

# Beton im Wasserbau

Autor(en): **Agatz, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2857>

## **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.

## VI 1

### Beton im Wasserbau.

Le béton dans la construction hydraulique.

Concrete in Hydraulic Works.

Hafenbaudirektor a. D. Dr. Ing. A. Agatz,  
Professor an der Technischen Hochschule, Berlin.

#### a) Einleitung.

Herr Professor *Ludin* hat in seinem ausgezeichneten Referat den Beton im deutschen Talsperrenbau behandelt, und ich halte es daher zur Abrundung des Gesamtgebietes für nützlich, daß von deutscher Seite auch noch die Erfahrungen mit dem Baustoff Beton im Verkehrswasserbau und Grundbau herangezogen werden.

Wir Wasserbauer können leider von unseren Bauwerken nicht wie die Kollegen vom konstruktiven Ingenieurbau der Nachwelt die sichtbare Größe unserer Bauten übermitteln, da sie bis zu 75 % von ihren Feinden, Erde und Wasser, umgeben sind. Nur die Bauausführung läßt ihre Größe erkennen.

Da verschiedentlich die gewaltige Höhe der Brückenpfeiler der neuen deutschen Brücken erwähnt worden ist, so sei bemerkt, daß z. B. eine Eisenbeton-Torkammer einer Seehafenschleuse eine Gesamthöhe von rd. 26 m hat.

Wenn ich nun weiter noch darauf verweise, daß wir es neuerdings unternehmen, in Eisenbeton ähnliche Bauwerke als 11 fach statisch unbestimmte Drilling-Vollrahmen in einer Höhe von 32 m und einer Grundfläche von  $56 \times 65$  m zu bearbeiten, so soll auch dieses Beispiel zeigen, daß wir Grund- und Wasserbauer nicht nur den Eisenbeton hochschätzen, sondern uns klar darüber sind, daß wir derartige Bauten ohne den Baustoff Eisenbeton entweder überhaupt nicht oder nur schwer würden ausführen können, wie gerade bei dem letzteren Beispiel eine von mir durchgeführte Vergleichsrechnung für massives Mauerwerk erwiesen hat. Wir leben heute nicht mehr in der glücklichen Zeit, daß wir geruhsam derartige Bauwerke errichten können, sondern sollen sie in der Hälfte, wenn nicht in einem Drittel der früher zur Verfügung gestellten Zeit herstellen.

Gerade aber weil wir Anhänger des Eisenbetons im Grund- und Wasserbau sind, ist es notwendig, darauf hinzuweisen, daß wir noch nicht eine für „alle“ Fälle ausreichende Verbesserung des Betons und besonders seines Bindemittels erzielt haben, wobei man allerdings nicht vergessen darf, daß nicht nur der Eisenbeton, sondern auch der Stahl angriffsfähigem Boden und Wasser erliegt.

Wenn ich auf der einen Seite stolz auf die Bauten bin, die ich an entscheidender Stelle in Eisenbeton und Stahl mit errichten durfte, so erkenne ich doch bei

der immer wiederkehrenden genauen Prüfung dieser Bauwerke, daß der Baustoff Beton noch immer ein Baustoff ist, der durch die menschliche Unzulänglichkeit genau so leiden kann wie durch die Angriffe von Erde und Wasser.

b) *Erfahrungen und Anschauungen.*

Als Zuschlagstoff gelangt in den meisten Fällen der natürlich anfallende Kies aus Flüssen zur Verwendung. Es hat sich aber wegen der von Natur ungleichmäßigen Zusammensetzung als notwendig herausgestellt, den Kies auf seine Kornzusammensetzung und seinen Hohlraumgehalt nachzuprüfen und laufend bei der Einlieferung zu kontrollieren. Einige Bauherren haben den anfallenden Zuschlagstoff durch Aufteilung in seine Einzelteile bzw. durch Zusätze von Feinstoffen oder Splitt verbessern lassen. Ich kann mich diesen Maßnahmen nicht immer anschließen, da nach meinen Erfahrungen dieselbe Festigkeit mit gleichen Kosten, wenn nicht sogar unter Ersparnis an Kosten und Zeit, durch einen etwas höheren Zusatz an Zement erreicht werden kann.

