

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 58-59 (1990-1991)
Heft: 7

Artikel: Kiessand-Zusammensetzung und Betoneigenschaften
Autor: Meyer, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153746>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CEMENTBULLETIN

JULI 1990

JAHRGANG 58

NUMMER 7

Kiessand-Zusammensetzung und Betoneigenschaften

Massgebende Eigenschaften der Zuschläge. Zur Festlegung der Kiessand-Zusammensetzung. Beispiele

Die Eigenschaften des Baustoffs Beton sind bekanntlich von seinen Komponenten und von ihrem Mischungsverhältnis abhängig. Für die Betonherstellung werden diese Zusammenhänge jeweils im Mischungsentwurf festgelegt. Die Komponenten sind Zement, Wasser, Zuschlag und Zusätze. Jede von ihnen wird ihrerseits nach bestimmten betontechnologischen Merkmalen beschrieben. *Kiessand* ist der am häufigsten verwendete Zuschlag und wird charakterisiert nach:

- Gesteinseigenschaften (Kornrohichte, Festigkeit, Härte, Abriebfestigkeit, Porosität, Wasseraufnahmevermögen, Frostbeständigkeit, Alkali-Beständigkeit)
- Kornform und Oberflächenbeschaffenheit
- Grösstkorn (Durchmesser als Nennwert)
- Kornzusammensetzung

Die *Gesteine* der meisten schweizerischen Zuschlagstoffe genügen den Anforderungen für Beton. Zu beachten ist allenfalls der Anteil der Weichgesteine (vgl. [1], Prüfung Nr. 14). Untersuchungen auf bestimmte Gesteinseigenschaften sind erst notwendig, wenn besondere Betoneigenschaften gefordert werden oder wenn man von bekannten Gesteinsvorkommen abweicht.



Abb. 1 Korngruppe 0/4 mm (Sand)

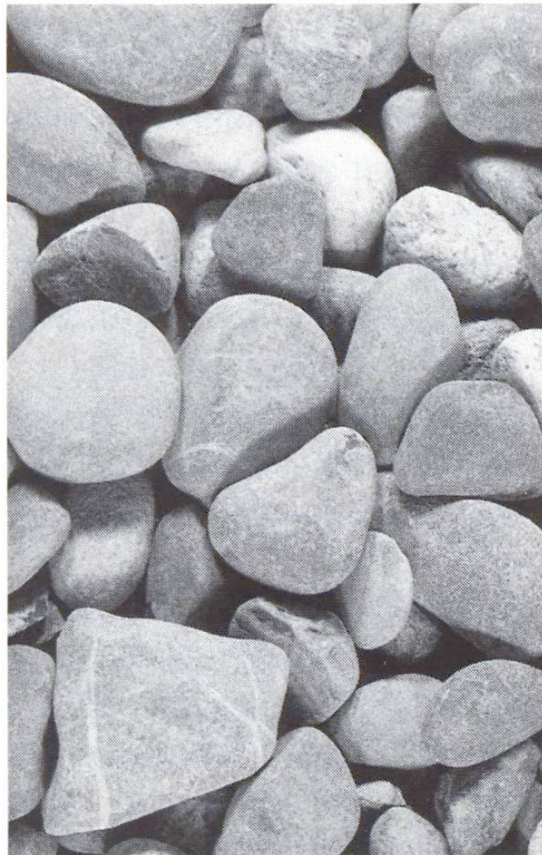


Abb. 2 Korngruppe 4/8 mm

Abb. 3 Korngruppe 8/16 mm



Abb. 4 Korngruppe 16/32 mm



- 3 Die *Kornform* beeinflusst die Verarbeitbarkeit bzw. die Rohdichte des Betons. Runde und gerundete Körner lassen sich gut verdichten. Flache und stengelige lassen sich weniger kompakt lagern, brauchen also mehr Feinanteile für die vollkommene Verdichtung. Neben diesen natürlichen Zuschlägen werden auch gebrochene verwendet, was Verarbeitbarkeit und Festigkeit beeinflusst.

Der *Durchmesser des Grösstkorns* ist grundsätzlich frei wählbar und soll vom konstruierenden Ingenieur festgelegt werden. Er darf einen Drittel der kleinsten Bauteilabmessung nicht überschreiten. Ferner ist er entsprechend der Bauteilform und dem Bewehrungsabstand zu wählen. Ohne besondere Angaben beträgt er 32 mm. Abweichungen sind in Ausschreibungen und Plänen anzugeben.

Unter der *Kornzusammensetzung* versteht man das Mengenverhältnis der einzelnen Korngruppen zum gesamten Zuschlag. Eine Korngruppe, auch Fraktion genannt, enthält nur Körner, die zwischen zwei festgelegten Durchmessern liegen, z. B. zwischen 4 und 8 mm (abgekürzt 4/8). Gebräuchlich sind die Grenzen 0, 4, 8, 16, 32, 63, und 125 mm, vgl. Abb. 1–4. Praktisch hat es in jeder Korngruppe noch einige kleinere oder grössere Körner. Man spricht von Unter- oder Überkorn. Die Korngruppe 0/4 wird als Sand, 4/8 als Feinkies (auch «Rollgerste») bezeichnet. Gebrochene Korngruppen > 4 mm sind Splitt. Solche Bezeichnungen sind aber nicht einheitlich normiert. Man soll deshalb immer auch die gewünschten Zahlenwerte angeben und insbesondere, ob man eine Fraktion oder ein Gemisch meint. Gemäss Norm SIA 162 heissen Produkte mit Grösstkorn bis 8 mm «Mörtel» bzw. mit Grösstkorn grösser als 8 mm «Beton» [2].

