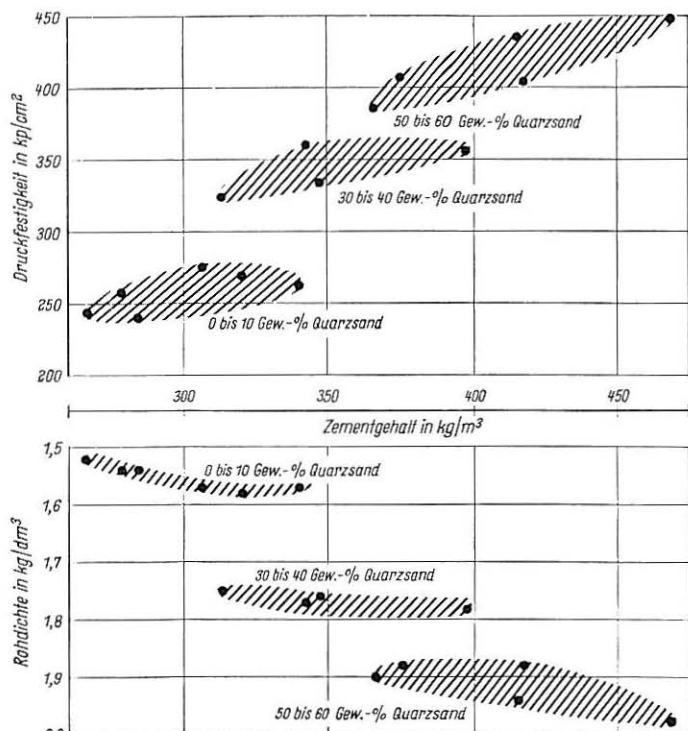


Bild 6 Rohdichte und Druckfestigkeit von Konstruktions-Leichtbeton aus Flugaschen-Sinterbims H mit unterschiedlichem Quarzsand-Anteil

Nach alledem ist es nötig, für die maßgebenden Kennwerte eines Leichtbetons, d. s. Druckfestigkeit und Rohdichte, für jedes Leichtzuschlag-Erzeugnis Eignungsprüfungen mit Betonmischungen anzustellen, bei denen mehr Varianten in der Zusammensetzung vorzusehen sind als bei der Eignungsprüfung für Schwebeton.

4. Elastizitätsmodul, Kriechen, Schwinden und Schubfestigkeit

Man kann also bei niedriger Rohdichte zwar Druckfestigkeiten erreichen, die denen von Schwebeton gleich sind, doch ist zu berücksichtigen, daß einige andere mechanische Eigenschaften, die bei den Rechnungsgrundlagen für Stahlbeton und Spannbeton eine Rolle spielen, von denen eines Schwebetons gleicher Güte abweichen können oder einen größeren Spielraum einnehmen, wie z. B. der Elastizitätsmodul, die Arbeitslinie, das Kriechen und Schwinden sowie die Schubfestigkeit.

4.1 Elastizitätsmodul

Wegen des nachgiebigeren Zuschlags und des größeren Zementgehalts weist Leichtbeton einen verhältnismäßig kleinen E-Modul auf. Der E-Modul fand sich in der Regel kleiner als beim Schwebeton gleicher Druckfestigkeit und auch je nach Leichtzuschlag verschieden groß. Dies gilt – allerdings in engeren Grenzen – bekanntlich auch für Schwebeton aus verschiedenem Zuschlagsgestein. Für eine durchschnittliche Beurteilung des zu einer bestimmten Druckfestigkeit gehörenden E-Moduls bieten die Stahlbetonbestimmungen des American Concrete Institute von 1963 eine

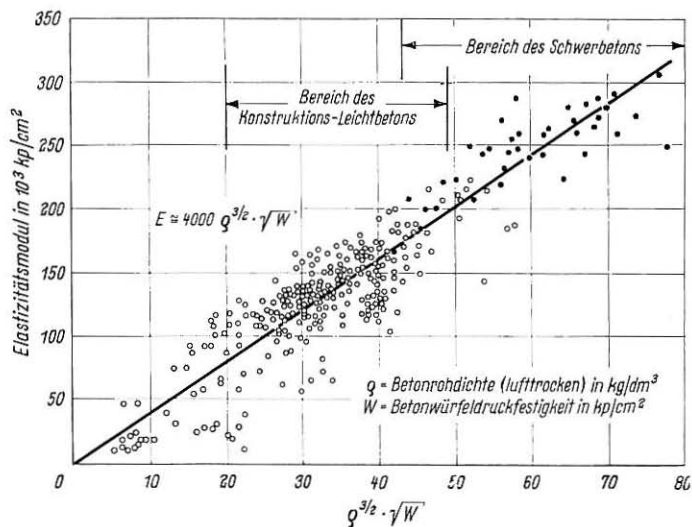


Bild 7 Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von der Rohdichte und der Druckfestigkeit nach amerikanischen Untersuchungen an Leichtbeton- und Schwebetonmischungen [6]

