

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 97/98 (1931)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Baukontrolle im Beton und Eisenbeton  
**Autor:** Bolomey, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44744>

#### 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:** 22.02.2026

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

für die Konstruktion notwendigen Zahlen oft auf Grund von Kurzversuchen bestimmt werden. Tapsell führt verschiedene in dieser Weise gewonnene Ergebnisse an, die mit seinen eigenen, auf Grund von Versuchen langer Dauer festgestellten Zahlen gut übereinstimmen.

Die Vorbehandlung eines Stahls hat auf seine Kriechgrenze nur bei Temperaturen bis etwa  $450^{\circ}$  einen gewissen Einfluss; so zeigt in diesem Bereich normalisierter Stahl eine höhere Kriechgrenze, als vergüteter Stahl gleicher Legierung. Die Verfestigung und Härtesteigerung durch Kaltreckung geht schon bei  $400^{\circ}$  verloren.

Im Gegensatz zum starken Abfall der Kriechgrenze mit steigender Temperatur zeigt die Widerstandsfähigkeit des Stahls gegen rasch wechselnde Spannungen bis  $500^{\circ}$  nicht nur keinen Abfall, sondern zwischen  $300$  und  $500^{\circ}$  geradezu einen Anstieg, sodass bei hohen Temperaturen die Ermüdfestigkeit über die Kriechgrenze zu liegen kommt (Abb. 2). Ist einer konstanten Spannung eine Wechselspannung überlagert, so kann in der Wärme Bruch durch Kriechen eintreten.

Besonders wichtig für den praktisch tätigen Ingenieur ist es, in Tapsell's Buch auch Angaben über die bei hohen Temperaturen zulässigen Spannungen zu finden. Hierbei wird mit zwei verschiedenen Sicherheitsgraden zu rechnen sein:

1. Gegen Spannung, wobei die Einhaltung eines vorgeschriebenen Verhältnisses der zugelassenen Spannung zur Kriechgrenze bei der betreffenden Temperatur verlangt wird;

2. Gegen Temperatur: die Konstruktion soll durch eine gelegentlich auftretende Uebertemperatur in gewissen Grenzen nicht gefährdet sein. Die Grösse dieser Temperaturmarge wird den Betriebsbedingungen der Konstruktion angemessen sein müssen.

Der erste angeführte Sicherheitsfaktor entspricht dem allgemein üblichen; über seine Grösse wird noch etwas zu sagen sein. Grösste Bedeutung ist der Temperatur-Sicherheitsmarge zuzuschreiben, wie dies ohne weiteres aus dem steilen Abfall der Kriechgrenze mit steigender Temperatur (Abb. 2) folgt. Dabei ist zu bedenken, dass im allgemeinen eine gelegentlich auftretende Uebertemperatur durch eine entsprechende Untertemperatur in ihrer Wirkung auf das Kriechen nicht kompensiert wird, weil die Kriechgeschwindigkeit mit der Temperatur sehr rasch ansteigt. In der Berechnung sind daher die höchsten überhaupt vorkommenden Temperaturen zu berücksichtigen.

Was den Sicherheitsfaktor gegen Spannung anbetrifft, so schlägt Tapsell dafür im Temperaturbereich von  $350$  bis  $550^{\circ}$  für gewöhnliche Stahle den Wert 3 vor, wodurch auch eine angemessene Sicherheitsmarge gegen Temperatur gewährleistet werde. Andere von Tapsell angeführte Autoren begnügen sich mit wesentlich geringern Sicherheitsfaktoren gegen Kriechgrenze, mit 2 und sogar mit  $\frac{3}{2}$ .

Nach Auffassung des Berichterstatters mag der von Tapsell verlangte Sicherheitsfaktor für Temperaturen von  $350$  bis gegen  $450^{\circ}$  angemessen sein, da in diesem Bereich die Kriechgrenze weit über der Proportionalitätsgrenze liegt und erst nach bedeutenden, meist unzulässig grossen Deformationen erreicht wird. — Bei höheren Temperaturen ist dies nicht mehr der Fall, weil die beiden Grenzen dort zusammenfallen oder ihre Reihenfolge vertauschen; die Kriechdeformationen bleiben daher immer klein, falls das Kriechen überhaupt zum Stillstand kommt. Ein Sicherheitsfaktor von 2 oder  $\frac{3}{2}$  dürfte somit in den meisten Fällen ausreichen, wenn nicht besondere Gründe für einen grösseren Wert sprechen. Diese Reduktion des Sicherheitsfaktors erscheint bei hohen Temperaturen oft

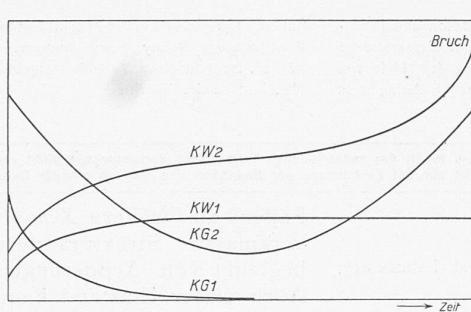


Abb. 1. Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Kriechweg (KW) und Kriechgeschwindigkeit (KG) für zwei verschiedene Fälle.