Die *Kornzusammensetzung* – auch Kornaufbau, Kornabstufung, Korngrössenverteilung oder Granulometrie genannt – ist ein Kennzeichen dafür, wie dicht sich ein Gemisch lagern lässt. Sie wird durch Aussieben bestimmt und in einer Sieblinie dargestellt. Dadurch werden verschiedene Kiessandvorkommen vergleichbar. Man verwendet dazu normierte Siebe mit quadratischen Öffnungen (Maschen bzw. Quadratlöcher), deren Seitenlängen mit den oben erwähnten Grenzen übereinstimmen, und misst den Rückstand, der auf dem Sieb liegen bleibt (durch Wägen, in Masse-%, vgl. [1], Prüfung Nr. 11). Daraus erhält man die Menge jeder Korngruppe. Die Beziehung von Siebdurchmesser und Siebdurchgang wird als Summenlinie graphisch aufgezeichnet. So sagt z. B. eine Sieblinie mit Schnittpunkt 23% bei 2 mm: 23% dieses Zuschlags sind Körner mit kleinerem Durchmesser als 2 mm, und 77% sind Körner mit grösserem Durchmesser.

4 Für eine brauchbare Betonqualität ist es allgemein wichtig, dass die Kennwerte in ihrer Gesamtheit möglichst ausgeglichen bleiben. Diese Gleichmässigkeit ist bei den natürlichen Kiessandvorkommen nicht in gewünschter Masse vorhanden. Für die Betonherstellung wird deshalb der Kiessand gewaschen, nach Korngruppen sortiert und dann nach einem festgelegten Kornaufbau wieder neu zusammengesetzt.

Zuschlagstoffe müssen *sauber* sein. Diese Forderung hat eine doppelte Bedeutung. Einerseits muss jedes einzelne Korn eine saubere Oberfläche haben, damit die Haftung zwischen Korn und Zementstein optimal ist. Andererseits soll das Korngemisch nicht einen ungünstigen Feinstanteil enthalten. In der Granulometrie werden Körner mit $\emptyset < 0,125\text{ mm}$ als Mehlkorn definiert. Für Beton mit besonderen Eigenschaften begrenzt man dann den Mehlkorngesamtgehalt einer Mischung. Mit der einfachen Handprobe oder mit dem Absetzversuch (vgl. [1], Prüfung Nr. 12) kann sehr rasch festgestellt werden, ob ein Gestein genügend sauber ist oder ob weitere Prüfungen notwendig sind. Sauberkeit bezieht sich auch auf Feinststoffe, die auf chemischem Weg als organische Verunreinigungen ermittelt werden (vgl. [1], Prüfung Nr. 15).

Zur Festlegung des Kornaufbaus

Der Kornaufbau soll im Hinblick auf die gewünschten Betoneigenschaften optimiert werden. Man hatte deshalb versucht, eine Idealsieblinie zu finden, die allgemein gültig und mit einer mathematischen Formel zu beschreiben ist. Es hat sich aber gezeigt, dass nicht eine einzige Linie, sondern nur ein günstiger Bereich angegeben werden kann. Dieser Bereich wurde durch zwei Kurven begrenzt, vgl. z.B. Norm SIA 162 (1968). Man forderte dort, dass die Sieblinie des Zuschlags für hochwertigen oder Spezialbeton zwischen diesen beiden Kurven liegen sollte.

Gemäss revidierter Norm SIA 162 (1989) ist nun der Betonhersteller in der *Wahl der Sieblinie wieder frei*. Er soll den Kornaufbau nicht primär an einer normierten Sieblinie, sondern am vorhandenen Zuschlagsmaterial und an den geforderten Betoneigenschaften orientieren. Daraus soll er aufgrund von Vorversuchen für die verschiedenen Betonsorten seine eigenen Idealsieblinien festlegen. Nur in Fällen, da keine Vorversuche gemacht werden, müssen die Sieblinien innerhalb normierter Grenzen liegen. Die Norm gibt Zahlenwerte für den üblichen Grösstkorndurchmesser von 32 mm. Bei allen anderen Grösstkorndurchmessern kann man für Zahlenwerte auf die bisher gültigen Formeln zurückgreifen.

- 5 Mit dieser Regelung setzt man die Prioritäten für den Kornaufbau wieder so wie zu Beginn der Betontechnologie. In den Vorschriften von 1909 hiess es: «Das geeignete Mischungsverhältnis von Sand und Kies zur Erzielung eines kompakten Betons ist durch Vorversuche zu bestimmen; liegen solche nicht vor, so gilt die Mischung 1 Sand- : 1½ bis 2 Kies-Volumenteile als die geeignetste.» [3]

Für die Festlegung des Kornaufbaus empfiehlt sich also *folgendes Vorgehen* [4]:

1. Aus den Plänen des Konstrukteurs entnimmt man den Grösstkorndurchmesser.
2. Man schätzt das Verhältnis Kies:Sand (z.B. $x\% > 4 \text{ mm}$ zu $y\% < 4 \text{ mm}$).
3. Man überprüft das vorhandene Mehlkorn.