Der größte Wert wird in erster Linie auf die Druck- und Zugfestigkeit und auf die Dichtigkeit gelegt, während die Lebensdauer des Betons und seine Widerstandsfähigkeit gegen chemische und physikalische Einwirkungen auf die Außenflächen noch immer nicht genügend gewertet werden. Meiner Ansicht nach spielt die Festigkeit, wie sie in den letzten 1 $\frac{1}{2}$  Jahrzehnten für die Betonbauwerke allgemein angestrebt wurde, bei massiven Wasser- und Grundbauwerken nicht eine so überragende Rolle.

Es ist und bleibt ein Unterschied, ob ich ein hochwertiges, feingliedriges Eisenbetonbauwerk im Ingenieurhoch- oder nur massives im Grund- und Wasserbau habe. Im ersten Fall rechne ich mit Grenzen bis zu 65/1500 kg/cm<sup>2</sup>, im zweiten Fall für Wasser- und Grundbauwerke, die späteren Bewegungen und wenn auch nur schwachen chemischen Angriffen ausgesetzt sind, mit etwa 30/1000 kg/cm<sup>2</sup>.

Außerdem muß man sich klar darüber sein, daß die 28-Tage-Festigkeit keinen endgültigen Anhalt für die Bauwerksfestigkeit großer Bauwerke gibt. Bei der Herstellung eines Schleusenbauwerkes stellte es sich beispielsweise heraus, daß ein Teil des Betons mit 270 kg Hochofenzement und 30 kg Traß nach 28 Tagen nur eine Bauwerksfestigkeit von rd. 80 kg/cm<sup>2</sup> hatte — also entgegen meiner Entscheidung nach den Vorschriften abzulehnen gewesen wäre, und das waren „nur“ 12000 cbm Beton. Dieser Beton erzielte jedoch nach 90 Tagen mit 159 kg/cm<sup>2</sup> bereits eine nur noch um 9% geringere Festigkeit als ein anderer Teil des Betons, der nach 28 Tagen rd. 125 kg/cm<sup>2</sup> Festigkeit erreicht hatte. Jahreszeit und Witterungsverhältnisse, Baublockhöhe und -stärke, Behandlung des Betons im Schalungsraum sowie Schalungsart haben noch einen wesentlichen Einfluß auf die 28-Tage-Festigkeit.

Wir beanspruchen bei Massivbauwerken im Grund- und Wasserbau den Beton selten über 30 kg/cm<sup>2</sup>. Es ist daher meines Erachtens unwesentlich, ob der Beton nach 90 Tagen 150 oder 180 kg/cm<sup>2</sup> Festigkeit, aber um so wesentlicher, daß er Dauerbeständigkeit besitzt. Wir haben dann immer noch eine Mindestsicherheit von 5, während wir in anderen Teilen des Grund- und Wasserbaues z. B. bei der Beanspruchung des Stahles für Spundwände und bei der Tragfähigkeit von Pfählen mit einer Höchstsicherheit von 2 rechnen.

Man sieht aus den Streuungen der Festigkeit von Betonproben gleicher Zu-

sammensetzung, daß der Beton ein immerhin noch recht roher Baustoff ist, so daß die höhere Sicherheit verlangt werden muß.

Zwischen der Druckfestigkeit des Zementes mit rd. 450 bis 550 kg/cm<sup>2</sup> und der des Granits mit 800 bis 2700 kg/cm<sup>2</sup> und der des Sandsteines mit 600 bis 1500 kg/cm<sup>2</sup> besteht noch ein Unterschied. Wir haben es also auch heute noch nicht erreicht, die Festigkeiten von Bindemitteln und Zuschlagstoffen einander anzugleichen. Hinzu kommen noch die chemischen Angriffe, denen neben dem Stahl der Beton im Grund- und Wasserbau auf die Dauer ausgesetzt ist. Welche Bedeutung der Widerstandsfähigkeit der Baustoffe gegen chemische Angriffe beizumessen ist, ist jedem bekannt, der die Zerstörungen an ausgeführten Bauwerken in Stahl oder Beton in aggressivem Wasser beobachtet hat. Da neben der Festigkeit besonders die Dichtigkeit hierfür eine erhebliche Rolle spielt, die wiederum auch von dem heute noch immer verhältnismäßig rohen Fertigungsverfahren abhängt, muß es daher für die nächste Zukunft das Streben der Zementhersteller sein, die Güte des Zementes, und der Bauindustrie, die Güte des Betons noch weiter zu steigern.