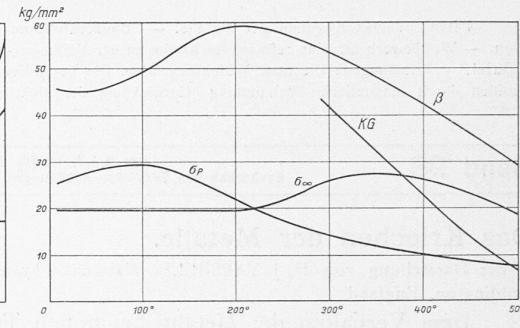


Abb. 2. Zerreissfestigkeit  $\beta$ , Proportionalitätsgrenze  $\sigma_P$ , Kriechgrenze  $K$  und Ermüdfestigkeit  $\sigma_{\infty}$  eines Stahls mit  $0,17\%$  C, in Funktion der Temperatur, nach Tapsell.

unumgänglich, soll bei der tiefen Lage der Kriechgrenze die zulässige Spannung einen Wert aufweisen, der zu praktisch möglichen Konstruktionen führt. — Der Sicherheitsfaktor hat bei hohen Temperaturen eine andere Bedeutung, als bei gewöhnlichen Wärmegraden, weil das Material ein ganz verschiedenes Verhalten zeigt, worauf zur Begründung der vorgeschlagenen niedrigen Sicherheitsfaktoren noch hingewiesen sei. Stoss- und Wechselbeanspruchungen werden bei hohen Temperaturen für Eisen und Stahl verhältnismässig weniger gefährlich, während lang einwirkende konstante Beanspruchungen mehr zu befürchten sind. Dieser Unterschied kommt deutlich in der bei Versuchen langer Dauer gegenüber gewöhnlichen Versuchen beobachteten Festigkeitsverminderung zum Ausdruck. Dementsprechend hat der Sicherheitsfaktor gegenüber Kriechgrenze lediglich die Gewähr zu leisten, dass kein dauerndes Kriechen auftrete und die bleibenden Deformationen vorgeschriebene Grenzen einhalten. Diese Bedingungen führen zu so geringen zugelassenen Spannungen, dass meistens eine Gefährdung durch momentane zusätzliche Beanspruchungen kaum zu befürchten sein wird, zumal diesen gegenüber das Material viel tragfähiger ist.

In einer grossen Anzahl von Diagrammen und Tabellen gibt das Buch Tapsell's die Ergebnisse der wichtigsten bisher in Europa und Amerika vorgenommenen Untersuchungen über die Kriechfestigkeit in konzentrierter Form wieder. Es kann daher auch vorteilhaft als Nachschlagewerk benutzt werden, was durch ein Sach- und Autorenregister sowie ein Literaturverzeichnis erleichtert wird.

Dr. Ing. E. Honegger.

## Baukontrolle im Beton und Eisenbeton.

Von Ing. J. BOLOMEY, Professor an der Ingenieurschule Lausanne.  
(Schluss von Seite 107)

Die vorangehenden, für jeden Mörtel und Beton gültigen Betrachtungen bilden die Grundlage der zweckmässigen Anordnung der Kontrollversuche auf den Bauplätzen.

### A. VORVERSCHE

Es sind dies die wichtigsten, weil sie ermöglichen, Materialien, Dosierungen, Konsistenz und Art des Einbringens so festzulegen, dass der entstehende Beton genau die gewünschten Eigenschaften aufweist. Sie umfassen folgende Punkte:

a) Prüfung des Zementes. Auf kleinen und mittleren Bauplätzen wird es genügen, bezüglich Beginn und Dauer des Abbindens, sowie bezüglich der Festigkeit bei den Normalversuchen sich an die Angaben der Hersteller zu halten. Diese ermöglichen eine angenäherte Bestimmung der Koeffizienten  $A$  (vergl. S. 107); wogegen auf grossen Bauplätzen  $A$  direkt, wie an genannter Stelle ebenfalls angegeben, ermittelt werden sollte.

b) Prüfung der Zuschlagstoffe. Sie müssen sauber und frei von erdigen, lehmigen oder organischen Beimengungen sein. Sie müssen aus hartem, gesundem, nicht eisklüftigem Gestein stammen; schiefrige, glimmerige oder talkige Materialien sind auch mittelmässig wegen ihrer

blättrigen Struktur und der schlechten Haftfestigkeit des Zements an ihrer Oberfläche; sie sind häufig brüchig.