Durch diese drei Punkte zieht man eine möglichst kontinuierliche Linie. Diese Linie wird anschliessend durch Vorversuche modifiziert, bis die für die gewünschten Betoneigenschaften ideale Sieblinie gefunden ist. Beim Mehlkorn ist zu beachten: Für die Verarbeitbarkeit des Betons ist nicht nur der Mehlkorngesamtgehalt, sondern vor allem die Kornabstufung des Mehlkorns selbst entscheidend. Wirksam ist nur jenes Mehlkorn, das dieselbe Feinheit hat wie das Bindemittel [5].

Da keine Sieblinie mehr verbindlich vorgeschrieben ist, entsteht der Eindruck, die Norm hätte einen Verlust an Qualität zur Folge. Für die Betonqualität ist es aber wichtiger, dass *gleichmässige Werte* beibehalten werden. In der Norm SIA 162 (1989) ist deshalb vorgeschrieben, dass die Siebkurven periodisch zu kontrollieren sind und dass die Streuungen in zahlenmässig bestimmten Grenzen liegen müssen (Art. 5 14 23).

Beispiele

Anhand von fünf einfachen Beispielen sollen die Konsequenzen von *Abweichungen der Kornzusammensetzung* aufgezeigt werden, wie sie an Laborversuchen gemessen werden können. Bei den fünf Versuchsmischungen waren konstant: die Herkunft des Zuschlags (gleicher Sand!), die Zementdosierung (300 kg PC/m^3), die Konsistenz und die Verarbeitung. Angestrebt wurde eine weiche Konsistenz (Ausbreitmass: 41–43 cm), was mit der Anmachwassermenge gesteuert wurde.

Zusätze wurden keine verwendet. Variiert wurden die einzelnen Sieblinien, vgl. Abb. 5 a–9 a. Gemessen sind von den Frischbeton-

6

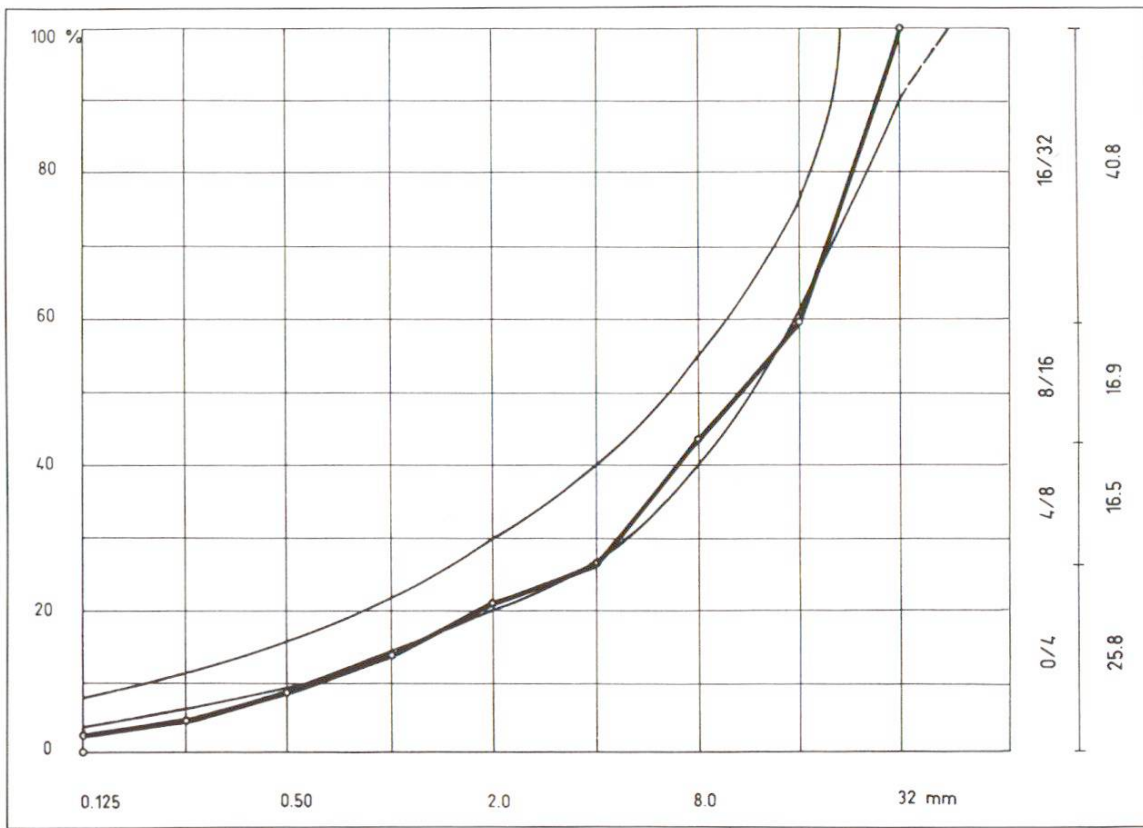


Abb. 5 a Versuchsmischung A. Stetige Sieblinie mit geringem Sandanteil. Abszisse: Siebdurchmesser. Ordinate: Siebdurchgang in Masse -%. Eingezeichnet ist ausserdem der Sieblinienbereich gemäss Norm SIA 162 (1989)

