

Betonprüfung aus der Sicht einer privaten Prüfstelle

Autor(en): **Matthis, J. / Schiess, S.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **94 (1976)**

Heft 24

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73112>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Betonprüfung aus der Sicht einer privaten Prüfstelle

Von J. Matthias S. Schiess, MuttENZ

DK 691.32.001.4

1. Einleitung

In der Norm SIA 162, Art. 2.05, Abs. 2, wird bei der Anwendung der Betonsorten BH und BS gefordert, dass der Nennwert der Würfeldruckfestigkeit aus einer ausreichenden Anzahl von Prüfergebnissen ermittelt wird. Diese Forderung setzt voraus, dass die Bestimmung der Würfeldruckfestigkeit eine Prüfung ist, die eindeutige und reproduzierbare Ergebnisse erbringt, welche für die Qualität des Betons repräsentativ sind.

Die Festigkeitsentwicklung des Betons ist aber von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Es zeigt sich immer wieder, dass diesen Faktoren zu wenig Beachtung geschenkt wird, so dass oft an der Aussagekraft der Druckfestigkeitsprüfung gezweifelt werden muss. Diese Problematik soll im folgenden beschrieben und einige Vorschläge für die Verbesserung der vorhandenen Vorschriften gemacht werden.

2. Problematik bei der Betonprüfung

Die Würfeldruckfestigkeit als Qualitätsmerkmal des Baustoffes Beton hängt einerseits von der Zusammensetzung des Betons ab, wobei folgende Faktoren massgebend sind:

- Mineralogische Eigenschaften und Kornverteilung der Zuschlagstoffe
- Zementart und -sorte sowie Dosierung
- Menge des Anmachwassers (i. a. als Wasser-Zementfaktor dargestellt)
- Art und Menge von Zusatzmitteln (wie Verzögerer, Plastifizierer, Filler usw.).

Andererseits wird die Festigkeit massgebend durch die angewandten Prüfmethode beeinflusst, wobei folgende Faktoren von Bedeutung sind:

- Verarbeitung des Betons (Probenentnahme und Herstellung der Probekörper)
- Zeitlicher Verlauf der Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse von der Herstellung bis zur Prüfung (Lagerung und Nachbehandlung der Probekörper)
- Eigentliche Prüfung selbst (Vorbereitung der Prüfflächen und Abdrücken der Probekörper).

Die Problematik der Betonprüfung besteht darin, dass der Baustoff Beton bzw. die Entwicklung der Festigkeit des Betons ein äusserst komplexer Vorgang ist, bei dem alle oben genannten Faktoren sich so überlagern, dass deren Einfluss nicht getrennt erfasst werden kann. Daraus entsteht die Forderung, dass nach äusserst streng einzuhaltenen Prüfmethode zu arbeiten ist, wenn man reproduzierbare Ergebnisse erhalten will.

Die Erfahrung zeigt nun, dass in der heutigen Norm SIA 162 die Vorschriften bezüglich der Betonprüfung unvollständig sind. Für einzelne Teile der Prüfung fehlen Vorschriften gänzlich (z. B. für die Probenentnahme aus Frischbeton), für andere Teile sind sie unvollständig (z. B. die Toleranz der Ebenheit der Prüfflächen). Somit können mehr oder weniger gravierende Fehler bei der Prüfung entstehen, ohne dass gegen die Vorschriften verstossen wird.

Es erstaunt daher nicht, wenn es öfter vorkommt, dass die Richtigkeit von ungenügenden Ergebnissen angezweifelt wird oder dass z. B. gleiche Prüfkörper, die an verschiedenen Prüfstellen geprüft werden, andere Resultate ergeben.

3. Einflussfaktoren auf die Prüfmethode

Welches sind die Einflussfaktoren, die die Prüfergebnisse beeinflussen? Verfolgt man den «Werdegang» eines Betonprobekörpers vom Anfang (Probenentnahme) bis zum Ende (Druckprüfung), so lässt sich dieser in einzelne Abschnitte unterteilen.

Probenentnahme

Nur eine korrekte Probenentnahme gewährleistet, dass die aus einem «Muster» hergestellten Probekörper dem in der betreffenden Mischung hergestellten Baustoff entsprechen. Dies bedeutet, dass bei der Probenentnahme besonders auf die Entnahme einer wirklichen «Durchschnittsprobe» geachtet werden muss. Ein häufiger Fehler besteht darin, dass keine «Durchschnittsprobe», sondern irgendeine «Einzelprobe» entnommen wird, z. B. aus dem Rest nach dem Betonieren.