Geschiebematerial mit abgeschliffenen Kanten ergibt, wenn es gut abgestuft und sauber ist und aus hartem Gestein stammt, den dichtesten und festesten Beton. Man wird jedoch oft gebrochenem Material den Vorzug geben, weil es ausschliesslich aus gesundem und hartem Gestein kommt und weil man ihm leicht eine granulometrisch richtige, immer gleichmässige Zusammensetzung geben kann. Wegen der scharfen Kanten des gebrochenen Materials braucht der Beton mehr Sand, daher mehr Anmachwasser, und ist im allgemeinen in kleinen Stärken schwieriger einzubringen als ein Beton aus abgeschliffenem Material.

Da die Güte des Zuschlagmaterials von seiner granulometrischen Zusammensetzung und vom grössten Korn durchmesser  $D$  abhängt, muss man das grösste Korn zu erhalten suchen, das mit den zu betonierenden Stärken in Einklang steht und durch die Misch- und Einbringapparate bewältigt werden kann. Die granulometrische Zusammensetzung muss also geprüft und nötigenfalls durch Mischung der idealen Zusammensetzung entsprechend Formel (14) möglichst nahe gebracht werden. Diese Prüfung muss auf alle Fälle durchgeführt werden, auch wenn man keine Verbesserung des Materials beabsichtigt; sie ist das einzige Mittel, um die Verwendung ausgesprochen schlecht granulierte Materials zu vermeiden. Man kann sich nicht mehr damit begnügen, einen Sand als ausgezeichnet zu erklären, blos weil er sauber ist und in der Hand knirscht; man muss sich auch über seine Granulierung Rechenschaft geben, die umso wichtiger ist, je kleiner die Zementdosierung des Gemisches ist. Es ist übrigens durchaus nicht nötig, eine grosse Zahl von Komponenten auszusondern; die wesentlichsten Korngrössen sind:

Feinsand	$< 0,5 \text{ mm}$	$w = 0,23$	} $N = 0,10$
Mittelsand	$0,5 \text{ bis } 2 \text{ mm}$	$w = 0,10$	
Grobsand	$2 \text{ bis } 6 \text{ mm}$	$w = 0,04$	
Feinkies	$6 \text{ bis } 15 \text{ mm}$	$w = 0,02$	
Kies	$> 15 \text{ mm}$	$w = 0,01$	

Das Sortieren dieser fünf Komponenten benötigt nur einen Satz von vier Sieben. Oft ist es wichtig, den Gehalt des Feinsandes an Schlamm und an Steinmehl zu kennen; daher lässt man ein wenig Feinsand in einem Gefäß voll Wasser sich setzen: die Teilchen unter  $0,1 \text{ mm}$  bilden eine Zone von ausgesprochen anderer Färbung als jene von  $0,1 \text{ bis } 0,5 \text{ mm}$ . Sauberes Flüssmaterial enthält keine Körner unter  $0,1 \text{ mm}$ , während der Feinsand im gebrochenen Material 20 bis 40% Steinmehl von weniger als  $0,1 \text{ mm}$  Korngröße aufweist.

Auf kleinen Bauplätzen genügt es, den Gehalt des Materials an Teilen  $< 0,5 \text{ mm}$  und an Sand von  $0 \text{ bis } 6 \text{ mm}$  zu kennen und somit eine Abstufung in folgenden Grenzen einzuhalten:

Feinsand	$< 0,5 \text{ mm}$	$5 \text{ bis } 10\%$	} des Gesamtgewichtes
Sand	$0 \text{ bis } 6 \text{ mm}$	$35 \text{ bis } 50\%$	
Kies	$> 6 \text{ mm}$	$65 \text{ bis } 50\%$	

Um sicher zu sein, dass die granulometrische Zusammensetzung immer gleich bleibt, ist es empfehlenswert, wenn möglich Sand und Kies getrennt zu halten und sie erst beim Anmachen des Beton zu mischen. Ein Material, das sehr verschieden grosse Bestandteile umfasst, entmischt sich leicht bei der Lagerung, indem der Sand oben auf dem Haufen liegt und der Kies nach unten rollt.