A

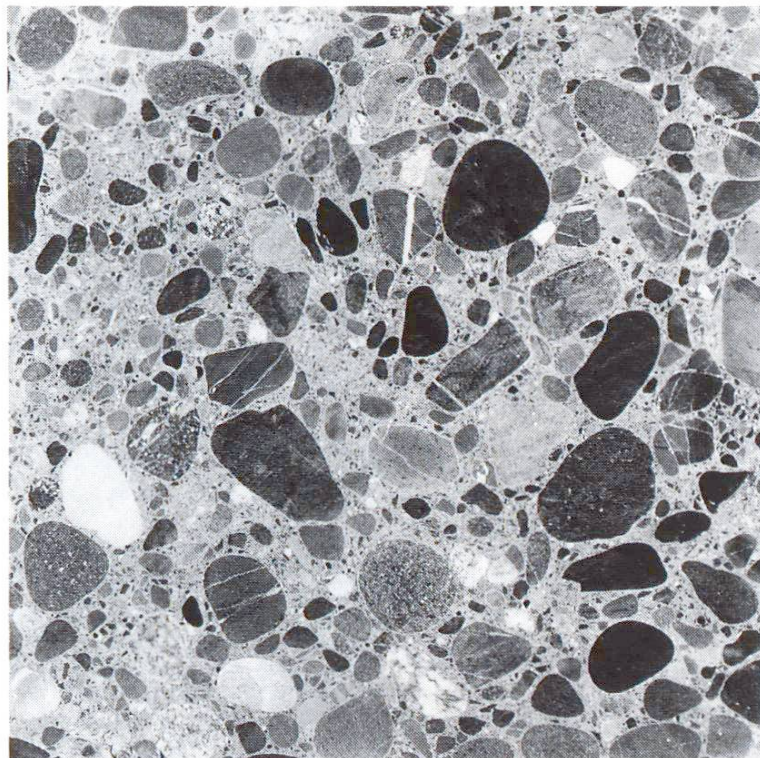


Abb. 5 b Betonstruktur zur Siebkurve A (Sägeschnitt)