Neben den Zuschlagstoffen und Bindemitteln hat sich auch bei Verkehrswasserbauten der Zusatzstoff Traß gut eingeführt und wird nach meiner Ansicht auch für die Zukunft bei der bisherigen Beschaffenheit der Bindemittel seine Stellung behalten.

Von größerer Bedeutung ist, daß man durch Traßzusatz dem Beton die unbedingt zu fordernde Dichtigkeit geben kann. Die früher vorhandenen Bedenken, Traß dem Hochofenzement zuzusetzen, sind erfreulicherweise, nachdem er sich bei großen Hafengebäuden bewährt hat, aufgegeben worden. Die Höhe des Traßzusatzes aber muß immer von den örtlichen Verhältnissen und dem Verwendungszwecke abhängig gemacht werden. Eine bestimmte Norm hier aufzustellen, würde ich für verkehrt halten.

Was den Wasserzusatz anbelangt, so stehe ich mit Herrn Professor *Ludin* auf dem gleichen Standpunkt, daß ich es für Dichtigkeit und Festigkeit schädigend ansehen muß, wenn ein zu hoher Wasserzusatz, also ein zu flüssiger Beton, verwendet wird. Man sollte immer den Mittelweg zwischen Stampfbeton und Gußbeton je nach der Behandlung des Betons im Schalungsraum wählen. Ob er nun Weichbeton oder plastischer Beton genannt wird, ist wohl mehr ein Streit um die Benennung als um die Grenze des Wasserzusatzes. Bei dichtem Eisengeflecht wird man den Beton immer etwas weicher einbringen als bei geringen oder fehlenden Eiseneinlagen.

Wenn in der letzten Zeit gelegentlich auch der Stampfbeton wieder verwendet worden ist, so stehe ich dem allerdings verständnislos gegenüber. Wir sollten in dieser Beziehung so viel aus der Vergangenheit und den neuen Versuchen gelernt haben, daß erdfeuchter Beton nur bei Anwendung des Rüttelverfahrens und dünnwandigen Konstruktionsteilen seine Berechtigung hat, aber nicht unter Verwendung der übrigen Bauverfahren und bei großen Bauwerksabmessungen.

Was die Misch- und Einbringungsverfahren anbelangt, so ist jede Einbringung, ob durch Rinne, Sturzbühne, Förderband, Trichter, Fallrohr oder Pumpe als annähernd gleichwertig zu bezeichnen. Notwendig ist bei allen Verfahren nur, daß ich einen Beton mit günstigem Wasserzusatz unentmischt in den Schalungsraum einbringe. Die Auswahl wird in vielen Fällen von den örtlichen Bau-



stellenverhältnissen und der Bauausführung abhängig zu machen sein. Gewiß gibt z. B. das Pump- und Förderbandverfahren eine zwangsweise Begrenzung des Wasserzusatzes nach oben hin, jedoch ist für die Eigenschaften des Betons im Bauwerk weniger das Einbringungs- und Mischverfahren, als vielmehr die einwandfreie Bearbeitung des Betons im Schalungsraum maßgebend. Hier bietet das Rüttelverfahren für entsprechende Bauwerksabmessungen und entsprechenden Wasserzusatz zum Beton gute Aussichten, Festigkeit und Dichtigkeit des Betons wesentlich zu erhöhen.

Wir müssen uns immer wieder klar sein, daß letzten Endes nicht die Maschinen, sondern der Mensch die Güte des Betons gewährleisten.

Bei der Blockeinteilung und Verzahnung wird noch der Fehler gemacht, daß horizontale und vertikale Arbeitsfugen nur vom statischen-konstruktiven Gesichtspunkt aus angeordnet und nicht mit den Anforderungen der Bauausführung (wie z. B. u. a. Größe und Anzahl der Mischmaschinen, Fördereinrichtung, Ein- und Mehrschichtensystem) in Einklang gebracht werden.

Jede Arbeitsfuge bedeutet eine Unterbrechung des Monolithcharakters des Betons und bleibt daher auch statisch nicht immer ohne Auswirkung, ganz abgesehen davon, daß in der Arbeitsfuge, und zwar in der horizontalen mehr als in der vertikalen, der chemisch-physikalische Angriff zuerst einsetzt. Man sollte daher durch siloartige oder gleitende Schalung und Rüstung darauf hinarbeiten, die Schichthöhen möglichst zu vergrößern und lieber vertikale Arbeitsfugen mit entsprechender Sicherung einschalten. Wenn es zugänglich ist, sollte man auf das Vernähen und Verzahnen der horizontalen Arbeitsfugen niemals verzichten.