Die Güte eines Zuschlagmaterials kann auch nach seinem Raumgewicht beurteilt werden. Trockener Sand oder Kies, schlecht abgestuft, hat ein Raumgewicht von rund 1,50. Dies erreicht aber 1,70 bis 1,80 für einen gut abgestuften Sand und 2,00 bis 2,15 für ein gutes, lose geschüttetes, trockenes Kies-Sand-Gemisch.

Der Grad der Auflockerung des feuchten Sandes muss bekannt sein. Ein Wassergehalt von nur einigen Hundertsteln des Sandgewichtes verursacht eine Auflockerung, die 20% seines Trockenvolumens ausmachen kann. Sobald man feuchten Sand verwendet, ist mit einer mittleren Auflockerung von 10% zu rechnen.

Raumgewicht und Auflockerung haben grosse Bedeutung hinsichtlich der Dosierung. Wenn beispielsweise ein Sand, der  $1500 \text{ kg/m}^3$  wiegt, einen Mörtel liefert, der, wie sich aus dem Verhältnis des verwendeten Sandes zum erhaltenen Mörtel oder aus der Dichte des Mörtels ergibt,  $1800 \text{ kg Sand/m}^3$  enthält, kann man schliessen, dass es in diesem Falle  $1,20 \text{ m}^3 \text{ Sand/m}^3$  Mörtel braucht und dass die Dosierung pro  $\text{m}^3$  Mörtel 1,2 mal so gross ist, wie jene pro  $\text{m}^3$  Sand. Der umgekehrte Fall kann eintreten bei starkem Gehalt an gut abgestuftem, trockenem Sand.

Auf kleinen Bauplätzen wird man selten eine ungünstige granulometrische Zusammensetzung — wenn sie nicht ausgesprochen fehlerhaft ist — zu verbessern suchen. Es ist im allgemeinen wirtschaftlicher, die Zementdosierung zu erhöhen, um die verlangte Festigkeit zu erreichen.

Ganz anders auf grossen Bauplätzen. Dort ist möglichste Annäherung an die günstigste granulometrische Zusammensetzung dauernd anzustreben, weil sie einen dichten Beton bei geringstem Zementverbrauch ergibt. Die gewollte Zusammensetzung wird erhalten durch geeignete Mischung verschiedener Komponenten, von denen jede durch das Vorherrschen einer bestimmten Korngröße (Feinsand, Feinkies, Kies) gekennzeichnet ist. Jede dieser Komponenten ist mittelmässig graduiert, hat daher geringes Raumgewicht, während die endgültige Mischung ein Minimum an Hohlräumen aufweist. Aus diesem Grunde braucht es gewöhnlich 1200 bis 1300 l Zuschlagstoffe für einen  $\text{m}^3$  fertiges Kies-Sand-Gemisch, dessen Raumgewicht, trocken und lose geschüttet, 2000 bis 2150  $\text{kg/m}^3$  beträgt, je nach dem Durchmesser  $D$ . Das Kies-Sand-Gemisch wird auf dem Bauplatz unmittelbar vor dem Betonmischen hergestellt durch richtig proportionierte Mischung von drei bis vier Komponenten, die in Silos gesondert lagern.

c) Prüfung des Anmachwassers. Es soll klar und frei von Schlamm, organischen Beimengungen und chemischen Substanzen sein — unter letzten jene ausgenommen, die zur Erreichung bestimmter Eigenschaften hinzugefügt werden (Dichtungsmittel, Erleichterung der Verarbeitung, rasches Erhärten, Frostschutz). Organische Bestandteile tierischer oder pflanzlicher Natur, sowie alle Säuren sind besonders schädlich, während nicht saure, mineralische Bestandteile im allgemeinen unschädlich sind.

d) Probekörper zur Kontrolle der Ergebnisse der Untersuchung der Zuschlagstoffe. Nachdem die Materialien wie oben angegeben untersucht wurden, sind zur Kontrolle der Plastizität, der Verarbeitbarkeit, des Faktors  $Z/W$ , der Dichte und Festigkeit des Beton, einige Probekörper in der auf dem Bau verwendeten Konsistenz herzustellen. Die angenommenen Mischungsverhältnisse können nach den Ergebnissen dieser Versuche leicht verändert werden. Das Anmachwasser und daraus  $Z/W$  und Dichte des Beton sind zum Voraus berechnet worden, sodass die Anmachversuche in diesem Falle nur zur Kontrolle dieser Berechnungen dienen. Die Festigkeitsversuche dienen gleichzeitig zur Bestimmung des Qualitäts-Koeffizienten  $A$  des Bindemittels.

