Beurteilung der Betonqualität - physikalische Methoden

Autor(en): **Studer, Werner**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 3

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77030

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

gestellt. Sowohl die Normmörtelprüfergebnisse wie auch die Ergebnisse der Standardbetonprüfung korrelieren nur sehr lose mit den Ergebnissen der Werkbetonfestigkeitsprüfung. Dafür mögen die folgenden Gründe beitragen:

- die prüfungsbedingt geringe Reproduzierbarkeit der Standardbetonprüfung, wie sie sich in ihrem relativ hohen Variationskoeffizienten manifestiert
- die vermutlich geringe Reproduzierbarkeit der Werkbetonprüfung, die allerdings mit den vorliegenden Resultaten nicht beziffert werden kann, aber in ähnlichem Rahmen liegen dürfte wie die Reproduzierbarkeit der Standardbetonprüfung.
- der Umstand, dass, um praxisnah zu bleiben, die Verarbeitbarkeit (Konsistenz) des Betons – eine nur sehr ungenau zu reproduzierende Eigenschaft des Betons – festgehalten werden muss, während bei der Normmörtelprüfung der Wasser/Zement-Wert konstant gehalten werden kann.
- die relativ geringe Streuung der Zementfestigkeit während der gesamten Versuchsperiode. Sie ist von gleicher Grössenordnung wie die Prüfstreuung der Normmörtelprüfung, und sogar kleiner als die der Standardbetonprüfung. Würde die Zementfestigkeit stärker schwanken, so würde die Korrelation erheblich besser ausfallen, wie eine Untersuchung durch *S. Walker* und *D.L. Bloem* [4] in den USA, wobei die Zementfestigkeit entsprechend einem Variationskoeffizienten von 6–9% schwankte, gezeigt hat.

Der Erwähnung wert sind zwei weitere Ergebnisse dieser Studie:

- Zwischen den einzelnen Betonlaboratorien bestehen z.T. systematische Unterschiede in den Resultatedurchschnitten der Betondruckfestigkeit von gleichen Mischungen. Die Aussagekraft dieser Resultate kann erheblich verbessert werden, wenn die Grösse der systematischen Abweichung bestimmt wird, z.B. durch Eichung des betreffenden Laboratoriums an einem Referenzlaboratorium.
- es ist möglich, in einem Betonwerk bei Verwendung eines Standardrezepts einen Beton herzustellen, der sich nicht nur hinsichtlich seiner Festigkeitsentwicklung und seiner Konsistenz, sondern auch hinsichtlich der Reproduzierbarkeit dieser Eigenschaften kaum von dem im Laboratorium hergestellten Standardbeton unterscheidet.

Literatur

[1] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, SIA-Norm 215: Mineralische Bindemittel, 1978
[2] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Technische Norm 162: Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, 1968
[3] Verband Schweizerischer Transportbetonwerke (VSTB) Richtlinien Qualität und Technik, 1979
[4] *Walker S.* und *Bloem D.L.*, Variations in Portland cement. Proc ASTM 58, 1958, NRMCA Publ. Nr. 76

Adresse der Verfasser: Dr. *Werner Schrämli*, Vizedirektor, «Holderbank» Management und Beratung AG, Schachen, 5113 Holderbank, *H. Wolter*, Wildegg.

Beurteilung der Betonqualität – physikalische Methoden

Der folgende Beitrag definiert zuerst den Begriff der Qualität als Verhältnis zwischen Istwerten und Sollwerten der massgebenden Betoneigenschaften und untersucht anschliessend die wesentlichen Voraussetzungen, die für die Beurteilung der Betonqualität wichtig sind.

Einleitung, Begriffe

Es scheint zweckmässig zu sein, zuerst ein wenig beim Begriff «Qualität» zu verweilen, bevor auf die physikalischen

VON WERNER STUDER
DÜBENDORF

Methoden zur Beurteilung der Betonqualität eingegangen wird. Die Qualität ist ja zwar in aller Munde, doch haben wenige eine genaue Vorstellung davon, was darunter zu verstehen sei.

Für Qualität gibt es eine einprägsame englische Definition, die durch Juran [1] als die historische bezeichnet wird:

Qualität = fitness for use.

Wörtlich übersetzt würde das etwa heissen: «Eignung für den Gebrauch» oder, in einem Wort:

Qualität = Gebrauchstauglichkeit.

Nach dem Entwurf der SIA-Norm 160 [2] ist ein Bauwerk solange «gebrauchstauglich», als es ein «Verhalten zeigt, das innerhalb von vorgegebenen oder vereinbarten Grenzen liegt». Vergleicht man dies mit der Definition der «Schäden (= unzulässig grosse, ungünstige Abweichung vom Gewohnten, Vorgegebenen oder Vereinbarten)», so könnte man Gebrauchstauglichkeit mit Schadenfreiheit gleichsetzen, und damit würde die Beurteilung der Qualität sehr einfach:

keine Schäden = Qualität gut genug
Schäden = Qualität zu schlecht.