Handelt es sich um wasserdicht herzustellende Körper wie z. B. Trockendocks, dann müssen die Bauwerksfugen sorgfältig gedichtet werden. Die von mir bei der Verlängerung des Kaiserdocks in Bremerhaven verwendete Dichtung hat sich bislang nach sechsjährigem Betrieb als völlig einwandfrei erwiesen. Ich werde sie daher auch wieder verwenden, zumal sie durch die vordere Bleiwollendichtung den Vorteil hat, daß sie gegebenenfalls jederzeit leicht nachzudichten ist. Das hat sich bislang bei dem genannten Bauwerk allerdings noch nicht als notwendig herausgestellt.

Die Stahl- bzw. mit Eisenblech beschlagene Holzschalung hat den unzweifelhaften Vorteil, daß sie sich leicht vom Beton loslösen läßt, ohne die Oberfläche zu beschädigen, und daß sie eine glatte Oberfläche gewährleistet. Ich schätze sie daher ebenso sehr wie die in dem Beton verlegte Rüstung aus Profileisen, die ein sorgfältiges und leichtes Verlegen der Eiseneinlagen gestattet. Die Mehrkosten hierfür sind verhältnismäßig gering, da diese Profileiseneinlagen für die statische Behandlung des Bauwerkes mit herangezogen werden können und ein rasches Betonieren auch für größere Höhen gewährleisten.

Die an ausgeführten Bauwerken von mir gemachten Erfahrungen hinsichtlich des dauernden Feuchthaltens des Betons haben mich bislang nicht dazu bringen können, auf dauerndes Feuchthalten des Betons bei Massivbauwerken grundsätzlichen Wert zu legen. Die starke Differenz zwischen Außen- und Innenbetontemperatur kann zwar zu Rissen führen, die aber durch obige Maßnahmen von mir nicht ausgeschaltet werden konnten. Man kann die Möglichkeit der Rißbildung jedoch durch geeignete Wahl der Bauwerks- und Baublocksabmessungen verringern.

Was nun die Frage der Verkleidung des Betons anbelangt, so ziehe ich den „nicht verkleideten“ Beton vor, weil er mich nicht dazu zwingt, niedrige Bau-blockschichten zu wählen und dadurch den monolitartigen Charakter des Betons zu zerstören, also den wesentlichsten Vorteil dieses Baustoffes außer acht zu lassen. Verwende ich Beton mit Eiseneinlagen, so beeinträchtigt jede Verkleidung die statische Ausnutzung des Querschnittes. Selbstverständlich hat der jeweilige Zweck, die Größe und Gestaltung des Bauwerkes einen Einfluß auf die Entschlüsse.

Wenn äußere Angriffe auf den Beton möglich sind, sollte man die Eiseneinlagen weiter ins Innere verlegen. Als äußerstes Maß ist eine Überdeckung der Eiseneinlagen von 10 cm anzusehen. Dieses Maß ist jeweils von der Gestalt des Bauwerkes abhängig zu machen. Gegebenenfalls ist ein dünnes Stahldrahtgewebe in 3 bis 4 cm Entfernung von Oberfläche Beton einzuschalten, um Oberflächenrissen vorzubeugen.

Kann man den Vorsatzbeton in einem Zuge und unter inniger Vermischung mit dem anderen Beton einbringen, so könnte man ihn vertreten.

Die Überwachung der Bauwerke kann gar nicht sorgfältig genug durchgeführt werden. Sie allein gibt uns für die weitere Zukunft die Möglichkeit in die Hand, unsere verhältnismäßig jungen Erfahrungen mit großen Betonbauwerken im Verkehrswasserbau in wünschenswertem Maße zu erweitern.