Diese Vorversuche werden auf grossen Bauplätzen sehr umfangreich ausfallen, während man sich auf kleinen Baustellen auf einige Anmachversuche zur Kontrolle von  $Z/W$  beschränken kann.

#### B. VERSUCHE WÄHREND DER BAUAUSFÜHRUNG.

Ihr Hauptzweck besteht in der Kontrolle darüber, dass der ausgeführte Beton dem durch die Vorversuche bestimmten entspricht. Sie umfassen:

##### I. Kontrolle der Beton-Herstellung und Verarbeitung:

a) Kontrolle der Dosierung. Diese ist vorgeschrieben pro  $\text{m}^3$  Kies-Sand-Gemisch, oder, was vorzuziehen ist, pro  $\text{m}^3$  Beton. Das Kies-Sand-Gemisch wird nach Volumen gemessen, der Zement nach Gewicht. Im Falle, dass dieser ebenfalls nach Volumen gemessen würde, ist sein Raumgewicht genau unter den Schüttbedingungen zu bestimmen, unter denen er zur Dosierung gelangt.

Das Volumen der Dosierungskiste ist zu kontrollieren; wenn es sich um den Aufzugskübel eines Mischers handelt,

sind die den verschiedenen Dosierungen entsprechenden Füllungshöhen deutlich zu kennzeichnen, indem Schüttbedingungen und Aufgehen feuchter Zuschlagstoffe berücksichtigt werden. Die tatsächlich vorhandene Dosierung ist durch einen direkten Ergiebigkeitsversuch zu prüfen, indem z. B. in einer Kiste das Volumen des Beton einer Ladung gemessen wird. Diese Kontrollen sind häufig anzustellen; nicht selten kann man auf kleinen, ungenügend überwachten Baustellen Dosierungsfehler von  $\pm 10\%$  feststellen, die hauptsächlich von falscher Eichung der Dosierungskisten und von der Auflockerung der Zuschlagstoffe herrühren.

Die Zementqualität ist auf grossen Bauplätzen regelmässig durch die Normalversuche zu überwachen; auf kleinen ist dies nicht üblich. Hier ist es immerhin empfehlenswert, von jeder Wagenladung Zement ein Muster (10 bis 20 kg) bis zur Abnahme des Baues aufzubewahren, um eventuell später Zementversuche anstellen zu können, wenn die Betonqualität sich als ungenügend erweisen sollte.

b) *Kontrolle der Zuschlagstoffe.* Ihre granulometrische Zusammensetzung kann sich im Laufe der Arbeiten verändern, sodass eine regelmässige Kontrolle geboten ist. Die grossen, modernen Bauplätze sind alle so eingerichtet, dass das Verhältnis der Komponenten rasch geändert werden kann. Auf den kleinen, die täglich mit Kiessand versorgt werden, ändert sich die granulometrische Zusammensetzung beständig, wodurch ihre eventuelle Verbesserung schwierig wird. Man muss sich immerhin darüber vergewissern, dass sie in den durch die Vorversuche festgelegten, ziemlich weiten Grenzen bleibt. Dies kann schätzungsweise geschehen durch Vergleich mit einigen Mustern von bekannter Zusammensetzung, oder auch durch Bestimmung des Raumgewichtes, oder schliesslich durch rasches Sieben. Bei einiger Uebung erkennt man die Güte eines Gemisches „von Auge“.

c) *Kontrolle der Anmachwassermenge und des Flüssigkeitsgrades.* Die Messung der Anmachwassermenge ist sehr leicht für trockene Zuschlagstoffe: es genügt, das jeder Mischung zugefügte Wasservolumen zu notieren. Bei feuchten Zuschlagstoffen — mit denen man es gewöhnlich zu tun hat — muss auch das in diesen bereits enthaltene Wasser berücksichtigt werden. Dazu ist ein bekanntes Volumen Zuschlagstoffe in feuchtem Zustand zu wägen, dann zu trocknen und wieder zu wägen — ein sehr einfaches, aber zeitraubendes Verfahren. Sehr rasch kann das Anmachwasser aus der Dichte des frischen Beton nach der im „Bulletin technique de la Suisse romande“ vom 24. August 1929 entwickelten Methode bestimmt werden.