formelmäßige Beziehung, mit der aus der Druckfestigkeit und der Rohdichte ρ des Betons der im groben Durchschnitt zu erwartende E-Modul errechnet werden kann [5]. Die Beziehung lautet, auf unsere Maße und die Würfeldruckfestigkeit W umgerechnet,

$$E \approx 4000 \cdot \rho^{3/2} \cdot \sqrt{W}$$

In Bild 7 sind die Prüfwerte zahlreicher Leichtbetone mit geschlossenem Gefüge eingetragen worden [6], außerdem die als Gerade erscheinende Beziehung. Man sieht, daß diese Beziehung mit einer gewissen Streuung bis in das Gebiet des Schwerbetons gilt und eine Abschätzung des E-Moduls aus Druckfestigkeit und Rohdichte des Betons erlaubt. Allgemein wird man beim Leichtbeton, je nach Zuschlag und Mischungsaufbau, unter Umständen mit einem bis auf 50 % abgeminderten E-Modul rechnen müssen.

4.2 Kriechen und Schwinden

Die größere Zusammendrückbarkeit der Leichtzuschläge wirkt sich, im Vergleich zu Schwerbeton gleicher Druckfestigkeit, naturgemäß auch in einem meist um 30 bis 40 % größeren Kriechen und Schwinden aus. Es finden sich aber Feststellungen, wonach das Kriechen und Schwinden mit einzelnen Leichtzuschlägen etwa ebenso groß erhalten wurde wie bei vergleichbarem Schwer-

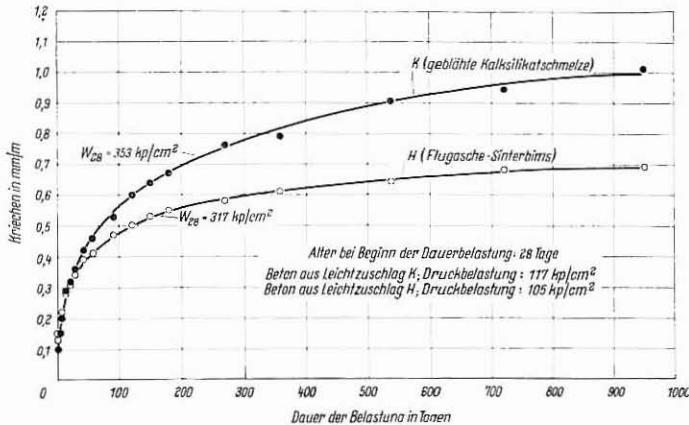


Bild 8 Kriechen der Betone K und H aus zwei verschiedenen Leichtzuschlägen

Eigenschaften der Betone:

	Quarzsand Stoffr.- ^o / _o	Rohdichte kg/dm ³	W_{28} kp/cm ²	E-Modul kp/cm ²	Druck- belastung kp/cm ²	Endkriech- zahl φ_{∞}
K	30	1,94	353	252 000	$W_{28}/3$	2,24
H	22	1,78	317	183 000	$W_{28}/3$	1,23

beton oder gar kleiner ausfiel. Ein Beispiel dafür, daß unter gleichen Verhältnissen das Kriechen von der Art des Leichtzuschlags abhängt, findet sich in Bild 8. Die beiden Betone aus Leichtzuschlag H und K [3] unterschieden sich nach rd. 2 1/2 Jahren durch ein Kriechen von 1,0 und 0,7 mm/m; das Kriechen war in beiden Fällen jedoch etwas kleiner als das von vergleichbarem Kiessandbeton [7].

Kriechen und Schwinden werden auch bei Leichtbeton durch eine Wärmebehandlung, wie z. B. der von Fertigteilen, allgemein stark vermindert [8].