Herstellung der Probekörper

Die richtige Herstellung der Probekörper, die in der Richtlinie 30 beschrieben wird, ist ein entscheidender Faktor. Es ist besonders darauf zu achten, dass beim Einfüllen des Betons in die Schalung keine Entmischung entsteht. Ausserdem soll der Beton vollständig verdichtet werden. Dabei besteht die Gefahr, dass er entweder ungenügend verdichtet wird, oder dass bei Verwendung von Innenvibratoren zu lange verdichtet und dadurch entmischt wird.

Vor- und Nachbehandlung der Probekörper auf der Baustelle

Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse im Frühstadium des Betons können die Festigkeitsentwicklung nachhaltig beeinflussen. Die Vorbehandlung beginnt mit dem Herrichten der Schalung. Extreme Temperaturen – auch diejenige der Stahlschalungen – können das Abbindeverhalten entscheidend beeinflussen. Oft werden die Probekörper nach der Herstellung ungeschützt der Witterung auf der Baustelle ausgesetzt. Nicht zu vernachlässigen sind auch die Einflüsse bei länger dauerndem Transport auf den noch jungen Beton. (Was geschieht, wenn beim Bahntransport die Probekörper im Sommer der Hitze, im Winter der Kälte während mehreren Tagen ausgesetzt sind?)

Lagerung der Probekörper bis zum Prüftermin

Das Lagerungsklima für die Lagerung der Probekörper – 90 % relative Feuchtigkeit und 18 °C – ist in Art. 9.11² vorgeschrieben.

Der Feuchtigkeitsgrad ist von wesentlicher Bedeutung für den Erhärtungsvorgang im Beton. Die Sättigung der Poren im Zeitpunkt der Prüfung beeinflusst die Prüfergebnisse, da die «Porenwasserspannungen» den Anteil der «Inneren Reibung» verringern. Würfel, die vor der Prüfung getrocknet werden, weisen höhere Festigkeiten auf als feuchte Würfel.

Ist eine Lagerung der Probekörper im stehenden Wasser zulässig? Welches wären die Bedingungen, unter denen eine solche Lagerung dieselben Resultate erbringt? Spielt der Zeitpunkt des Schleifens – d. h. zusätzliche Durchnäsung der Probekörper – vor der Prüfung eine Rolle?

Herrichten der Prüfflächen

Die Prüfflächen müssen eben sein. Falls die Prüfflächen nicht «eben» sind, ist deren Bearbeitung erforderlich. In der Richtlinie 4 fehlt eine Angabe zur Toleranz der Ebenheit. Sind gleiche Toleranzen für konkave wie konvexe Unebenheiten erforderlich? Nebst der Ebenheit aber ist auch die Rauigkeit der Prüfflächen von Bedeutung. Dies sind Fragen, welche die «Randbedingungen» der Krafteinleitung in die Probekörper betreffen.

Druckprüfung der Probekörper

Bei der Druckprüfung sind vier Grössen massgebend für Prüffehler:

- die Genauigkeit, mit der die Abmessungen der Prüfflächen bestimmt werden
- die Genauigkeit, mit der die Probekörper unter den Druckplatten zentriert werden
- die Genauigkeit der Prüfpresse selbst (in der Norm ist der zulässige Fehler der Kraftmessung mit $\pm 1\%$ der Bruchlast vorgeschrieben)
- Die Belastungsgeschwindigkeit: Diese ist erstaunlicherweise mit einer sehr weiten Toleranz – $6 \pm 4 \text{ kg/cm}^2 \text{ s}$ – angegeben. Nun aber ist am Ende des Belastungsvorganges, wenn der Prüfkörper sich plastisch verformt, der Belastungsgeschwindigkeit technisch eine Grenze gesetzt, nämlich durch die Bemessung der hydraulischen Pumpe.

4. Anforderungen an die Normvorschriften

Die Normvorschriften müssen so vollständig sein, dass alle Abschnitte der Betonprüfung nach genau beschriebenen Methoden durchgeführt werden. Im vorangehenden Abschnitt sind einige der wichtigsten Fehlermöglichkeiten aufgezählt. Bei den Vorschriften bezüglich der Probekörperherstellung und Lagerung auf der Baustelle ist zu berücksichtigen, dass das Personal i. a. nicht im Hinblick auf seine Aufgabe geschult ist und keine Erfahrung in der Materialprüfung besitzt. Deshalb sind diese Vorschriften ausführlich zu gestalten; sie müssen klare Definitionen enthalten sowie informativ wirken.