Der Beton darf nicht flüssiger sein, als es für das sorgfältige Einbringen nötig ist. Der Flüssigkeitsgrad (vergl. Abb. S. 121), kann mit dem Friesstisch oder mit dem „Slump“ nach Abrams bestimmt werden. Nur dieses letztgenannte Verfahren ist auf Bauplätzen anwendbar, aber es ist nicht sehr genau. Im allgemeinen wird der Flüssigkeitsgrad nach dem Aussehen beurteilt: ein Beton ist plastisch, wenn er zu glänzen beginnt, er füllt dann von selber die Schalung aus, wenn er gestossen oder erschüttet wird. Wenn er einen natürlichen Böschungswinkel von  $30\%$  annimmt, ist es Gussbeton; ein Anzeichen von zu grossem Wassergehalt ist die eintretende Trennung des Mörtels vom Kies.

d) *Kontrolle der Dichte des Beton.* Die Betondichte ist der beste Maßstab für den Wassergehalt, die granulometrische Zusammensetzung und den Flüssigkeitsgrad. Der Beton ist umso dichter, je besser die granulometrische Abstufung, je kleiner Wassergehalt und Flüssigkeitsgrad. Die Anmachwassermenge in Funktion der Betondichte kann leicht für jede Dosierung graphisch aufgetragen werden.

Sehr guter Beton hat beim Anmachen eine Dichte von	$> 2,40$
Guter	" " " " " 2,34 bis 2,40
Ziemlich guter	" " " " " 2,28 " 2,34
Mittelmässiger	" " " " " 2,20 " 2,28
Schlechter	" " " " " < 2,20

Diese allgemeinen Hinweise genügen für kleine Baustellen, während man auf grossen die Dichte in den durch die Vorversuche festgelegten Grenzen halten sollte.

e) *Das Verarbeiten des Beton* muss auf kleinen wie auf grossen Baustellen überwacht werden, um die Bildung von Kiesnestern zu verhindern und überhaupt einen kompakten Beton zu erhalten.

f) *Nachbehandlung.* Ein gut zubereiteter und sorgfältig eingebrachter Beton muss schliesslich unter günstigen Bedingungen erhärten:

1. Der Beton muss während der ersten Zeit seiner Erhärtung feucht gehalten werden. Wenn er trocken gelassen wird, hört die Erhärtung auf; sie dauert aber monatelang fort bei Feuchthaltung.

2. Der frische Beton ist während der Abbindezeit, d. h. also während 12 bis 24 Stunden nach seiner Herstellung, vor Erschütterungen, vor fliessendem Wasser und Regen zu schützen, ansonst die Zementmilch ausgewaschen werden könnte oder der Mörtel zu viel Wasser aufnähme, was seine Festigkeit beeinträchtigen würde.

3. Der Beton ist vor grosser Hitze zu schützen, die ihn zu schnell trocknen und innere Spannungen hervorrufen würde (Schwinden, Wärmedehnung); ebenso vor Frost. Bei einer Temperatur unter  $-10^{\circ}$  ist die Verzögerung der Erhärtung zu berücksichtigen (Ausschalen).

#### II. Herstellung von Probekörpern:

Die bisher behandelten Versuche sind die weitaus wichtigsten, weil ihre Ergebnisse vor der Verarbeitung des Beton erhalten werden.

Die Ergebnisse der Bruchversuche von Probekörpern, die im Verlaufe des Baues hergestellt werden, erhält man erst, wenn es für eine allfällige Verbesserung des Beton längst zu spät ist. Anderseits ist die Kenntnis der tatsächlichen Festigkeit überzeugender als blosse Vorausberechnung, sie ermöglicht wirksame Massnahmen für spätere Arbeiten. Daher ist auch die Herstellung von Probekörpern während der Bauausführung auf grossen Bauplätzen von grossem Wert — unter der Bedingung, dass dies nicht die einzige Betonkontrolle sei und dass die Probekörper sachgemäss hergestellt werden, was nicht so einfach ist, wie es auf den ersten Blick aussieht.

Um zuverlässige Ergebnisse zu liefern, müssen die Körper unter folgenden Bedingungen angefertigt werden:

1. Die Anzahl der Probekörper muss genügen, um allfällige Fehler beim Einbringen in die Form aufdecken zu können. Aus diesem Grunde müssen die Würfel zu zweien oder dreien gleichzeitig zerdrückt werden, und wenn möglich von zwei oder drei Erhärtungszeiten. Jede Serie setzt sich somit aus vier oder sechs Würfeln von ein und der selben Mischung zusammen, die paarweise nach 7, 28, 90 Tagen zerdrückt werden. Dadurch lernt man den Gang der Erhärtung genau kennen. Wenn der Unterschied zwischen den Festigkeiten zweier Würfel aus einer Serie vom selben Alter  $10\%$  übersteigt, kann man auf fehlerhafte Herstellung der Würfel schliessen.