7

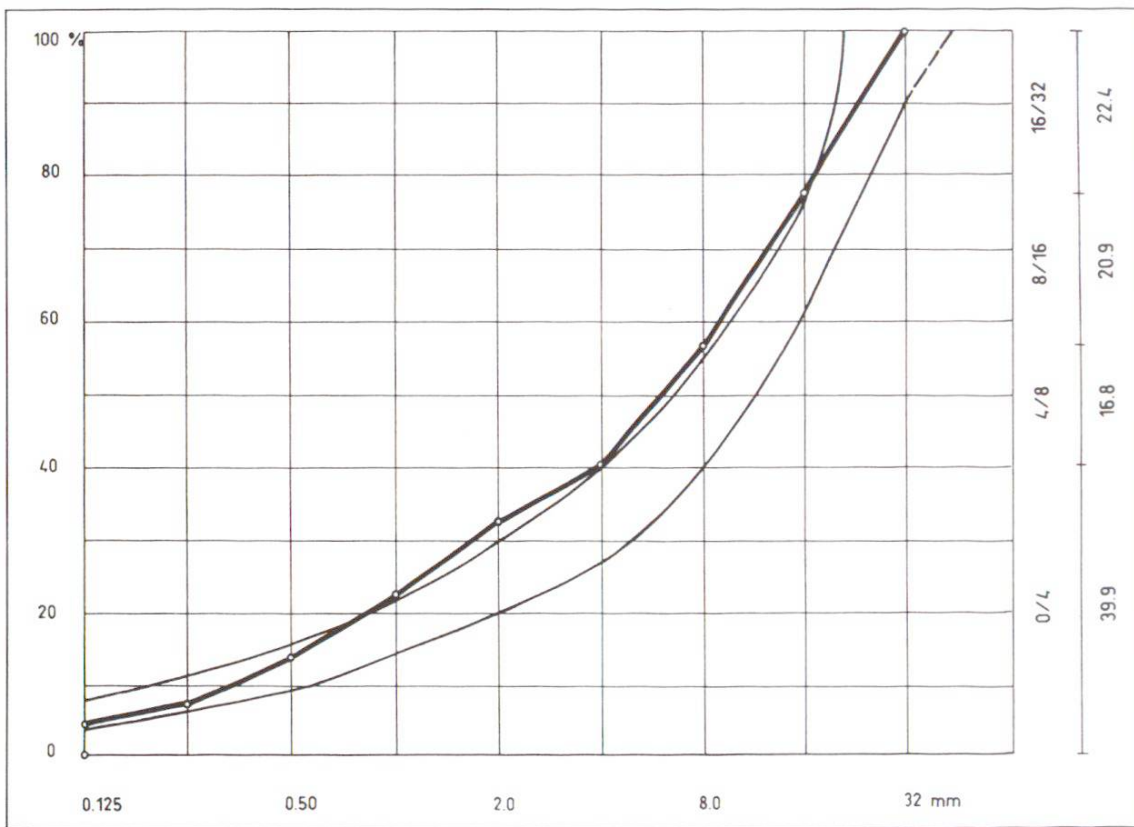


Abb. 6 a Versuchsmischung B. Stetige Sieblinie mit höherem Sandanteil

B

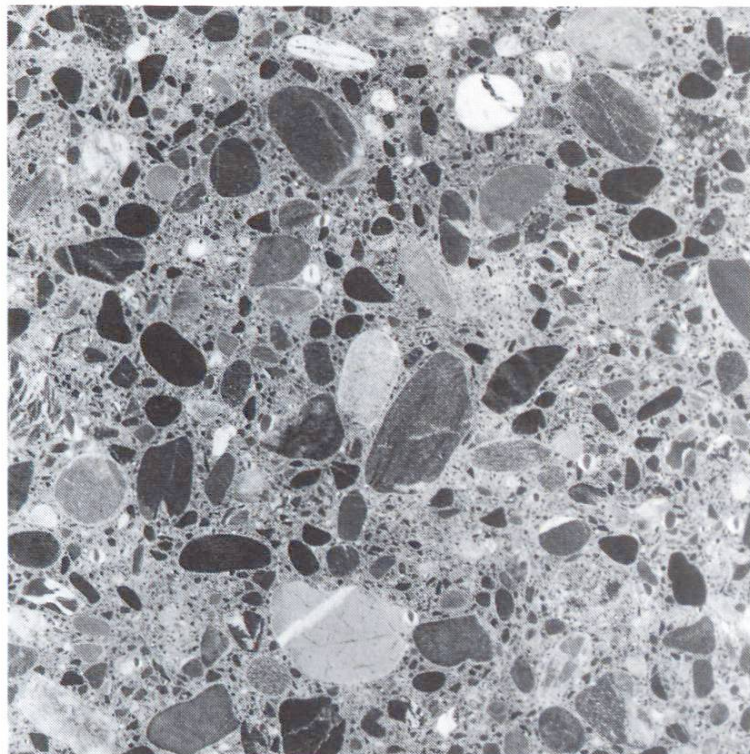


Abb. 6 b Betonstruktur zur Siebkurve B (Sägeschnitt)

8

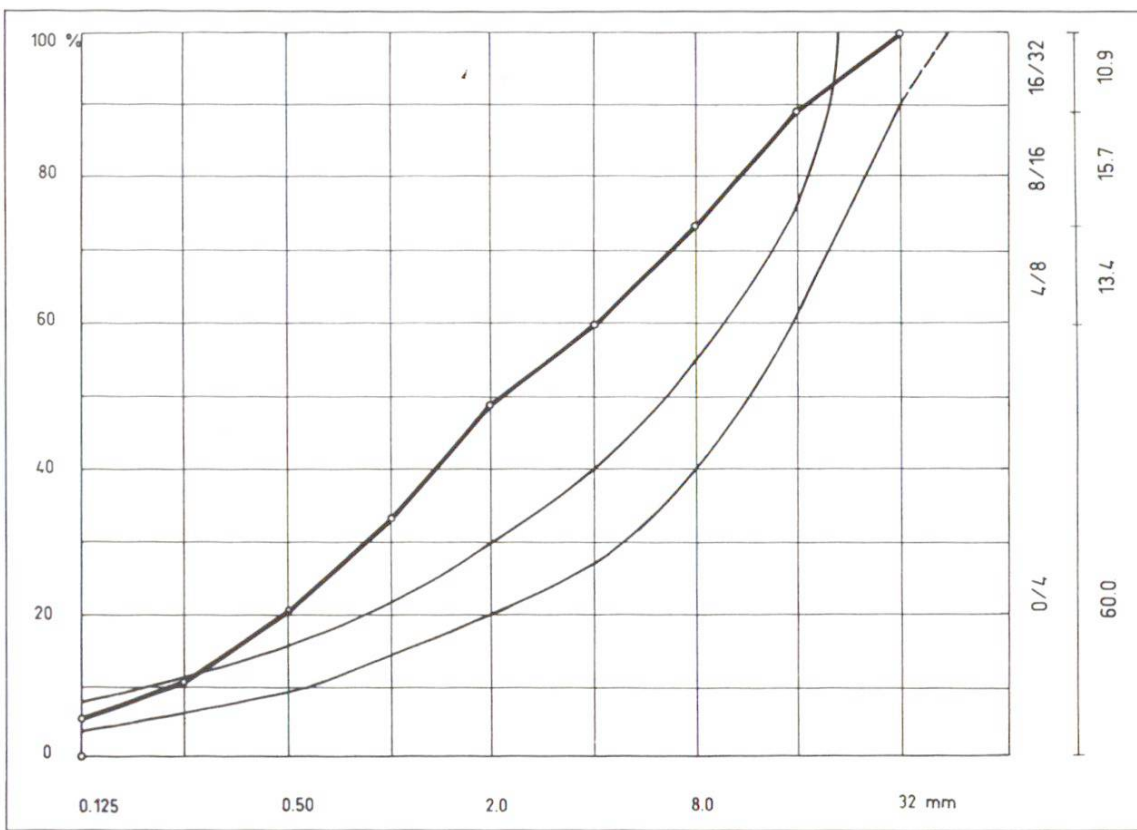


Abb. 7 a Versuchsmischung C. Sandreiche Mischung, die ausserhalb des empfohlenen Sieblinienbereichs liegt