Bei den Vorschriften bezüglich der Prüfabschnitte in den Prüfstellen genügt es, alle zeitlichen Angaben, Versuchseinrichtungen und Bedingungen mit den notwendigen Toleranzen zu versehen. Als Hinweis für eine vollständige Normierung kann die Norm SIA 115 (Bindemittel im Bauwesen) bzw. der in Arbeit befindliche Entwurf SIA 115 A (mineralische Bindemittel im Bauwesen) gelten.

Es ist im besonderen folgenden Punkten Beachtung zu schenken:

Vorbereitung der Schalung:	Temperatur der Schalung, Dichtigkeit der Schalung
Probenentnahme des Frischbetons:	Vollständiger Beschrieb einer Probenentnahme mit Angabe über Mindestmengen für Einzel- und Durchschnittsproben sowie Probeteilung für die einzelnen Probekörper
Herstellung der Probekörper:	Definition einer Normverdichtung. Bei Verdichtung mittels Vibration: erforderliche Zeiten
Lagerung der Probekörper auf der Baustelle:	Schutz der Probekörper gegenüber der Witterung. Hinweise über falsche Lagerungsarten
Transport der Probekörper:	Transportart, Behälter für Transport als Schutz vor äusseren Einflüssen wie Austrocknen und Temperaturschwankungen
Lagerung der Probekörper in der Prüfstelle:	Lagerungsbedingungen in der Prüfstelle, Zeitpunkt für das Herrichten der Prüfflächen, Zeitraum zwischen Entnahme aus dem Klimaraum und eigentlicher Druckprüfung

Herrichten der Prüfflächen:	Toleranz der Ebenheit
Prüfung der Probekörper:	Bestimmung des Raumgewichtes, Anforderungen an die Prüfeinrichtungen wie Druckpresse usw.

Eichung des Rückprallwertes:	Einspannung der Probekörper in der Presse, Wahl der Prüfflächen.
------------------------------	--

5. Bemerkungen zur heutigen Prüfmethode

Die Betonprüfung dient dazu, die Qualität des Baustoffes Beton mittels der Druckfestigkeit zu erfassen und auch auf die im Bauwerk vorhandene Festigkeit zu schliessen. Wäre dies auch grundsätzlich falsch, könnten trotzdem die wenigsten Ingenieure dieser Versuchung widerstehen. Die Norm SIA 162 vermittelt ebenfalls den Eindruck, dass die Betonfestigkeit im Bauwerk und die Würfeldruckfestigkeit einander entsprechen. Für alle Betonsorten werden die zu erreichenden Nennwerte β_{w28} angegeben (Art. 2.05¹, 3.06, 4.02, 5.08). Ausserdem werden in zahlreichen Fällen die zulässigen Spannungen in Funktion des Nennwertes β_{w28} (Art. 3.06, 3.10, 3.11, 3.16, 5.08, 5.09, 5.13) oder in Funktion der Druckfestigkeit β_w (Art. 5.08, 5.11, 8.08²) definiert. Es stellt sich nun die Frage, welche Beziehungen effektiv zwischen der Würfeldruckfestigkeit und der Bauwerkfestigkeit bestehen. Könnten diese Beziehungen gegenüber den heutigen verbessert werden?

Es sind zwei Hauptprobleme, die damit angesprochen werden, nämlich die Form der Probekörper bzw. der Spannungszustand beim Bruch und die Lagerungsart der Probekörper.

Zur Form der Probekörper

Heute werden gedrungene Probekörper (Probenhöhe gleich der Seitenlänge bzw. dem Durchmesser) verwendet. Bei der Druckprüfung stellt sich ein dreiaxialer Spannungszustand ein, da in den Prüfflächen durch Reibung eine teilweise Verhinderung der Querkzugverformung erfolgt und eine Vorspannung quer zur Prüfachse erzeugt wird. Die wichtigsten tragenden Bauteile werden im Bereich der grössten Druckspannungen (in den Randzonen) aber auf einaxialen Druck beansprucht.