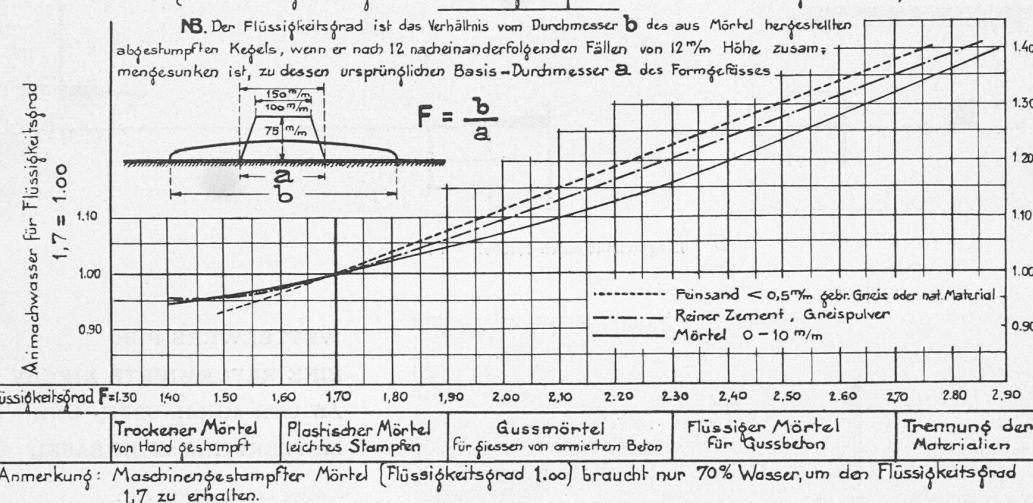
Auf einem mittleren Bauplatz ist eine Serie von vier bis sechs Würfeln alle 14 Tage herzustellen, auf einem grossen öfter (alle sechs Tage bis täglich). Die Herstellung einzelner Körper hat gar keinen Wert und ist zu verwerfen, weil man ihre Festigkeit und Dichte nicht mit denen anderer, unter genau gleichen Bedingungen hergestellter vergleichen kann.

2. Für jede Serie ist ein Protokoll zu führen, das enthalten soll: Herkunft des Zementes und der Zuschlagstoffe. — Dosierung, Flüssigkeitsgrad, Anmachwassermenge, Leichtigkeit und Art des Einformens, Aufbewahrungsbedingungen. — Datum, Wetter, Temperatur, Ort der Verwendung des entsprechenden Beton im Bau. — Anzahl und Bezeichnung der Probekörper. Um allen späteren Einwänden zu begegnen, ist es empfehlenswert, diese Protokolle kontraktorisch aufzunehmen und durch Unternehmer und Bauherr unterzeichnen zu lassen.

3. Der Beton der Probekörper muss dem im Bau verwendeten absolut gleich sein, besonders hinsichtlich Dosierung, Anmachwasser, Flüssigkeitsgrad und Stampfen. Diese letzte Bedingung ist schwierig einzuhalten, da die Körper immer viel intensiver gestampft werden als der

## Veränderung der Anmachwassermenge in Funktion des Flüssigkeitsgrades

(Die notwendige Menge für den Flüssigkeitsgrad 1.7 als Einheit angenommen)



Beton im Bau; aus diesem Grunde können die Festigkeiten der Probekörper das Doppelte jener im Bau erreichen.

Für plastischen und Gussbeton muss das Einformen ohne jedes direkte Stampfen vor sich gehen, sondern einfach durch Schütteln oder Beklopfen der Formen (Vibration). Nur auf diese Art erreicht man, dass der Probekörper genau die Eigenschaften des Bau-Beton hat und auch über Plastizität und Konsistenz Aufschluss gibt.

4. Die Erhärtung der Probekörper (Feuchtigkeit, Temperatur) sollte genau derjenigen auf dem Bau entsprechen — eine Bedingung, die jedoch kaum eingehalten werden kann. So ist es denn auch vorzuziehen, die Körper unter genau bekannten Bedingungen erhärten zu lassen (z. B. in feuchtem Sand oder im Wasser) und zu berücksichtigen, dass die Festigkeit des Bau-Beton von der Würfel verschieden sein kann.

5. Es ist üblich, für Beton-Würfel von 20 cm Seitenlänge (gelegentlich nur 15 bis 16 cm) und für Mörtel solche von 7 cm zu verwenden. Die Würfel von 20 cm sind schwer, sperrig, Transport und Aufbewahrungskosten sind gross, was dazu führt, ihre Anzahl empfindlich einzuschränken.