Bild 9 Brown Palace Hotel in Denver. Stützen und Decken aus Konstruktions-Leichtbeton (Stützen B 410, Decken B 310, Rohdichte 1,54 kg/dm³ [10])

4.3 Schubfestigkeit

Weitere mechanische Eigenschaften des Leichtbetons, die von den Regelannahmen für Schwerbeton etwas abweichen können, sind die Scherfestigkeit und die Schubfestigkeit, die – wieder abhängig vom Leichtzuschlag-Erzeugnis und der Mischungszusammensetzung – etwas kleiner vorzusetzen sind [1]. Dies ist auch – soweit nötig – in den amerikanischen Stahlbetonbestimmungen berücksichtigt worden. Eine Vergleichsgrundlage zwischen Schwerbeton und Leichtbeton bietet die Spaltzugfestigkeit, die in guter Übereinstimmung mit der bei der Schrägrißbildung in Stahlbetonbalken errechneten Schubspannung steht [9].

Bei der Aufstellung von Rechengrundlagen für Stahl- und Spannbeton können amerikanische Erfahrungen und Bestimmungen berücksichtigt werden. Es ist dort nichts Ungewöhnliches, vielstöckige Gebäude (Bild 9) vollständig, also auch einschließlich der Stützen, aus Leichtbeton zu errichten [10]. Der Leichtbeton aus Blähton hatte hier bei einer Druckfestigkeit des Stützenbetons von 410 kp/cm² und des Deckenbetons von 310 kp/cm² nur eine Rohdichte von 1,54 kg/dm³.

5. Schutz der Bewehrung gegen Korrosion und Verhalten bei Feuereinwirkung

Wiederholt kam auch die Frage auf, wie der Leichtbeton hoher Festigkeit im Vergleich zu Schwerbeton bei äußeren Einwirkungen, wie Feuer, oder bezüglich des Rostschutzes der Bewehrung zu bewerten ist.

5.1 Man kann annehmen, daß die Bruchdehnung des Leichtbetons größer ist als die von Schwerbeton und daher in dieser Hinsicht beim Leichtbeton keine größere Korrosionsanfälligkeit infolge Rißbildung zu erwarten ist.

Die Gasdurchlässigkeit und die Wasseraufnahme können bei mäßigen Zementgehalten und je nach Porengefüge der Leichtzuschlagkörner größer ausfallen als beim Schwerbeton gleicher Festigkeit. Es ist aber nicht anzunehmen, daß der eigentliche Rostschutz des Leichtbetons hoher Festigkeit grundsätzlich anders zu beurteilen ist als bei Schwerbeton, denn der auch im Leichtbeton weitgehend den Rostschutz bestimmende Feinmörtel unterscheidet sich kaum von dem des Schwerbetons. Der Feinmörtel ist im Leichtbeton wegen seines höheren Zementgehaltes eher noch günstiger zusammengesetzt. So werden auch in den amerikanischen Stahlbetonbestimmungen [5] keine besonderen Maßnahmen für den Korrosionsschutz der Bewehrung im Konstruktions-Leichtbeton verlangt; die Betonüberdeckung ist dort allgemein etwas größer als nach unseren Bestimmungen.

5.2 Ein Vorteil des Konstruktions-Leichtbetons, der ebenfalls dem kleineren Gewicht entspringt, ist seine niedere Wärmeleitfähigkeit. Diese erreicht bei dem hier eingesetzten Leichtbeton mit Rohdichten von höchstens 1,80 kg/dm³ noch nicht einmal die Hälfte

derjenigen von Schwerbeton. Je nach Konstruktionsteil macht sich die kleine Wärmeleitfähigkeit in einer günstigeren Wärmedämmung bemerkbar, wie z. B. bei Decken und Dächern.

Durch die kleinere Wärmeleitfähigkeit wird bei Feuereinwirkung auch die kritische Temperatur im Stahl später erreicht und die Widerstandsdauer von bewehrten Bauteilen im Feuer noch beträchtlich erhöht, wie dies aus umfangreichen amerikanischen Brandversuchen mit Stahlbeton-Balken hervorgeht. Dabei wurde festgestellt, daß die Durchbiegung von Balken im Feuer [11], wohl auch wegen der wesentlich geringeren Wärmedehnzahl des Leichtbetons in diesem Temperaturbereich [12], kleiner ausfiel. Der hohe Feuerwiderstand des Konstruktions-Leichtbetons wird in den USA als besonders vorteilhaft bewertet [13].