C

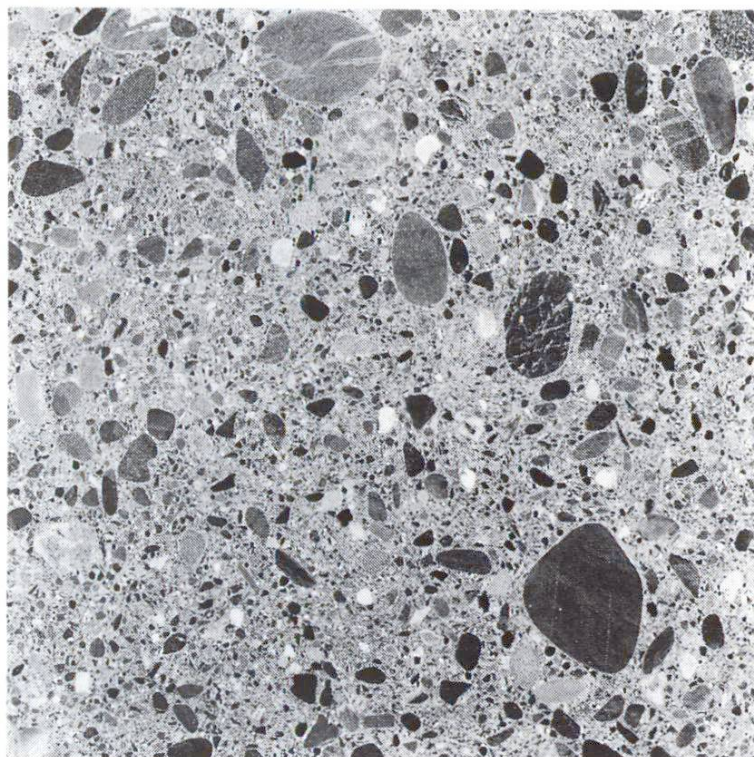


Abb. 7 b Betonstruktur zur Siebkurve C (Sägeschnitt)

9

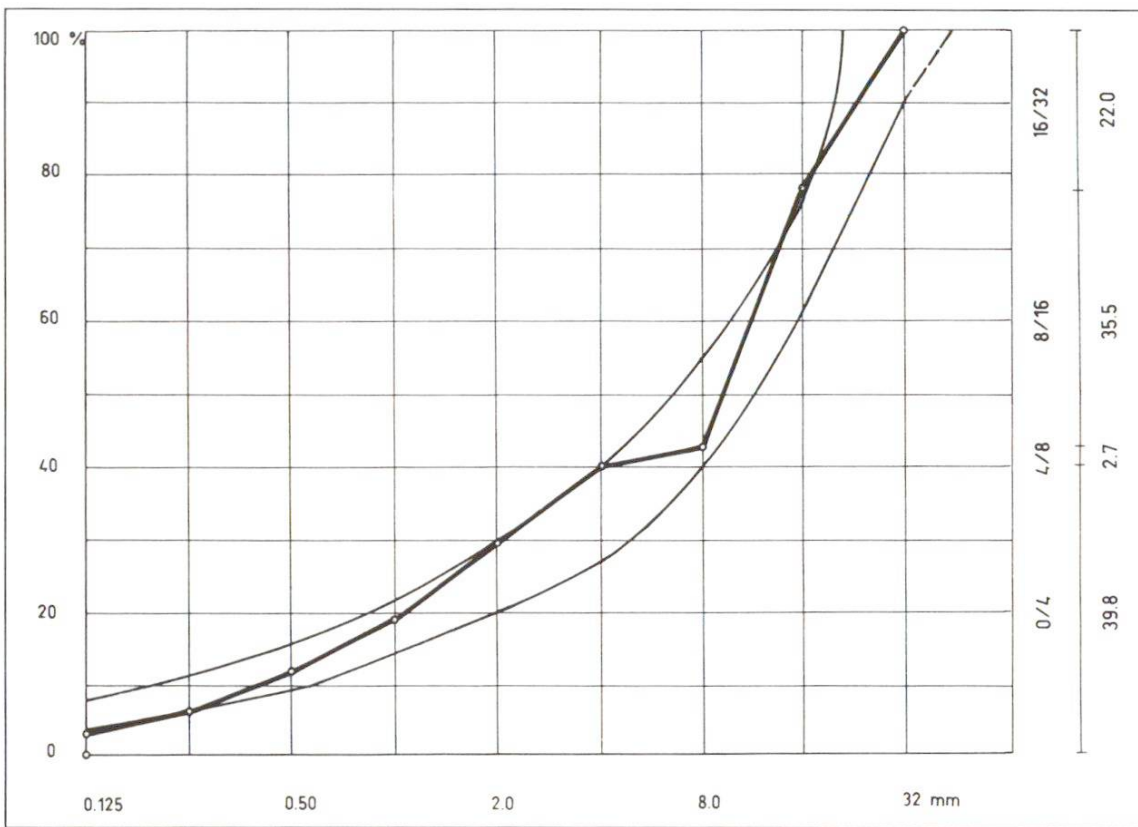


Abb. 8 a Versuchsmischung D. Sieblinie mit Ausfallkörnung. Die Korngruppe 4/8 wurde nicht beigemischt. Die trotzdem vorhandenen Körner zwischen 4 und 8 mm sind Über- oder Unterkorn der anderen Korngruppen