Überall dort, wo Rostspuren sichtbar sind oder wo der Beton über der Armierung infolge von Rostbildung abgesprengt wurde, wäre die Qualität des Betons als Korrosionsschutz offenbar ungenügend, an allen übrigen Stellen wäre sie gut. Insgesamt wäre die Betonqualität als gut zu beurteilen, wenn das Schadensausmass einen vorher festgelegten oder allgemein als zulässig geltenden Wert nicht übersteigt.

Eine solche Beurteilung genügt aber in den meisten Fällen nicht, da sie zwar Auskunft über das Verhältnis zwischen Beanspruchung und Widerstand bis zum Beobachtungszeitpunkt gibt, aber keine Prognose der zukünftigen Entwicklung zulässt. Dazu sind Messungen der massgebenden Eigenschaften notwendig. Die Höhe des Widerstandes muss bekannt sein. In diesem Sinn ist die Betonqualität zu definieren als Verhältnis zwischen Ist-Werten und Soll-Werten der massgebenden Betoneigenschaften. Und eine Beurteilung der Betonqualität setzt demnach voraus, dass man weiss

- welche Betoneigenschaften massgebend sind

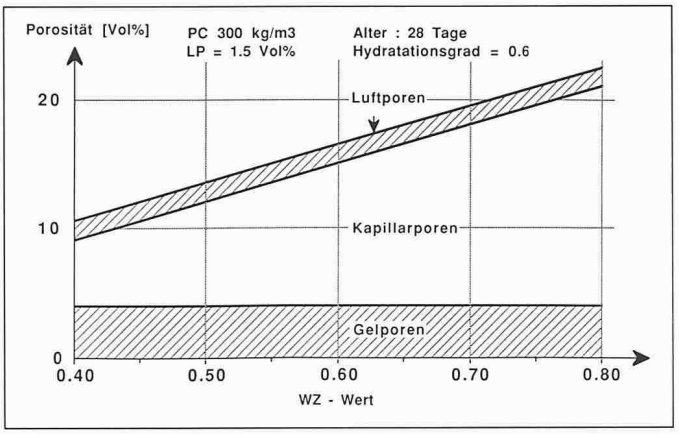


Bild 1. Porosität – WZ-Wert

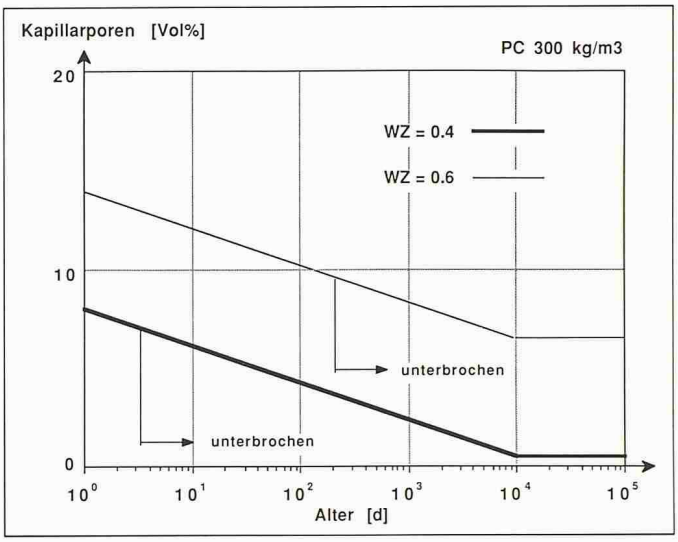


Bild 2. Kapillarporen – Alter

- wie sie gemessen werden können und
- innerhalb welcher Grenzen sie liegen müssen, damit Schäden nicht auftreten können.

Wie es um diese drei Voraussetzungen steht in bezug auf die Qualität des Betons als Korrosionsschutz, soll im folgenden aufzuzeigen versucht werden.

Welche Betoneigenschaften sind massgebend?

Korrosionsschutz besteht grob gesagt darin, dass die chemische Reaktion zwischen Wasser, Sauerstoff und Eisen verhindert wird. Im Beton geschieht dies einerseits chemisch durch die hohe Alkalität des Porenwassers, die die Bildung einer Passivierungsschicht an der Stahloberfläche bewirkt, anderseits aber auch physikalisch, indem der freie Zutritt der Reaktionspartner Wasser und Sauerstoff sowie der für die Passivierungsschicht schädlichen Stoffe wie Chloride und Kohlendioxid behindert wird.

