Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 50-51 (1982-1983)
Heft: 8

Artikel: Verfahren für Mischungsentwurf
Autor: Trüb, U.A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153651

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

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

CEMENTBULLETIN

AUGUST 1982 JAHRGANG 50 NUMMER 8

Verfahren für Mischungsentwurf

Anleitung für die Ermittlung der Betonzusammensetzung im Hinblick auf die Einhaltung eines bestimmten Nennwertes der Druckfestigkeit und einer gewünschten Betonkonsistenz und bei Anwendung eines vorgegebenen Betonzuschlages.

1. Die Bestimmung der mittleren Würfeldruckfestigkeit

Durch den projektierenden Ingenieur wird der *Nennwert* der Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen festgelegt (β N28). Die statischen Berechnungen basieren auf dieser Grösse. Der Nennwert eines Betons muss mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eingehalten werden. Nach SIA-Norm 162 dürfen höchstens 16 % der Festigkeitsproben den Nennwert unterschreiten. Nach neuen internationalen Empfehlungen wird diese Grenze auf 5 % festgelegt.
Die *«Mittlere Würfeldruckfestigkeit»* (β M28), die man bei den Prüfungen feststellt, ergibt sich aus dem Nennwert durch folgende Gleichung:

$$\beta\,M28 = \beta\,N28 + a \cdot S \quad (N/mm^2)$$

Der Term a · S bedeutet das «Vorhaltemass» für die Einhaltung des Nennwertes gemäss den Bedingungen. S ist die Standardabwei-

chung der Würfeldruckfestigkeit, die sich aus einer grösseren Anzahl gleichartiger Prüfresultate ergibt (s. CB 74/11). S kann auch mit Hilfe der Tabelle 1 geschätzt werden.

Tabelle 1

Erfahrungswerte für die Standardabweichung S von (β M28) in N/mm^2 nach *Rüsch,* s. Literaturangabe.

Qualität der Kontrolle / Qualität der Baustelle	sehr gut	gut	annehmbar	schlecht
Kleinbaustelle ohne Festigkeitsproben, Volumendosierung. Aufsicht durch Polier	5	6	8	9
Mittlere Baustelle, einige Festigkeitsproben, Volumen und Gewichtsdosierung. Aufsicht durch Polier	4	5	6,5	8
Grossbaustelle, 30 und mehr Festigkeitsproben, Gewichtsdosierung. Aufsicht durch Betonfachmann oder Ingenieur	3	4	5	7

a ist der Faktor, der durch die Wahrscheinlichkeit der Nennwertserfüllung bestimmt wird. Beträgt der zulässige Anteil der Unterschreitungen 16 %, ist a = 1,0, beträgt er 5 %, ist a = 1,64.

2. Bestimmung des zutreffenden Wasserzementwertes

Die Bestimmung gründet auf der Annahme, dass bei Anwendung gleichartiger Materialien gleiche Wasserzementwerte zu annähernd gleichen Betonfestigkeiten führen. Man kann somit von einer entsprechenden Betonmischung ausgehen, von der man den Wasserzementwert und die mittlere 28-Tage-Druckfestigkeit genau kennt. Die beiden Daten bestimmen im Diagramm Abb. 1 bzw. Abb. 2 den Ausgangspunkt A. Sind keine verlässlichen Angaben von Wasserzementwerten mit zugehörigen Festigkeiten bekannt, können zur Festlegung von A Erfahrungswerte gemäss Tabelle 2 angewandt werden.