D

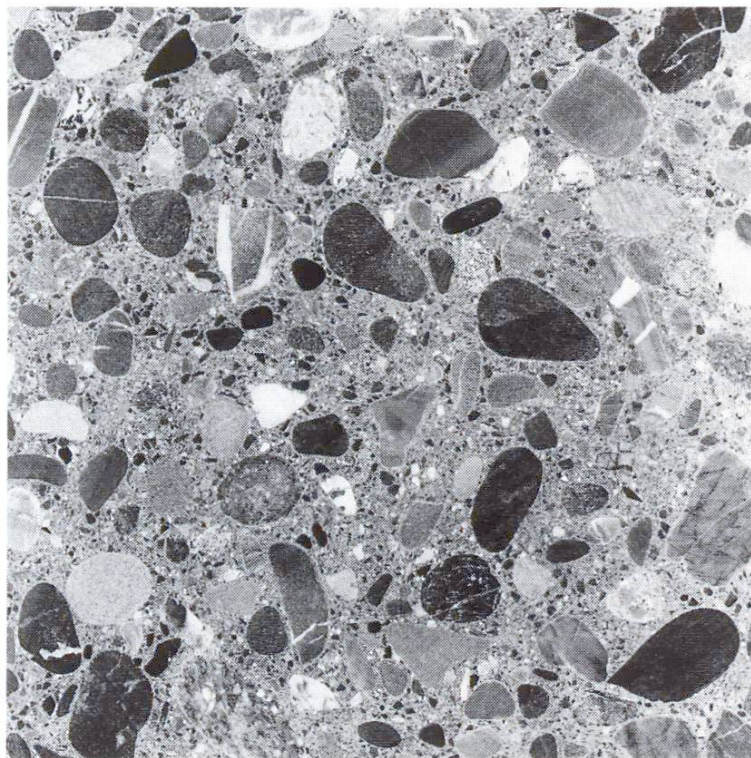


Abb. 8 b Betonstruktur zur Siebkurve D (Sägeschnitt)

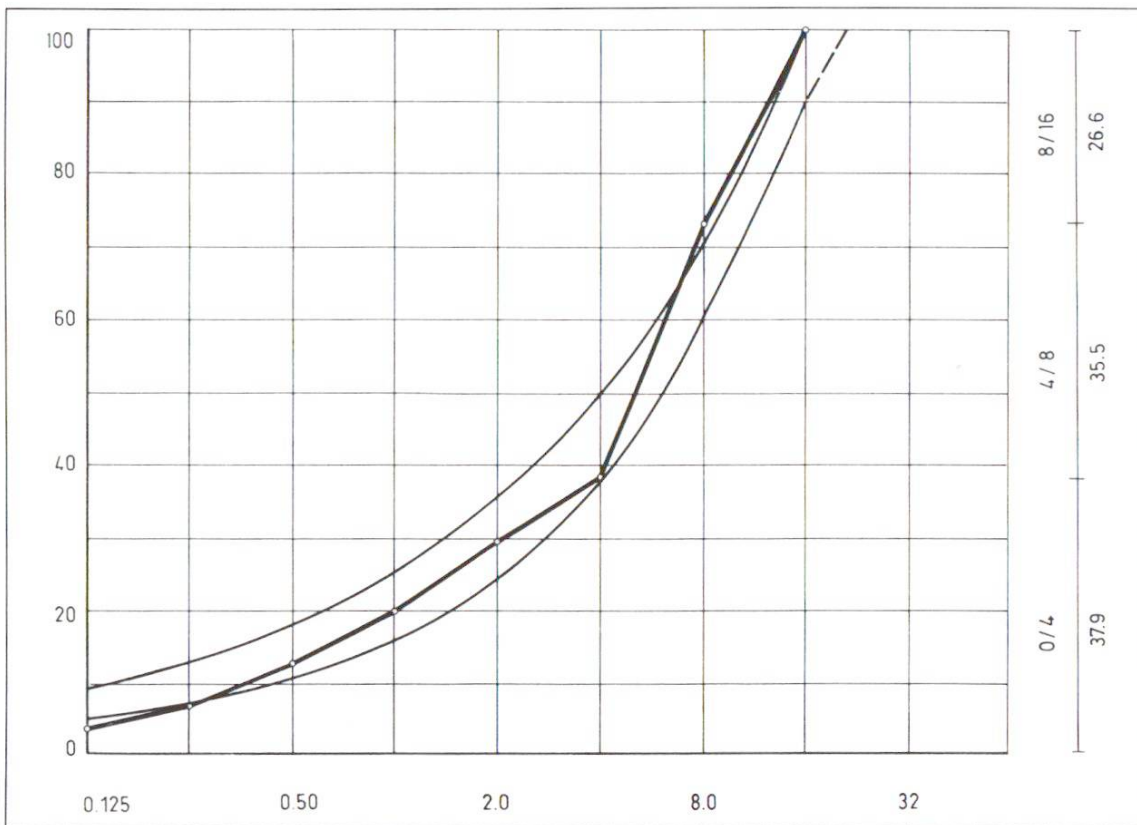


Abb. 9a Versuchsmischung E. Stetige Sieblinie für einen Grösstkorndurchmesser von 16 mm. Der Sieblinienbereich ist für dieses Grösstkorn nicht mehr normiert. Als Vergleich ist der Sieblinienbereich mit den Formeln gemäss Norm SIA 162 (1968) eingezeichnet