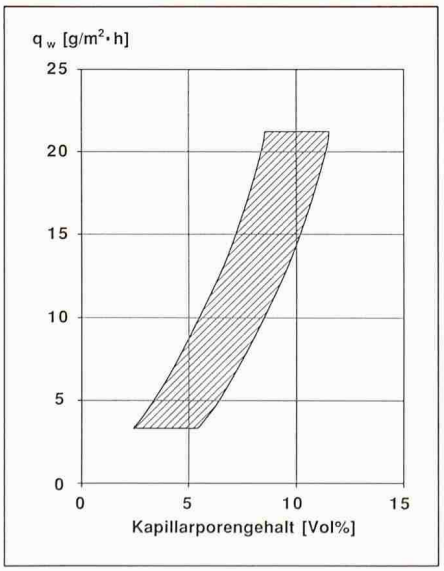


Bild 3. Wasserleitfähigkeit q_w einer 0,20 m dicken Betonschicht (Wurzelgesetz) als Funktion des Kapillarporengehaltes

Der physikalische Schutz ist demnach umso grösser, je dichter die Betonschicht über den Stahleinlagen ist. Absolut dicht ist diese Schicht nie, denn Beton weist immer ein durchgehendes Porensystem auf, das 10–20% seines Volumens einnimmt.

Im wesentlichen können darin zwei Arten von Poren unterschieden werden: die Hydratationsporen, die als Zwischenräume im Zementgel – Gelporen – respektive als Hohlräume zwischen den hydratisierenden Zementkörnern – Kapillarporen – entstehen, sehr verschiedene konkave Formen haben und Öffnungsweiten von etwa 1 nm bis ca. 100 nm aufweisen und die Verarbeitungsporen, die dadurch entstehen, dass die beim Mischen und Einbringen eingeschlossene Luft nicht vollständig ausgetrieben wird, die im allgemeinen konvexe bis kugelige Formen haben und Durchmesser von etwa 10 µm bis mm aufweisen.

Die Leitfähigkeit des Porensystems hängt vom volumenmässigen Anteil und der Verteilung der verschiedenen Porenarten ab.

Die Kapillarporen sind sowohl für den Wasser- als auch für den Gastransport wesentlich. Der Kapillarporengehalt wird durch den Wassergehalt im Frischbeton, den Wasserzementwert und das Alter bestimmt. Je grösser der Wassergehalt und der WZ-Wert und je jünger der Beton ist, desto grösser ist der Kapillarporengehalt, und desto leitfähiger wird das Porensystem. Zuerst bilden die Kapillarporen ein durchgehendes System, das dann je nach WZ-Wert früher oder später durch die Gelbildung unterbrochen wird. Damit sind die einzelnen Kapillaren nur noch über die sehr feinen Gelporen miteinander verbunden, was die Leitfähigkeit stark reduziert (Bild 1, 2, 3).

Als erste massgebende Grösse ist deshalb auch hier der WZ-Wert zu nennen.

Für den Gastransport und für die Austrockungsgeschwindigkeit spielen auch die Verarbeitungsporen (in der Folge Luftporen genannt) eine wesentliche Rolle. Der Gehalt an Luftporen wird durch den Verdichtungsgrad und die Wirksamkeit eines eventuell verwendeten Zusatzes bestimmt und verändert sich im Lauf der Zeit praktisch nicht. Ausser bei mangelhafter Verdichtung, z.B. bei Kiesnestern, sind diese Poren isoliert voneinander und nur über Gel- und Kapillarporen miteinander verbunden. Sie können deshalb unter natürlichen Verhältnissen nicht mit Wasser gefüllt werden und beeinflussen die Wasserleitfähigkeit höchstens geringfügig. Mit zunehmendem Luftporengehalt wachsen aber die Leitfähigkeit für Gase und die Austrocknungsgeschwindigkeit (Bild 4, 5).

Auch der Luftporengehalt ist deshalb eine wesentliche Grösse für die Beurteilung der Betonqualität.

Schliesslich ist es einleuchtend, dass mit zunehmender Dicke der Überdeckungsschicht auch der Widerstand gegen das Vordringen der «Schadstoffe» zur Armierung wächst, dass aber anderseits Risse, die bis zur Armierung reichen, diesen Widerstand unter Umständen vollständig aufheben können.

Eine stichhaltige Beurteilung der Betonqualität in bezug auf den Korrosionsschutz setzt demnach die Kenntnis folgender Eigenschaften voraus:

- WZ-Wert in der Überdeckungsschicht
- Luftporengehalt in der Überdeckungsschicht
- Dicke der Überdeckungsschicht
- Tiefe und Breite von Rissen.