Diese Versuche samt den daraus erwachsenden Speisen können wesentlich eingeschränkt werden, wenn man berücksichtigt, dass — zum mindesten für plastischen und Gussbeton — die Festigkeit in erster Linie vom Faktor  $Z/W$  abhängt, d. h. also von der Festigkeit der bindenden Masse. Statt Muster von fertigem Beton genügt es, Proben von dieser Bindemasse, d. h. von Mörtel zu entnehmen.

So kann man sich über die Betonfestigkeit genau Rechenschaft geben anhand von Würfeln  $7 \times 7 \times 7$  cm oder von Prismen  $4 \times 4 \times 16$  cm (sogar  $2 \times 2 \times 12$  cm) von Mörtel, der dem betreffenden Beton entnommen ist. Platzbedarf und Transportkosten sind auf ein Minimum beschränkt, die Anzahl der Versuche kann vermehrt werden, was zufällige Fehler ausschliesst und ein besseres Studium der verschiedenen Erhärtungsbedingungen ermöglicht.

Die Festigkeit des Mörtels wird selten mehr als 10 % von der Festigkeit des Beton, dem er entnommen ist, abweichen. Biegeversuche an Prismen  $2 \times 2 \times 12$  cm können leicht auf dem Bauplatz angestellt werden: mit einer Schnellwaage wird eine Kraft  $P$  von höchstens 50 kg in der Mitte des Prismas, das an den beiden Enden aufliegt, ausgeübt. Für eine Stützweite von 107 mm erhält man  $\sigma = 2P$ . Aus der Biegungsfestigkeit ergibt sich die Druckfestigkeit wie folgt:

$$\begin{array}{ccccccccc} K_b & 12 & 21 & 28 & 37 & 45 & 52 & 57 & 62 \\ K_d & 40 & 70 & 100 & 150 & 200 & 250 & 300 & 350 \end{array} \text{ kg/cm}^2$$

Die Streuung kann 20 % erreichen, wird aber selten mehr ausmachen. Diese Methode ist für trockenen,

gestampften, porösen Beton nicht anwendbar, wohl aber für plastischen Beton und Gussbeton.

In Streitfällen, oder um zu vergleichen, inwieweit die Probekörper dem Bau-Beton entsprechen, bricht man gelegentlich aus diesem Blöcke heraus, die dann mit der Säge auf normales Format gebracht und dem Druckversuch unterworfen werden. Diese Versuche sind teuer und nicht immer schlüssig: die Verhältnisse der Mischung sind nicht genau bekannt und man kann auf einen Betonblock gestossen sein, dessen Güte nicht der durch-

schnittlichen im ganzen Bau entspricht.

### ZUSAMMENFASSUNG.

Die praktische Durchführung der Baukontrolle des Beton umfasst folgende Versuche und Kontrollen:

#### Kleine Baustellen.

#### Grosse Baustellen.

##### A) Vorversuche.

###### Zement:

Bestimmung von  $A$  aus der Zementfestigkeit nach den Normalversuchen.

###### Zuschlagstoffe:

Kontrolle des Gehaltes des Kiesandes an Feinsand  $< 0,5$  mm und an Sand 0 bis 6 mm. Schlecht zusammengesetzten Kiessand vermeiden. Kiessand womöglich gesiebt in Sand und Kies. Bestimmung des Raumgewichtes des Kiessandes, der Auflockerung.

###### Wasser:

Kontrolle auf Abwesenheit von organischen Bestandteilen, Säuren, Schlamm.

##### B) Versuche während der Bauausführung.

###### Zement:

Aufbewahren von Mustern, keine Normalversuche in regelmässigen Zeitabständen.

###### Dosierung:

Kontrolle der Eichung der Dosierungskisten, der Auflockerung der Zuschlagstoffe, Ergiebigkeitsversuch (Volumen) einer Mischung.

###### Zuschlagstoffe:

Periodischer Vergleich des Kiesandes mit einem Typenmuster. Kontrolle des Gehaltes an Feinsand  $< 0,5$  mm und an Sand.

###### Flüssigkeitsgrad, Dichte:

Messung der für den gewollten Flüssigkeitsgrad nötigen Wassermenge, trockene Materialien. Dichte des frischen, kompakten Beton.

###### Einbringen:

Der Beton soll kompakt sein und keine Kiesnester aufweisen.

##### C) Probewürfel oder -Prismen.

Serien von Würfeln oder Prismen aus dem Beton entnommenem Mörtel. (Eine Serie auf 50 bis 100 m<sup>3</sup> Beton oder eine Serie im Monat).

Serien von vier bis sechs Betonwürfeln von 20 cm, in regelmässigen, mehr oder weniger grossen Zeitabständen. Alle 1 bis 14 Tage.