E

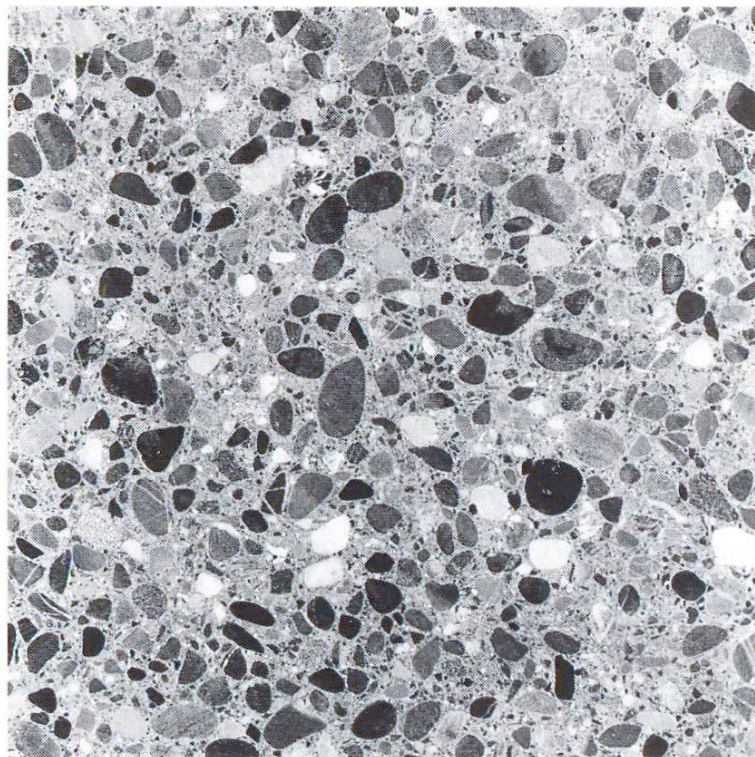


Abb. 9b Betonstruktur zur Siebkurve E (Sägeschnitt)

11 Tabelle 1 Ergebnisse der Versuche

Versuchsmischungen			A	B	C	D	E
Zuschlag							
Zusammensetzung (trocken)							
Sand:	0–4 mm	M.-%	25,8	39,9	60,0	39,8	37,9
	4–8 mm	M.-%	16,5	16,8	13,4	2,7	35,5
Kies:	8–16 mm	M.-%	16,9	20,9	15,7	35,5	26,6
	16–32 mm	M.-%	40,8	22,4	10,9	22,0	–
Anmachwasser							
Menge		l/m ³	150	174	198	165	174
Wasserzementwert		–	0,50	0,58	0,66	0,55	0,58
Frischbeton							
Rohdichte		kg/m ³	2476	2449	2399	2475	2447
Luftporengehalt		Vol.-%	0,7	0,8	1,6	0,8	0,8
Ausbreitmass		cm	42	43	41	42	42
Festbeton							
Rohdichte		kg/m ³	2455	2388	2325	2435	2412
Druckfestigkeit	f_{cwm}	N/mm ²	37,0	34,4	26,7	33,3	34,7
	Δf_{cw}	N/mm ²	3,2	4,6	2,9	6,4	2,1
Betonklasse		B	35/25	30/20	25/15	30/20	30/20

Die Versuche wurden in den Monaten April/Mai 1990 durchgeführt.

eigenschaften die Rohdichte, der Luftporengehalt und das Ausbreitmass – von den Festbetoneigenschaften die Rohdichte und die Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen, vgl. Tab. 1. Um den Einfluss auf die Betonstruktur sichtbar zu machen, wurde zusätzlich je ein Würfel geschnitten, vgl. Abb. 5 b–9 b.

Bei der Betonklasse ist zu beachten: Die Werte wurden an je acht Würfeln ermittelt. Da es sich um Laborversuche mit nur einer Mischung je Kornabstufung handelt, ist ihre Streuung gering. In der Praxis werden sie stärker streuen, da die Probekörper von verschiedenen Mischungen genommen werden müssen, so dass dieser Beton evtl. in eine tiefere Klasse fällt.

- 12 Sandreichere Mischungen haben einen höheren Wasseranspruch, wenn sie dieselbe Konsistenz aufweisen sollen. Dadurch sinken Rohdichte und Festigkeit. Ausfallkörnungen oder Änderungen des Grösstkorns haben leichte Festigkeitseinbussen zur Folge, können aber andere Betoneigenschaften günstig beeinflussen.

Die Kiessandzusammensetzung ist eines von verschiedenen Merkmalen der Betonmischung. Ein Betonhersteller soll sie so festlegen, dass er ein Optimum zwischen dem anstehenden Zuschlagsmaterial und den geforderten Betoneigenschaften erhält.

Bruno Meyer

Literatur

- [1] Norm SIA 162/1 (1989): Betonbauten/Materialprüfung. Zürich: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein
- [2] Die ENV 206 «Betonbauten» setzt diese Grenze bei 4 mm an.
- [3] Schweiz. Kommission des armierten Betons (1909): «Vorschriften über Bauten in armiertem Beton», Art. 12. in: Schweiz. Bauzeitung, 25. September 1909. Das Mischungsverhältnis wird heute allerdings in Masse-% angegeben.
- [4] Trüb, U. (1989): Baustoff Beton. 3. Auflage. Wildeg: TFB
- [5] TFB Wildeg (1986): «Die Rolle des Mehlkorns in der Betonmischung». Cementbulletin Nr. 6

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
Postfach
Lindenstrasse 10 5103 Wildeg Telefon 064 53 17 71
Telefax 064 53 16 27