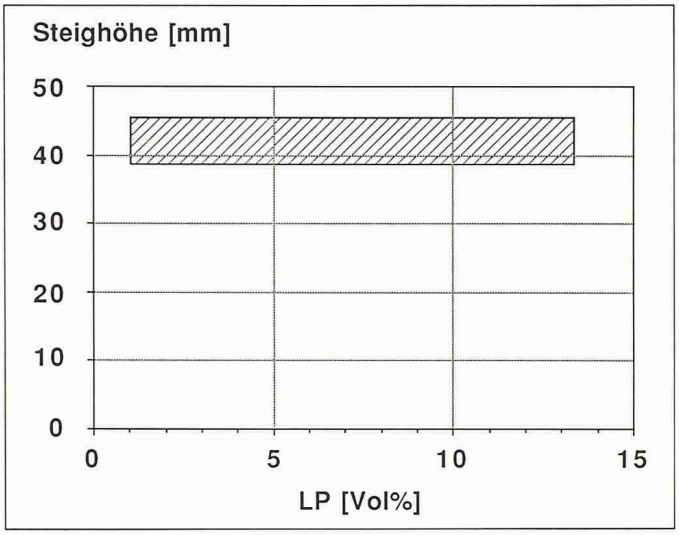


Bild 4. Steighöhe des Wassers nach 24 h als Funktion des LP-Gehaltes. Probengrösse: ∅ = 50 mm, h = 50 mm; PC 300 kg/m³, WZ = 0,5, Alter: 28 d

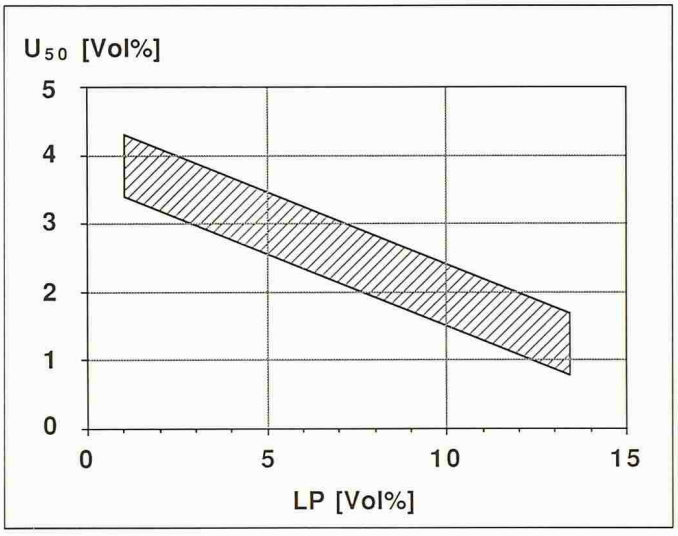


Bild 5. Wassergehalt nach 2-d-Trocknung bei 50 °C als Funktion des LP-Gehaltes. Probengrösse: ∅ = 50 mm, h = 50 mm; PC 300 kg/m³, WZ = 0,5, Alter: 28 d

Wie können die massgebenden Eigenschaften gemessen werden?

Für die Messung der Eigenschaften steht eine ganze Reihe verschiedener zerstörungsfreier und zerstörender Methoden zur Verfügung [3].

Um mit dem einfachsten, der Dicke der Überdeckungsschicht zu beginnen: Die Messung kann zerstörend, durch Spitzen und mit dem Tiefenmass erfolgen. Diese Messung ist sehr zuverlässig, aber auch aufwendig und höchstens an einzelnen Punkten durchführbar.

Die Überdeckungsdicke kann aber auch zerstörungsfrei mit Hilfe der Magnetinduktion bestimmt werden. Dafür muss aber der Durchmesser des Armierungsstabes bekannt sein. Die Messung ist dann nach unserer Erfahrung zuverlässig, einfach und weitgehend flächendeckend anwendbar.

Auch die Rissbreite ist einfach und genau zerstörungsfrei messbar, wogegen aber die Risstiefe respektive die Rissbreite bei der Armierung praktisch nur zerstörend durch Entnahme von Bohrkernen bestimmt werden kann.

Etwas komplizierter ist die Messung des WZ-Wertes und des Luftporengehaltes der Überdeckungsschicht. Da auch die Druckfestigkeit hauptsächlich von diesen beiden Faktoren abhängt, könnten zerstörungsfreie Methoden zur Bestimmung der Festigkeit dazu dienen, den WZ-Wert und den Luftporengehalt zu ermitteln.

Zum Beispiel der Rückprallhammer, mit dem gemessen wird, wieviel Energie bei einem genau definierten Schlag mit einem Bolzen auf die Betonoberfläche vernichtet wird. Der Energieverlust ist umso grösser, je höher der WZ-Wert und/oder je grösser der Luftporengehalt ist, also je grösser die Leitfähigkeit ist. Ein grösserer Rückprallwert wäre gleichbedeutend mit einem besseren Korrosionsschutz.