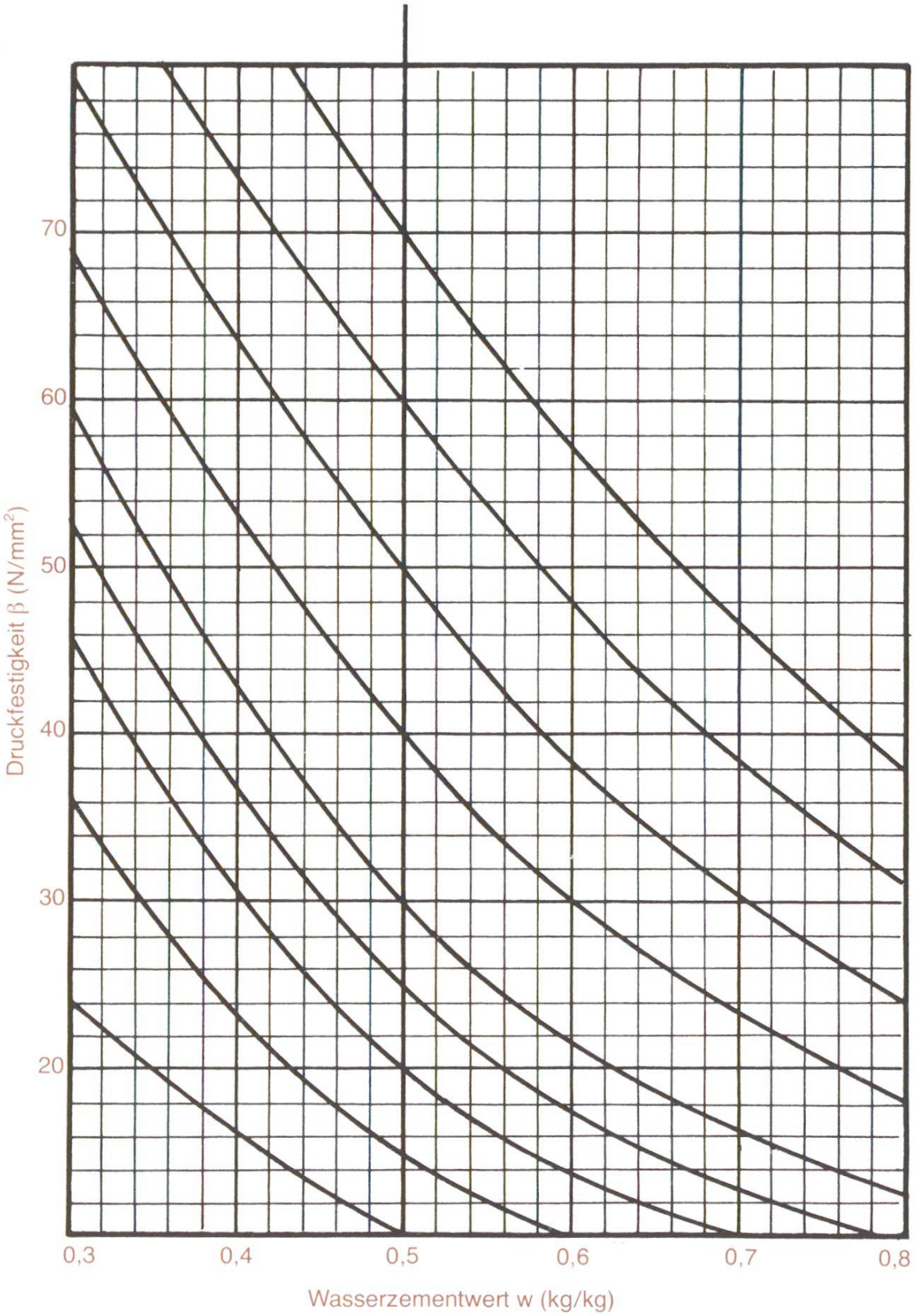

Abb. 1 Diagramm zur Ermittlung des zutreffenden Wasserzementwertes.
Gegeben: Wasserzementwert w_o und mittlere Druckfestigkeit β_o einer Betonmischung
Gesucht: Wasserzementwert w_I eines gleichartigen Betons mit einer anderen bestimmten Festigkeit β_I.
w_o und β_o bestimmen im Koordinatennetz einen Punkt. Durch diesen wird eine Parallele zur nächstliegenden Kurve gezogen, welche die Koordinate der gewünschten Druckfestigkeit schneidet. Der Schnittpunkt zeigt den gesuchten Wasserzementwert an. (Nach Teychenné und Mitautoren, s. Literaturangabe.)