6. Zusammenfassung

In dem kurzen Abriss wurden einige wichtiger erscheinende Besonderheiten, durch die sich der Leichtbeton hoher Festigkeit vom Schwerbeton unterscheidet oder unterscheiden kann, herausgestellt.

Wir sollten uns darauf einstellen, daß in nächster Zeit auch bei uns Zuschlagstoffe für Leichtbeton hoher Festigkeit zur Verfügung stehen werden. Deshalb und auch zur Beschleunigung einer solchen Entwicklung wäre zeitig zu überlegen, ob und inwieweit die für üblichen Stahl- und Spannbeton geltenden Rechengrundlagen bei Verwendung hochwertiger leichter Zuschlagstoffe zu ergänzen sind. Aus gleichem Grunde wäre zu prüfen, auf welchen Teilgebieten des Massivbaus die teureren Leichtzuschläge eine wirtschaftliche Chance bieten.

Angesichts der Fortschritte mit hochwertigem Leichtbeton in Nordamerika und eingedenk unserer umsichtig abgefaßten Stahlbeton- und Spannbetonbestimmungen, in denen sich im grundsätzlichen auch die Besonderheiten des Leichtbetons unterbringen lassen, bedeutet die Anwendung des Konstruktions-Leichtbetons kein Wagnis mehr.

SCHRIFTTUM :

- [1] Walz, K., und G. Wischers: Konstruktions-Leichtbeton hoher Festigkeit. beton 14 (1964) H. 7, S. 293/299, H. 8, S. 327/333, und H. 9, S. 375/383 (als Broschüre im Beton-Verlag, Düsseldorf 1964); ebenso Betontechnische Berichte 1964, Beton-Verlag, Düsseldorf 1965, S. 127/185.
- [2] Hummel, A.: Die Ermittlung der Kornfestigkeit von Ziegelsplitt und anderen Leichtbeton-Zuschlagstoffen. Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, H. 114, Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1954, S. 21/30.
- [3] Walz, K., J. Bonzel und G. Baum: Versuche mit Leichtbeton hoher Festigkeit. beton 15 (1965) H. 2, S. 59/65, und H. 3, S. 107/114; ebenso Betontechnische Berichte 1965. Beton-Verlag, Düsseldorf 1966, S. 35/71.
- [4] Walz, K.: Anleitung für die Zusammensetzung und Herstellung von Beton mit bestimmten Eigenschaften. 2. Aufl., Verlag von Wilh. Ernst & Sohn, Berlin - München 1963, S. 14 (Sonderdruck aus Beton- und Stahlbetonbau 53 (1958) H. 6, S. 163/169).
- [5] ACI Standard 318-63; Building code requirements for reinforced concrete. Amer. Concr. Inst., Detroit, Juni 1963.
- [6] Pauw, A.: Static modulus of elasticity of concrete as affected by density. Proc. Amer. Concr. Inst. 57 (1960/61) S. 679/687.
- [7] Hummel, A., K. Wesche und W. Brand: Der Einfluß der Zementart, des Wasser-Zement-Verhältnisses und des Belastungsalters auf das Kriechen von Beton. Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, H. 146, Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1952, S. 9/18 und S. 34/70.
- [8] Hanson, J. A.: Prestress loss as affected by type of curing. Journ. of the Prestressed Concrete Institute 9 (1964) Nr. 2, S. 69/93.
- [9] Hanson, J. A.: Tensile strength and diagonal tension resistance of structural lightweight aggregate concrete. Proc. Amer. Concr. Inst. 58 (1961) S. 1/39.
- [10] Brown Palace Hotel. Expanded Shale Concrete Facts 8 (1962) H. 2, S. 4.
- [11] Selvaggio, S. L., und C. C. Carlson: Fire resistance of prestressed concrete beams. Study B: Influence of aggregate and load intensity. Journ. of the Portl. Cem. Assoc. Research and Development Laboratories 6 (1964) H. 1, S. 41/64.
- [12] Philleo, R.: Some physical properties of concrete at high temperatures. Proc. Amer. Concr. Inst. 54 (1957/58) S. 857/864.
- [13] Schwarz, S., und S. Gatmann: Sind uns die USA im Fertigteiltbau voraus? Erfahrungen des Auslands nutzen. Bauwirtschaft 19 (1965) H. 1, S. 18/23.