Leider wird der Rückprallwert aber noch von einer ganzen Reihe anderer Faktoren, z.B. E-Modul, Oberflächenhärte, Art der Zuschlagstoffe usw., beeinflusst, und die Beziehung zwischen Festigkeit, Porosität und Leitfähigkeit ist ebenfalls nicht konstant, so dass diese einfache zerstörungsfreie Methode – wenigstens vorderhand noch – ausser Betracht fällt, (Bild 6, 7). Ähnliches gilt auch für Ultraschallmessungen.

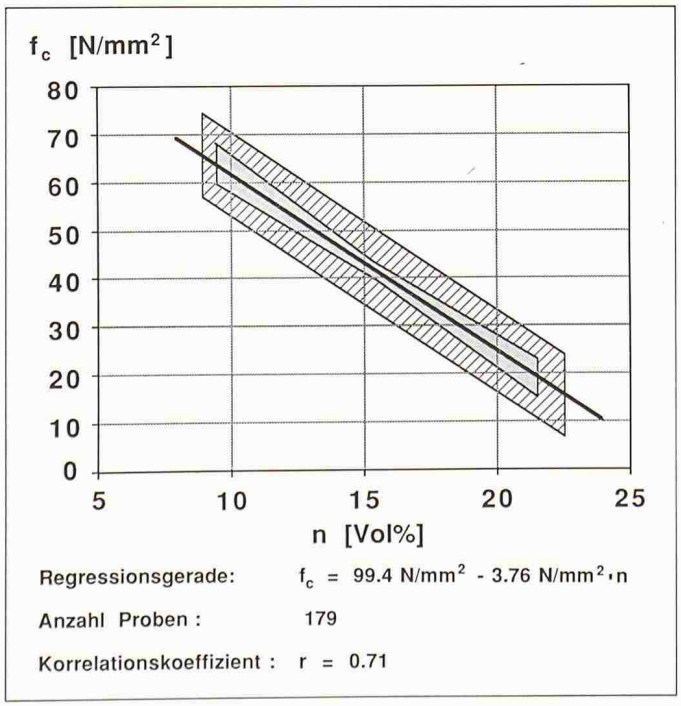


Bild 6. Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit f_c und Gesamtporosität n · San Bernadino, Fahrbahnplatte; Alter: 20 Jahre

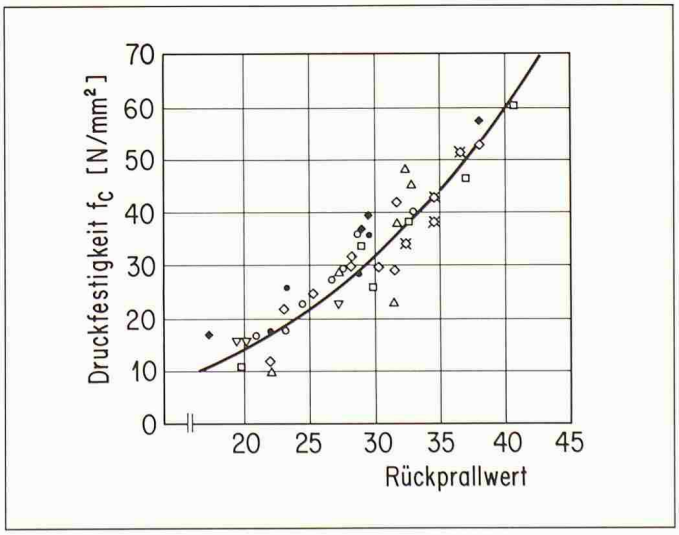


Bild 7. Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit f_c und Rückprallwert (aus [5])

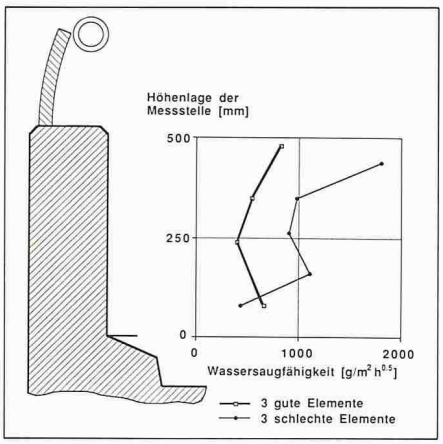


Bild 8. Wassersaugfähigkeit. Mittelwerte aus 3...12 Messungen; Messdauer = 20 s, benetzte Fläche = 19,6 cm²