Durch den Punkt A legt man eine Parallele zur nächstliegenden Kurve. Diese Linie schneidet die Horizontale der festgelegten mittleren Festigkeit β M28 im Punkt B. Die Senkrechte durch B zeigt den gesuch-

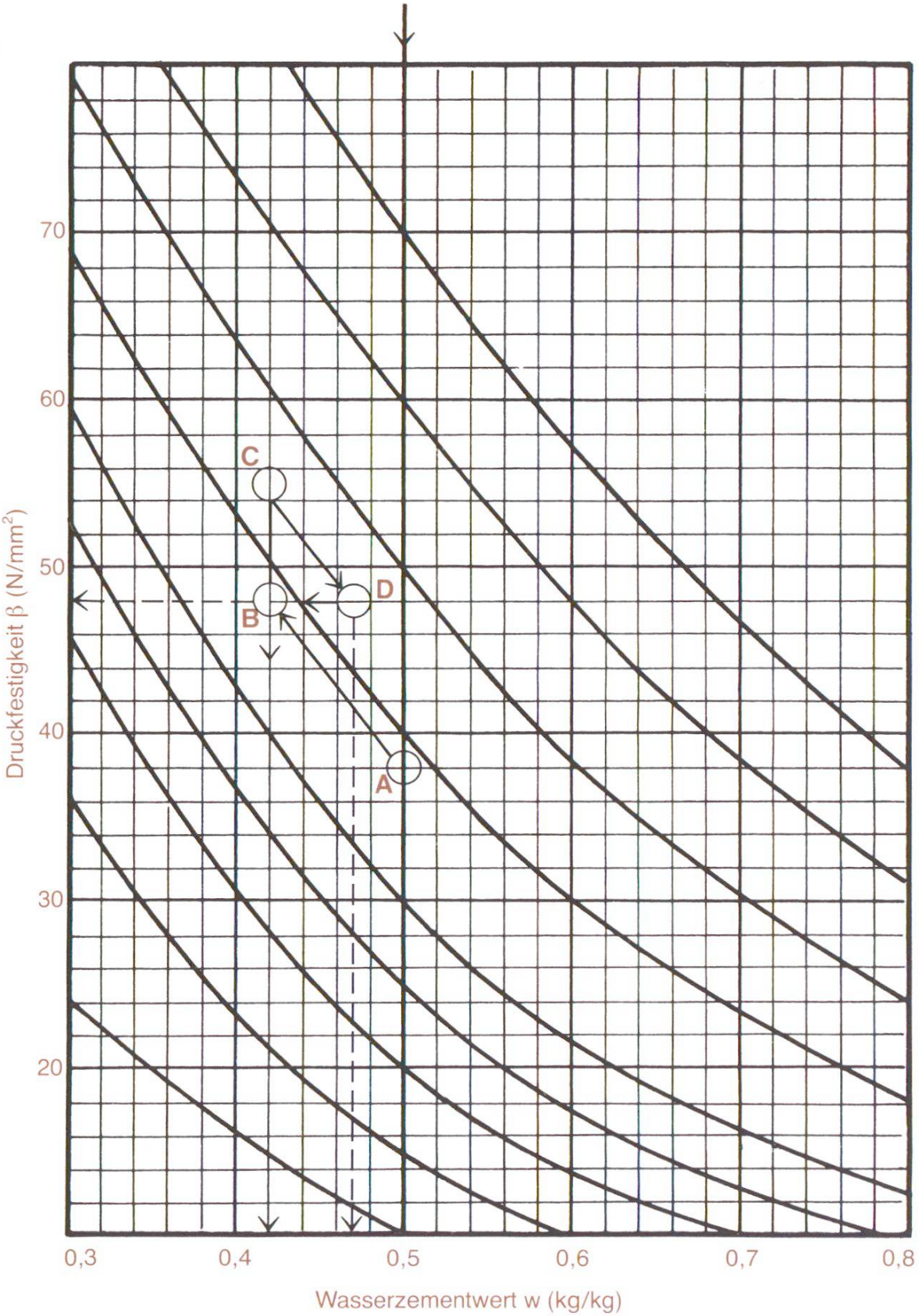

Abb. 2 Beispiel mit Korrektur.
A – Ausgangspunkt bestimmt durch Erfahrungsdaten gemäss Tabelle 2.
B – Punkt, der die gesuchte Mischung mit der gewünschten Festigkeit β M 28 = 48 N/mm² und den sich ergebenden Wasserzementwert von w = 0,42 markiert. Die Mischung gilt wegen der unsicheren Ausgangsdaten als Probemischung.
C – Punkt, der durch die wirkliche (gemessene) Festigkeit der Mischung, β M 28 = 55 N/mm², festgelegt ist.
D – zeigt die auf β M 28 = 48 N/mm² zurückgeführte Mischung mit neuem Wasserzementwert von 0,47.