Bei den reinen Eisenbetonbauwerken muß man selbstverständlich auf die Güte der Zuschlagstoffe und Bindemittel, den Wasserzusatz, die Eiseneinlagen und Herstellung erheblich größeren Wert legen, da ja die verhältnismäßig schwachen Bauwerksglieder und die hohe Beanspruchung der Baustoffe zu einer sehr sorgfältigen Betonherstellung zwingen. Jedoch wird man aus den oben genannten Gründen im Verkehrswasserbau und Grundbau allzu feingliedrige Bauwerke aus Eisenbeton wenig anwenden, da im Gegensatz zum Eisenbetonhoch- und -brückenbau die statischen und chemischen Beanspruchungen erheblich unübersichtlicher und ungenauer zu erfassen sind. Damit soll nicht gesagt werden, daß man auch wieder dazu übergehen soll, allzu umfangreiche Massivbauwerke hinzusetzen. Man soll sich nur vor dem Fehler hüten, im Verkehrswasserbau die meist blockartigen Konstruktionen in ein Maschenwerk von Streben und Balken aufzulösen. Es wird immer dem Feingefühl des Ingenieurs überlassen bleiben, einen Mittelweg zu finden, der einerseits das statische Gefühl des Beurteilers befriedigt, auf der anderen Seite aber auch der Gefahr der Anfälligkeit der reinen Eisenbetonbauwerke im Grund- und Wasserbau ausweicht.

### c) *Schlußwort.*

Wenn ich zum Schluß die Erfahrungen des Grund- und Wasserbaues mit denen des konstruktiven Ingenieurbaues vergleiche, so muß ich immer wieder feststellen, daß trotz der kühnen Konstruktionen meiner Kollegen aus dem Ingenieurhochbau, die ich restlos bewundere, wir im Grund- und Wasserbau mit größeren Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Wir können nicht derartige feingliedrige Konstruktionen im Grund- und Wasserbau verwenden, weil wir die Größe und Richtung der Angriffe unserer Feinde, Erde und Wasser, nicht kennen und auch trotz der hoch anzuerkennenden mathematischen Bemühungen

unserer Bodenmechaniker nie restlos werden erkennen können, weil wir es bei den beiden *nicht* mit einem Stoff von „*einheitlicher*“, sondern mehr oder weniger zerrissener Beschaffenheit zu tun haben.

Es erscheint mir daher notwendig, auch auf die Gefahr der Überschätzung einseitig theoretisch-mathematischer Erfassung der Gegner Erde und Wasser hinzuweisen, denn periodisch einsetzende Bestrebungen unserer Theoretiker versuchen immer wieder, uns, die wir Bauwerke entwerfen und ausführen, die nötigen rechnerischen Hilfsmittel an die Hand zu geben. Der Grund- und Wasserbau bleibt aber in erster Linie eine Erfahrungswissenschaft, obwohl er an uns Praktiker die hohe Anforderung stellt, die Theorie auch zu beherrschen, um ihn richtig bewerten zu können. Ein Praktiker „ohne“ Theorie ist für mich genau so gefährlich wie ein Theoretiker „ohne“ ausgedehnte Praxis.

Sie, meine Kollegen vom konstruktiven Ingenieurbau, aber bitte ich, bei Ihren Beton- und Eisenbetonbestimmungen immer wieder daran zu denken, daß ihre Erkenntnisse für den konstruktiven Ingenieurbau wohl Gültigkeit haben, aber für uns nicht dieselbe Gültigkeit haben können.

Ich darf hier nur beispielsweise auf eins hinweisen, daß bei den von mir entworfenen Eisenbeton- und Stahlbauwerken nicht die im konstruktiven Ingenieurbau vorgeschriebenen zulässigen Beanspruchungen, sondern daß hier letzten Endes für mich die Elastizitätsgrenze maßgebend war, vorausgesetzt, daß ich in der Lage war, die Größe und Richtung der angreifenden Kräfte für den ungünstigsten Fall genügend klar erkennen zu können. In anderen Fällen wiederum, wenn das Bauwerk Bewegungen durchmacht, deren Größe nicht zu übersehen ist, müssen wir bei den Spannungen in Grenzen bleiben, die alsdann weit unter denen liegen, die Sie für den konstruktiven Ingenieurbau als maßgebend benutzen.

Nicht die Spannungsgröße, sondern die Wertigkeit der Annahmen in den Lastfällen und die Bewegung des Bauwerkes und seiner Einzelglieder bleiben der Maßstab unserer Handlungen im Grund- und Wasserbau.

Bedenken wir ferner immer, daß es sich im Ingenieurhochbau um verhältnismäßig geringe Betonmengen und feingliedrige Bauwerksglieder handelt, während es bei Grund- und Wasserbauten mehr ein Massenproblem ist. 300 000 cbm Eisenbeton in einem Jahre und in einem Bauwerk herzustellen, verlangt einen anderen Maßstab als beispielsweise 10 000 cbm hochwertiger Eisenbeton.