	Los Süd	Los Nord
f_c [N/mm²]	33.6	52.4
kapillar füllbare Poren U_E [Vol%]	14.31	11.85
Luftporen [Vol%]	2.23	1.62
Standardabw. [Vol%]	± 0.72	± 0.43
Entmischung $\frac{U_E \text{ oben}}{U_E \text{ unten}}$	1.67	1.65
Entmischung $\frac{LP \text{ oben}}{LP \text{ unten}}$	1.42	0.85
Karbonatisierungstiefe oben	0 ... 17 (4)	0 (0)
Karbonatisierungstiefe unten	0 ... 34	0 ... 7

Bild 9. Untersuchung von Bohrkernen aus der Fahrbahnplatte des San-Bernardino-Strassentunnels. Mittel aus je 90 Messungen; Alter: etwa 20 Jahre

	Bei Fuge				Feldmitte			
	c [mm]	Ⓚ	ⓀⓇ	Ⓡ	c [mm]	Ⓚ	ⓀⓇ	Ⓡ
Portal Süd	20,5 ± 4	6	3	6	18,6 ± 3	8	0	0
Lüftung Süd	17,7 ± 3	4	1	4	15,6 ± 4	5	0	0
Mitte	20,8 ± 2	1	0	6	18,5 ± 3	0	0	0
Lüftung Nord	21,5 ± 4	0	0	14	17,6 ± 5	1	0	0
Portal Nord	20,9 ± 5	0	0	7	18,6 ± 3	0	0	0

Ⓚ Anzahl Stellen mit Karbonatisierung bis zur Armierung
Ⓡ Anzahl Stellen mit Korrosion der Armierung

Bild 10. Dicke der Überdeckungsschicht, Karbonatisierung und Korrosionszustand. San-Bernardino-Tunnel, Fahrbahnplatte über Zuluftkanal, je 20 Messungen

Als weitere zerstörungsfreie Methode bietet sich die Messung der Wassersaugfähigkeit an. Diese Grösse ist einerseits sehr stark vom Kapillarporengehalt resp. vom WZ-Wert abhängig, anderseits wegen des kleinen Überdrucks auch von der Menge und Grösse von Rissen und zusammenhängenden groben Hohlräumen. Damit liegt sie sehr nahe bei den für den Korrosionsschutz massgebenden Eigenschaften.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist aber der gegenwärtige Feuchtigkeitszustand der Oberflächenschicht, und dieser ist im wesentlichen vom Mikroklima abhängig, das weitgehend unbekannt ist. Deshalb ergibt auch diese Messung keine Absolutwerte für die Porosität. Sie ermöglicht es aber, bessere von schlechteren Stellen zu unterscheiden. Dies ist übrigens ein Merkmal beinahe aller zerstörungsfreien Prüfmethoden: Sie liefern nur gute relative Werte (Bild 8).

Man muss sich also damit abfinden, dass man den WZ-Wert und den Luftporengehalt nur zerstörend, durch Entnahme und Prüfung von Bohrkernen, zuverlässig ermitteln kann. Dies ist dann aber kein Problem mehr. Folgendes Vorgehen hat sich bewährt:

- Man entnimmt 5 Bohrkerne Durchmesser 50 mm, Länge etwa 150 mm aus jedem Bereich, für den man eine Aussage über die massgebenden Betoneigenschaften braucht.
- Man bestimmt an den äussersten 5 mm und den anschliessenden 50 mm die Porosität, am Innenbeton die Druckfestigkeit.
- Man vergleicht die Messwerte der einzelnen Prüfungen miteinander unter Zuhilfenahme von Erfahrungsbeziehungen und erhält so die wahrscheinlichsten Werte für die massgebenden Grössen.

Wesentlich an diesem Vorgehen ist, dass zu viele Messungen durchgeführt werden, dass der Beton also «überbestimmt» wird. Treten dabei Widersprüche auf, so ist durch eine genauere Analyse der Messwerte oder durch zusätzliche Messungen, – z.B. Bestimmung des Zementgehaltes, – abzuklären, welche der getroffenen Annahmen am ehesten falsch ist. Daraus wird auch deutlich, dass die richtige Interpretation der Untersuchungsergebnisse eine entsprechende Erfahrung und Kenntnis der Betontechnologie voraussetzt (Bild 9).

Es genügt in vielen Fällen nicht, nur einen Vergleich mit vorgegebenen Richtwerten anzustellen. Und damit sind wir bei der letzten Voraussetzung für die Beurteilung der Betonqualität.

Grenzwerte für die Schadensbildung

Vorerst müssen wir uns daran erinnern, dass mit Schäden Korrosionsschäden gemeint sind und dass diese dann entstehen, wenn die Reaktionspartner Wasser und Sauerstoff in genügender Menge zur Stahloberfläche gelangen, nachdem Schadstoffe, wie CO_2 oder Chloride, den alkalischen Schutz dieser Oberfläche schon abgebaut haben. Ob Schäden entstehen oder nicht, hängt demnach vom Wasser- und Gashaushalt der Überdeckungsschicht der Stahleinlagen ab, der seinerseits wesentlich durch das Mikroklima beeinflusst wird. Die Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Mikroklima, Stoffhaushalt und massgebenden Grössen sind noch sehr rudimentär. Hier besteht ein grosser Bedarf an Forschung.