ten Wasserzementwert w der zu entwerfenden Betonmischung. Amerikanische Empfehlungen für maximal zulässige Wasserzementwerte zeigt Tabelle 3.

Tabelle 2

Angenommene mittlere Würfeldruckfestigkeiten nach 28 Tagen von Betonmischungen mit einem Wasserzementwert von 0,50

Zementtyp	*Art des Zuschlages*	*β M28*
PC (normaler Portlandzement)	rund	38 N/mm²
PCHS*)	rund	38
HPC (hochwertiger Portlandzement)	rund	44
PC	gebrochen	44
PCHS*)	gebrochen	44
HPC	gebrochen	48

*) Portlandzement mit hoher Sulfatbeständigkeit

Tabelle 3

Maximal zulässige Wasserzementwerte für armierten Beton gemäss amerikanischen Empfehlungen (s. auch *Trüb*, Baustoff Beton, 1979, p. 75/76)

Abmessung	Exposition des Betonkörpers	
	trocken	wechselnd nass
Dünne Querschnitte Überdeckung der Bewehrung < 25 mm	0,49	0,45
Mittlere Querschnitte (Mauern, Pfeiler, Träger u. dgl.)	0,53	0,49
Massenquerschnitte (Aussenteile)	0,58	0,49

3. Bestimmung des Zementgehaltes

Der Bestimmung des Zementgehaltes der zu entwerfenden Mischung liegen drei Anforderungen und die Gegebenheiten des Zuschlages zugrunde, und zwar

- die gewünschte Konsistenz des Betons (s. CB Nr. 75/14 und 80/5)
- der zutreffende Wasserzementwert (bestimmt nach Abschnitt 2)

- die allfälligen Maximalwerte für den Wasserzementwert oder Mindestwerte für die Zementdosierung (z.B. gemäss der Norm SIA 162)
- die Charakteristik des Betonzuschlages:
  Kornform (rund oder gebrochen) und
  Körnungsziffer (aus der Siebanalyse bestimmt gemäss CB 3/82)

Der gesuchte Zementgehalt C (kg/m^3) wird dem Diagramm Abb. 3 entnommen. Die zutreffende Körnungsziffer und der zutreffende Wasserzementwert bestimmen darin einen Punkt, der seinerseits die Zementdosierung anzeigt.

4. Bestimmung der Betonzusammensetzung

Die gewichtsmässige Zusammensetzung der gesuchten Betonmischung wird schliesslich durch die Stoffraumrechnung ermittelt. Dieser Rechnung liegen die Rohdichten der beteiligten Materialien zugrunde, und zwar in der Regel mit den folgenden Werten:

3,1 g/cm^3 für die Zemente
2,65 g/cm^3 für das Zuschlagsgestein
1,0 g/cm^3 für das Wasser

Durch das bisher durchgeführte Verfahren ist die Mischung mit der Angabe des Wasserzementwertes w (kg/kg) und der Zementdosierung C (kg/m^3) bestimmt. Daraus lassen sich im weiteren folgende Angaben berechnen:

a) Gesamt-Wassergehalt: $W_g = C \cdot w \ (kg/m^3)$
b) Stoffraum des Zementes: $S_c = \frac{C}{3{,}1} \ (l/m^3)$
c) Stoffraum des Wassers: $S_w = \frac{W_g}{1{,}0} \ (l/m^3)$
d) Stoffraum für den Zementleim: $S_l = S_c + S_w$
e) Stoffraum für den Zuschlag: $S_z = 1000 - S_l \ (l/m^3)$
f) Zuschlagsmenge: $Z = S_z \cdot 2{,}65 \ (kg/m^3)$