Es ist deshalb prüfenswert, ob während der Prüfung von Probekörpern nicht ähnliche Spannungsverhältnisse erzeugt werden könnten. Dies ist ohne weiteres möglich: Entweder man entschliesst sich, Probekörper längerer Form (Probenhöhe gleich der doppelten oder dreifachen Seitenlänge bzw. Durchmesser) zu verwenden oder aber man «schmiert» die Kontaktzone Prüffläche-Druckplatte mit einer Zwischenlage aus einem Material mit kleinem Schubmodul.

Zur Lagerung der Probekörper

Wie im Abschnitt «Lagerung der Probekörper bis zum Prüftermin» beschrieben, werden die Probekörper bis zur Prüfung in einem die Austrocknung verhindernden Klima gelagert. Die Porenwasserspannungen, die bei der Druckprüfung entstehen, beeinflussen das Prüfergebnis. Einerseits kann man davon ausgehen, dass die Feuchtlagerung gewissermassen eine Sicherheitsreserve darstellt. Möchte man diese Methode beibehalten, wäre zu prüfen, ob eine Wasserlagerung sich nicht einfacher bewerkstelligen lässt und reproduzierbarer ist als eine im Mittel 90prozentige relative Feuchtigkeit.

Andererseits kann man davon ausgehen, dass bei einem Bauwerk immer ein Austrocknungsvorgang stattfindet. Es wäre deshalb zu prüfen, ob nach einer 7- oder 14tägigen Wasserlagerung eine Lagerung bei 50 % oder 70 % relativer Feuchtigkeit folgen sollte, damit besser auf die effektive Bauwerkfestigkeit geschlossen werden kann.

Zu den Prüfmethode n im allgemeinen

Bei der Normierung der Betonprüfung ist auf deren Wirtschaftlichkeit zu achten. Unwirtschaftlich ist die Betonprüfung dann, wenn deren Ergebnisse mit zahlreichen Fehlern behaftet sind und die Prüfung nur wenig Aussagekraft besitzt. Unwirtschaftlich ist die Betonprüfung aber auch dann, wenn die Anforderungen an die Prüfmethode n und Prüfeinrichtungen zu hoch sind, d. h. wenn dadurch hohe Kosten für die Einrichtung und den Betrieb entstehen. Wirtschaftlich ist die Betonprüfung nur, wenn mit möglichst einfachen Mitteln repräsentative Ergebnisse erzielt werden, die den Bauherren und die Unternehmung davor schützen, dass minderwertige Baustoffe verwendet werden.

6. Allgemeine Beobachtungen

Es kann mit einigen wenigen Beispielen aus der Erfahrung gezeigt werden, dass die Normvorschriften für die Betonprüfung ergänzt und vervollständigt werden sollten.

- In Art. 9.07¹ wird bestimmt, dass bei jeder Herstellung von Probekörpern für die Ermittlung des Nennwertes der Würfeldruckfestigkeit jeweils mindestens drei Probekörper herzustellen sind, und zwar soll der Beton für die Probekörper jeweils aus einer anderen Mischung entnommen werden. Betrachtet man die Ergebnisse der Druckfestigkeiten, so muss man sich oft fragen, wie ist es nur möglich, dass so homogener Beton hergestellt wird. Es stellen sich leise Zweifel ein, ob nicht alle drei Probekörper aus derselben Mischung hergestellt wurden.
- In Art. 9.11² wird gesagt, dass die Probekörper 1 bis 2 Tage in der Form zu lagern und dann für die normengemässe Lagerung an die Prüfstelle zu übergeben sind. Wieso geschieht es oft, dass die Probekörper am 28. Tag oder sogar noch später in der Prüfstelle eintreffen? Es stellt sich dabei die Frage, ob der Sinn und Zweck der Prüfung überhaupt verstanden wurde.
- In Art. 9.13¹ werden die herausgearbeiteten Proben beschrieben. Darunter fallen Bohrkerne mit 5,0 cm Durchmesser und 5,6 cm Höhe. Wo steht geschrieben, dass für diese Bohrkerne andere Belastungsgeschwindigkeiten bei der Druckprüfung anzuwenden sind als für Würfel 20×20×20 cm? Nur in «Prüfen von Beton an der EMPA, Ausgabe 1974».
- In Art. 9.14² wird festgehalten, unter welchen Bedingungen der Prellhammer Aussagen über die Druckfestigkeit am Bauwerk erlaubt, nämlich dann, wenn der Rückprallwert an Proben für die Druckprüfung geeicht wird. Wie oft geschieht es aber, dass auf den Baustellen versucht wird, die Betonqualität nur mittels des Rückprallwertes zu beurteilen?