Aus dieser mangelnden Kenntnis ergibt sich dann auch, dass die Grenzen sehr weit auf der sicheren Seite festgelegt werden müssen, wobei auch dies grösstenteils gefühlsmässig aufgrund von Erfahrungen geschieht. Diese zeigen, dass nur in den wenigsten Fällen ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Ausmass von Korrosionsschäden und den Materialeigenschaften des Betons besteht. Daraus folgt, dass für die Bestimmung der Betonqualität kein grosser Aufwand betrieben werden muss.

Die Qualität kann als gut beurteilt werden, wenn der WZ-Wert um 0,5 herum liegt und die Unterschiede im Gehalt an Hydratations- und Verarbeitungsporen zwischen Innenbeton und Aussenschicht weniger als etwa 20–50% betragen. Für 20jährigen. Innenbeton liegt dann die Druckfestigkeit bei etwa 80

Literatur

[1] *Juran, J.M., Gryna, F.M.:* Quality Planning and Analysis, McGraw-Hill Inc., New York, 1970
[2] SIA-Norm 160 E: Einwirkungen auf Tragwerke, Zürich, 1987
[3] *Favre, R.* et al.: Maintenance des ouvrages d'art, Méthodes et techniques de contrôle, Publication IBAP no 123, EPFL, Juni 1987
[4] *Schiessl, P.* et al.: CEB-Working Guide for Durable Concrete Structures, part 1, Protection of Reinforcement, CEB-rilem international workshop report, Kopenhagen, Mai 1983
[5] *Bellander U.:* Hållfasthet i färdig Konstruktion. Del 3: Oförstörande metoder. Laboratorie – och fältförsök, CBI research 3:77. Swedish Cement and Concrete Research Institute at the Institute of Technology, Stockholm, 1977

N/mm² bei einem Gehalt an kapillar füllbaren Poren von etwa 10 vol-%.

Als weitaus wichtigster Faktor für die Beurteilung der Qualität der Überdekkungsschicht als Korrosionsschutz hat sich deren Dicke erwiesen. Dies kann damit begründet werden, dass die Korrosion durch die Diffusion gesteuert wird, die unter optimalen Bedingungen proportional zu $\sqrt{t}$ fortschreitet, in der Praxis aber mit zunehmender Tiefe noch wesentlich stärker gebremst wird [4]. Eine Verdoppelung der Überdekkung bewirkt also eine Verlängerung der «Inkubationszeit» für die Korrosion, mindestens um einen Faktor vier, in der Praxis um Faktoren sechs und mehr. Wenn die Betonüberdeckung grösser als 25–30 mm ist, ist nur noch unter besonderen Bedingungen mit einer Korrosion zu rechnen. Dies nicht nur wegen des hohen Diffusionswiderstandes, sondern auch weil dann Kiesnester über der Armierung sehr unwahrscheinlich werden und der Einfluss einer ungenügenden Nachbehandlung praktisch verschwindet.

Schluss

Die physikalischen Methoden zur Beurteilung der Betonqualität bestehen darin,

- dass man zerstörungsfrei und möglichst flächendeckend die Eisenüberdeckung misst
- dass man an einigen wenigen Stellen Bohrkerne entnimmt und daran die Porosität und die Druckfestigkeit ermittelt und
- die Untersuchungsergebnisse mit Erfahrungswerten vergleicht.

Mehr lohnt sich kaum, denn die Beziehungen dieser Messgrössen zur Korrosion der Stahleinlagen sind ziemlich diffus. Daraus lässt sich auch ableiten, dass diese Untersuchungen nur in bestimmten Fällen ausreichen, z.B. wenn die Messwerte weit weg von den kritischen liegen oder wenn das Bauwerk alt, die Korrosionsgefahr gering und noch keine Schädigung sichtbar ist.

Meistens sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig, um die Qualität festlegen zu können, zum Beispiel die Messung des Gehaltes und der Verteilung von Chloriden oder Messung des Korrosionszustandes der Bewehrung (Bild 10). Denn die Qualität oder die Gebrauchstauglichkeit hängen nicht nur vom Widerstand, sondern eben auch von der Beanspruchung ab. Und damit wäre der Kreis geschlossen.

Adresse des Verfassers: *Werner Studer*, Sektionschef EMPA, 8600 Dübendorf.