Damit sind die Daten für die Betonzusammensetzung bestimmt mit

Z kg Zuschlag
C kg Zement
W kg Wasser pro 1 m^3 verdichteter Beton

Dabei wird angenommen, dass trockener Zuschlagsstoff angewandt wird und luftporenfreier Beton vorliegt. Wenn dies nicht der Fall ist, wären folgende Korrekturen zu machen:

zu a): $W_m = W_g - W_z$
W_m = Wasserzugabe, W_z = Wassergehalt von Z kg Zuschlag

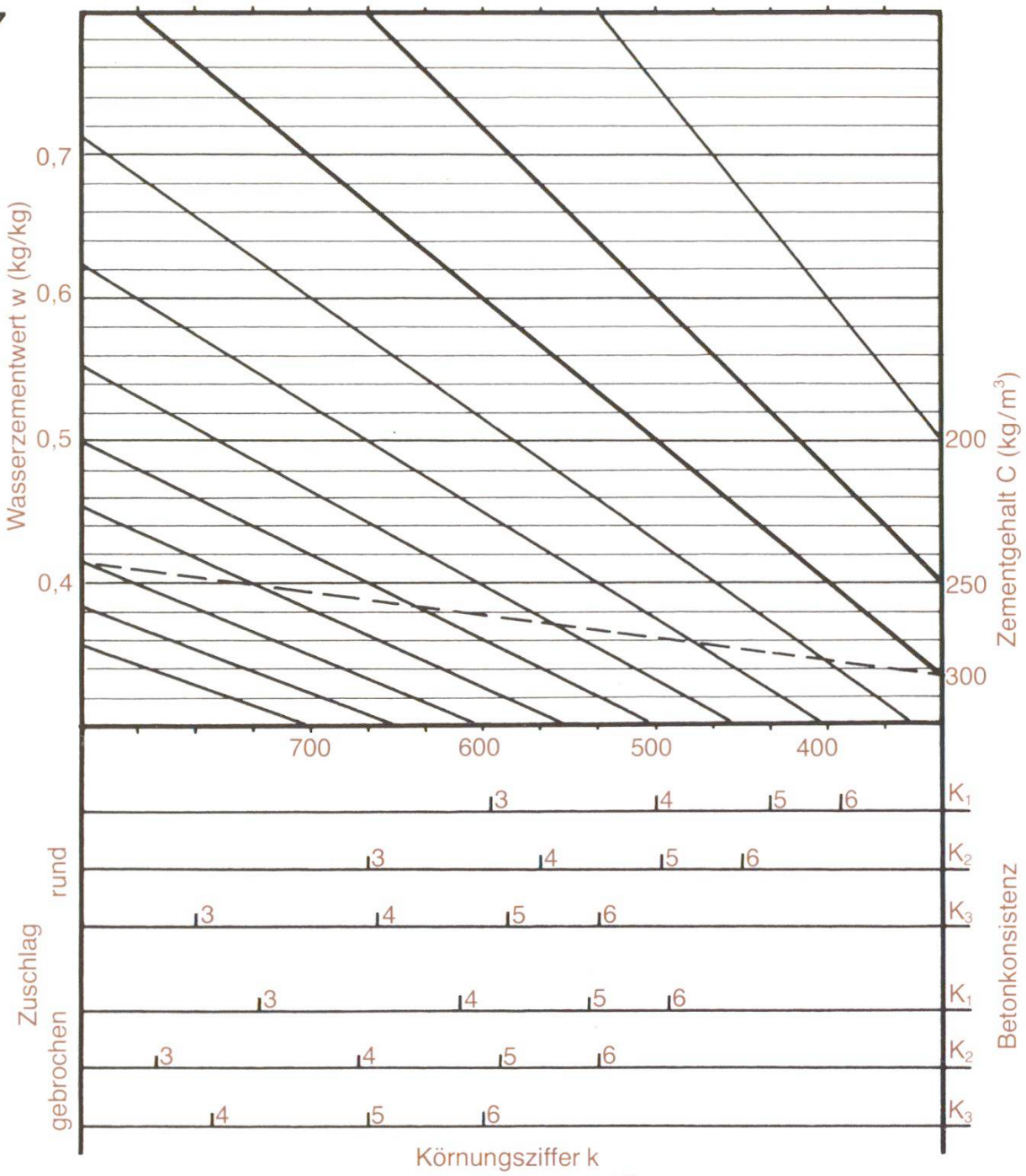

Abb. 3 Diagramm zur Bestimmung der Zementdosierung C.
Ausgangsdaten sind Wasserzementwert und Körnungsziffer sowie Betonkonsistenz (K_1 = steif, K_2 = plastisch, K_3 = weich) und Kornform (rund oder gebrochen).
Minimaldosierungen: 300 bzw. 250 kg/m³ für bewehrten Beton gemäss Norm SIA 162. Gestrichelt eingezeichnet die Minimaldosierung bei fehlendem Mehlkorn 0 . . . 0,2 mm im Zuschlag.
Die Körnungsziffer wird gemäss CB 82/3 bestimmt.
Die Wasseransprüche, die diesem Diagramm zugrunde liegen, sind etwas höher angesetzt als in Abb. 2, CB 82/3, angegeben.

zu e): $S_z = 1000 - S_l - L$

L = Lufteinschlüsse in l/m³

~ 1 . . . 6 l/m³ je nach Konsistenz und Verdichtung

5. Beispiel

Es soll ein Beton mit weicher Konsistenz und mit einem Nennwert der Würfeldruckfestigkeit gemäss Norm SIA 162 von β N28 = 46 N/mm² zusammengestellt werden. Zur Verfügung steht ein normaler Zu-

schlag 0 . . . 32 mm mit einer Kornzusammensetzung im Bereich der Normalsiebkurven B und C. Mit den gleichen Materialien ist eine Festigkeit β M28 = 41 N/mm^2 bei einem Wasserzementwert von w = 0,52 erreicht worden. Es handelt sich um eine mittlere Baustelle mit guter Aufsicht.

1. Schritt: Tabelle 1 zeigt eine Standardabweichung von 5 N/mm^2 gemäss der Situation auf der Baustelle. Die anzustrebende mittlere Druckfestigkeit berechnet sich somit:
β M28 = 46 + 1 × 5 = *51 N/mm^2.*

2. Schritt: Im Diagramm Abb. 1 wird der Punkt β M28 = 41 N/mm^2 und w = 0,52 eingezeichnet. Die Parallele zur nächstliegenden Kurve durch diesen Punkt schneidet die Horizontale β = 51 N/mm^2. Der Schnittpunkt zeigt auf der Abszisse den zutreffenden Wasserzementwert von w = 0,44 kg/kg.

3. Schritt: Aus der Siebanalyse des Zuschlags ergibt sich die Körnungsziffer gemäss CB 82/3 mit k = 4,7. Das Diagramm Abb. 3 zeigt für w = 0,44, k = 4,7, bei K_3 und rundem Zuschlag eine Zementdosierung von C = 415 kg/m^3.

4. Schritt: Die Stoffraumrechnung ergibt pro 1 m^3 vollständig verdichteten Beton folgende Anteile:

Zement:	415 kg
Wasser:	183 kg
Zuschlag:	1811 kg

U.A. Trüb, TFB

Literaturangaben:

CB 80/5; 82/3; 82/6
U. Trüb, Baustoff Beton, Wildegg, 1979
D.C. Teychenné und Mitarbeiter, Design of normal concrete mixes.
Dep. of the Environment, London, 1978
W.C. Cordon, J.D. Thorpe, Proportioning and Evaluation of Concrete Mixtures.
ACI-Journal, 1975, 46
F. Heim, Die wirtschaftliche Betonmischung, eine Optimierungsaufgabe.
Betonwerk und Fertigteil-Technik, 1975, 4
EMPA, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt.
Prüfen von Beton an der EMPA, Dübendorf, 1974
H. Lambotte, H. Motten, Contrôle de la qualité du béton.
Centre Scientifique et Technique de la Construction.
Note d'Information 126, Bruxelles, juin 1979
H. Rüsch und Mitarbeiter, Statistische Analyse der Betonfestigkeit.
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 206, Berlin, 1969

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
5103 Wildegg Postfach Telefon 064 53 17 71