- In Art. 8.04³ ist festgehalten, dass die Betonkonsistenz konstant gehalten werden muss. Vorschriften über Konsistenzbestimmungen fehlen aber gänzlich. Somit hängt dieser Artikel vollständig in der Luft! Ausserdem wäre es angebracht, dass bei der Anwendung der Betonsorten BH und BS Konsistenzmessungen während des Einbringens des Betons durchgeführt werden, weil so wesentlich mehr über die Regelmässigkeit des Betons ausgesagt werden könnte.

- In Art. 9.16³ ist die Festigkeitsentwicklung des Betons bei normengemässer Lagerung tabellenmässig dargestellt. Die Druckfestigkeit im Alter von t Tagen (β_{wt}) wird im Verhältnis zur Festigkeit im Alter von 28 Tagen β_{w28} dargestellt. Offensichtlich bedeutet hier β_{w28} die Festigkeit nach 28 Tagen und nicht wie in den übrigen Artikeln der Norm den Nennwert der Würfeldruckfestigkeit. Deswegen verwendet die EMPA in ihrem Informationsblatt über die Interpretation der Druckfestigkeit von Bohrkernproben bei der Druckfestigkeit nach t Tagen das Symbol β_{at} , z. B. für die Druckfestigkeit nach 28 Tagen β_{a28} . Die Normen sollten sich durch Klarheit und Eindeutigkeit der verwendeten Symbole auszeichnen, die in der Praxis übernommen werden können.

Diese Beobachtungen zeigen, dass Leute aus der Praxis bei der Anwendung der Vorschriften bezüglich der Betonprüfung überfordert sind. Unter anderem auch deswegen, weil diese Vorschriften in weit auseinanderliegenden Artikeln und Richtlinien festgehalten sind.

Zusammenfassung

Die Betonprüfung bzw. die Bestimmung der Druckfestigkeit an Betonprobekörpern dient allen an der Erstellung eines Bauwerkes beteiligten Partnern. Ungenügende Vorschriften für die Prüfmethode führen dazu, dass keine repräsentativen und reproduzierbaren Prüfergebnisse ermittelt werden, auch wenn alle Beteiligten davon überzeugt sind, die Normvorschriften bis ins Letzte beachtet zu haben. Selbstverständlich sind sehr oft Fehlmanipulationen verantwortlich, dass widersprüchliche Resultate ermittelt werden. Aber man darf ebenso von den Normvorschriften erwarten, dass sie eindeutig, vollständig und verständlich abgefasst sind. Die heutigen Prüfvorschriften der Norm SIA 162 genügen diesen Anforderungen nicht. Es sind zu viele Aspekte nicht berücksichtigt, zu viele Fragen noch offen. In diesem Sinne ist eine Totalrevision der Richtlinien für die Betonprüfung eine dringliche Angelegenheit.

Adresse des Verfassers: J. Matthis S. Schiess, dipl. Ing. ETH, SIA, BBL Baulaboratorium AG, Gartenstrasse 15, 4132 Muttenz.

Tunnelbau im Lockergestein nach der deutschen Bauweise

Betrachtungen über Ausbauleistungen und Kosten bei der Anwendung im Nationalstrassenbau

Von Christoph Müller, Walenstadt

DK 624.19

Problemstellung

Die deutsche Tunnelbauweise ist eine sehr teure Arbeitsmethode. Bauherren und nicht zuletzt auch Unternehmer werden immer wieder von den recht bescheidenen Ausbauleistungen und den damit verbundenen hohen Baukosten bei der Anwendung der deutschen Tunnelbauweise in unangenehmer Weise überrascht. Es ist sicherlich nicht fehl am Platz, sich über die Wirtschaftlichkeit dieser Arbeitsmethode einige Gedanken zu machen. Da im Zuge des Ausbaues der Nationalstrassen eine grössere Anzahl von Tunnelbauten im

Lockergestein bevorsteht, sollen die Probleme am Beispiel eines Strassentunnels erläutert werden. Verständlicherweise kann es sich bei den nachfolgenden Angaben nur um Richtwerte handeln, wobei die besonderen Verhältnisse jedes einzelnen Bauwerks von neuem abzuschätzen sind.

Bauvorgang

Bei der deutschen Bauweise erfolgt der Ausbau des Profils bekanntlich in drei Arbeitsgängen.