Nouveau théâtre en ville de Neuchâtel NE

Le Conseil communal de la ville de Neuchâtel, par l'intermédiaire de la Direction des affaires culturelles, a ouvert un concours de projets, au sens de l'article 6 du règlement SIA 152, édition 1972, pour la réalisation d'un nouveau théâtre en ville de Neuchâtel. Ce concours public a été ouvert aux architectes établis ou domiciliés dans le canton de Neuchâtel, ainsi qu'aux architectes originaires du canton et domiciliés en Suisse. Par ailleurs, six bureaux d'architectes ont été invités à participer au concours: Mario Campi et Franco Pessina, Lugano; Jean-Jacques Gerber, Genève; Vincent Mangeat, Nyon; Daniele Marques et Bruno Zurkirchen, Lucerne; Patrick Mestelan et Bernard Gachet, Lausanne; Inès Lamunière et Patrick Devanthéry, Carouge (ces derniers remplacent MM. Herzog et de Meuron, de Bâle, qui ont dû se retirer pour raison majeure).

Aux six bureaux d'architectes invités s'ajoutent 50 inscriptions enregistrées. Les documents de 41 projets ont été remis dans les délais exigés. Deux projets ont été exclus de la repartition des prix.

1er prix (17 000 Fr.): Marie-Claude Bétrix, Eraldo Consolascio, Zürich; collaborateurs: Rolf Schulthess, Eric Maier, Jeanine Guye, Hanspeter Gehrig.

2e prix (15 000 Fr.): Daniele Marques, Bruno Zurkirchen, Lucerne; collaborateurs: Marcel Mach, Marco Ragonesi.

3e prix (14 000 Fr.): Vincent Mangeat, Nyon; collaborateurs: O. Pina, G. Mann, P. Bouvier, T. Bruttin, L. Felder, R. Gasparro, L. Savioz, P. Wahlen.

4e prix (9000 Fr.): Bernard Vouga, Lausanne.

5e prix (8000 Fr.): Marcel Ferrier, St-Gall; collaborateur: Toni Thaler.

6e prix (7000 Fr.): Edouard Weber, Neuchâtel; collaborateurs: Marcel Neuhaus, Giuseppe Galli.

7e prix (6000 Fr.): Robert Monnier, Laurent Geninasca, Neuchâtel; collaborateur: Pierre-Emmanuel Schmid.

8e prix (4000 Fr.): Mario Campi, Franco Pessina, Lugano; collaborateurs: Karin Möllfors, Benedikt Graf, Olivier Strässle.

1er achat (10 000 Fr.): Patrick Mestelan, Bernard Gachet, Lausanne; collaborateurs: Sandra Müller, Marie-Pierre Zufferey.

A l'unanimité, le jury recommande au maître de l'ouvrage de confier la poursuite de l'étude et l'execution à l'auteur du projet classé au 1er rang.

Jury: André Buhler, conseiller communal, directeur des affaires culturelles de ville de Neuchâtel; Fonso Boschetti, architecte Epalinges; Claude Frey, conseiller communal, directeur de l'urbanisme de la ville de Neuchâtel; Maryse Fuhrmann, membre du bureau du conseil du Centre culturel neuchâtelois, administratrice de l'Opéra décentralisé Neuchâtel, Auvernier; Jean-Luc Grobéty, architecte, Fribourg; Charles Joris, directeur du Théâtre populaire romand, La Chaux-de-Fonds; Dolf Schnebli, architecte, professeur à l'EPFZ, Zurich; Alain-G. Tschumi, architecte, professeur à l'EPFL, La Neuveville; Théo Waldvogel, architecte de la ville de Neuchâtel; suppléants: Denis Clerc, architecte de la ville de La Chaux-de-Fonds; André Oppel, directeur du Centre culturel neuchâtelois, Neuchâtel.

Extrait du programme

La ville de Neuchâtel, capitale de la République et canton de Neuchâtel, compte plus de 33 000 habitants. Elle est le centre d'une région d'environ 80 000 habitants, si l'on considère le littoral neuchâtelois. Elle joue un rôle important sur le plan culturel par les institutions qu'elle abrite et les manifestations qui s'y déroulent. La Bibliothèque publique et universitaire et les musées attirent de nombreux visiteurs de l'extérieur de la ville. De très nombreuses manifestations musicales, des spectacles de variétés et de théâtre, notamment une saison théâtrale à l'abonnement, attirent également des auditeurs et des spectateurs de toute la région. Or, la ville dispose actuellement d'un vieux théâtre qui a un certain charme mais qui présente quelques problèmes et des défauts.

Après plus de vingt ans de tentatives d'élaborer des projets sur l'emplacement actuel privilégié, force a été de constater que l'espace à disposition et le volume de construction possible ne permettent pas la réalisation d'un théâtre répondant aux besoins et aux objec-

Fortsetzung auf Seite 59