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

Band: 2 (1936)

Artikel: Mangelhafter Beton

Autor: Arp, D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2859

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: 07.08.2025

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

VI 3

Mangelhafter Beton.

Béton défectueux.

Defective Concrete.

Ministerialrat D. Arp,
Reichs- und Preußisches Verkehrsministerium, Berlin.

So groß auch die Fortschritte sind, die im Betonbau und Eisenbetonbau während der letzten Jahrzehnte gemacht sind, so müssen wir uns doch eingestehen, daß wir von einer Vollkommenheit der Verwendung dieses Baustoffs noch weit entfernt sind. Oft hören wir von den Zerstörungen durch Frost oder durch die Angriffe sauren Wassers oder saurer Böden an Betonbauwerken, die infolge unzureichenden Gehalts an Bindemitteln oder mangelhafter Körnung der Zuschlagsstoffe undicht geblieben sind, oder bei denen sich infolge unsorgfältigen Einbringens die Bindemittel und Zuschlagsstoffe im Bauwerk ungleichmäßig verteilt haben. Müssen wir nicht auch oft Bauwerke sehen, bei denen das Wasser durch zahlreiche waagerechte Arbeitsfugen sickert und häßliche und bedenkliche Ausblühungen verursacht? Auch Putzflächen, selbst wenn sie mit Preßluft hergestellt waren, bieten sich häufig dem Auge dar, die im Abplatzen begriffen sind und dem ganzen Bauwerk den Eindruck des Verfalls geben. Welches größere Beton- oder Eisenbetonbauwerk weist keine Risse auf? Häufig sieht sie nur der aufmerksame Beobachter und macht sich Gedanken darüber. Man sollte sich nicht bei der Meinung beruhigen, daß diese Risse meistens nicht weit in das Betoninnere vordringen; denn es ist außerordentlich schwer, einwandfrei das Ende eines Risses im Innern festzustellen. Meistens reichen die Risse viel tiefer, als man glaubt. Man sagt auch, Risse in der Zugzone von Eisenbetonkonstruktionen gefährden den Bestand der Eisen nicht, wenn sie an der Oberfläche eine gewisse Weite nicht überschreiten; ich bin aber der Ansicht, daß alle Risse vom Übel sind und daß ihr Vorhandensein auf Fehler in der Konstruktion oder Herstellung hinweist, die unter allen Umständen vermieden werden müssen. Mit Bedauern habe ich auch oft bei der Besichtigung schöner Eisenbetonbrücken, die erst wenige Jahre alt waren, beobachtet, wie hier und da der Beton durch Rost bereits abgesprengt wird an Bügeln, die nicht in genügendem Abstand von der Schalung gehalten worden sind.

Diese skizzierten Mängel würden seltener auftreten, wenn die bestehenden Bestimmungen mit mehr Verständnis beachtet würden und wenn bei der Ausführung jeder Aufseher und Arbeiter durchdrungen wäre von der Empfindlichkeit des Werks und von der Bedeutung der Sorgfalt seiner Leistung. Vielleicht empfiehlt es sich aber doch, die in diesen Bestimmungen enthaltenen Grenzen

noch etwas enger zu ziehen, z. B. bezüglich der geringsten Betonüberdeckung der Eiseneinlagen oder bezüglich der Siebkurve für die Zuschläge oder bezüglich des größten oder geringsten Gehalts an Anmachewasser.

Was die Rostgefahr der Eiseneinlagen bei empfindlichen Konstruktionen anbetrifft, so bedauere ich, daß bisher so wenig von einer Verzinkung der Eisen Gebrauch gemacht ist, die ihnen einen ausgezeichneten Schutz gewährt. Es steht seit langer Zeit fest, daß durch die Verzinkung die Haftfestigkeit nicht herabgesetzt wird.

In der Konsistenzfrage dürfen wir uns unter keinen Umständen durch Laboratoriumsergebnisse und theoretische Erwägungen vom plastischen Beton wieder zum erdfeuchten Beton zurückbringen lassen. Der Beton muß immer so weich sein, daß er unter der Wirkung der Schwerkraft selbsttätig die dichteste Lagerung in der Schalung einnimmt, auch wenn Aufseher und Arbeiter in ihrer Sorgfalt mal versagen. In Deutschland hat im letzten Jahrzehnt das Einbringungsverfahren mit Betonpumpe mit Recht einen erheblichen Umfang angenommen. Die zähflüssige Konsistenz ist bei diesem Verfahren ausgezeichnet. Die Betonmischung braucht nicht mehr als 9 % Wasser, bezogen auf das trockene Gemisch, zu enthalten. Leider gestattet der Pumpbeton bisher nur die Verwendung von Gestein, das nach keiner Richtung größere Abmessungen als 80 mm hat. Bei allen größeren Beton- und Eisenbeton-Bauwerken des Mittellandkanals ist in den letzten Jahren der mit Pumpen, Transportbändern, Rinnen oder sonstwie geförderte Beton innerhalb der Schalung durch unverschiebliche Trichterrohre nach dem „Kontraktorverfahren" verteilt worden, also nach der Methode, die eigentlich für Betonschüttungen unter Wasser erdacht ist. Kennzeichnend für das Verfahren ist, daß die Trichterrohre während des Hochwachsens des Betons oben abgebaut werden, und zwar so, daß die Unterkante der Rohre immer ein gewisses Maß unterhalb der Oberfläche des Betons bleibt. Die Zahl der Trichterrohre richtet sich nach der Größe und Form der Grundfläche des Betonierblockes. Es hat sich bei allen Bauten ohne Ausnahme gezeigt, daß der so im Trockenen geschüttete Beton, der gleichmäßig neben dem Rohr hochquillt, eine ausgezeichnete Gleichmäßigkeit und Dichtigkeit aufweist. Zementschlamm setzt sich weder im Innern noch an der Oberfläche ab. Bei diesen Bauten sind waagerechte Arbeitsfugen möglichst ganz vermieden worden, so daß die Körper tatsächlich monolithisch wirken. Bei der Doppelschleuse in Allerbüttel z. B. sind die 14,3 m hohen, unten 9,3 m breiten Kammermauern in der geschilderten Weise in Blöcken von rd. 15 m Länge in *einem* Arbeitsgang von unten bis oben ohne waagerechte Arbeitsfuge hochgeführt worden. Alle Ausrüstungsteile der Mauern, wie eiserne Scheuerleisten, senkrechte und waagerechte Kantenschutzeisen, Steigeleitern, Schiffshaltekreuze sind von vornherein an der Schalung montiert und mit dem Beton eingegossen worden; ebenso die Dichtungsrahmen und Führungsschienen für die Schleusentore, Rollschützen usw. in den Schleusenhäuptern.

So vollkommen diese Betonbauwerke auch gelungen sind, so weisen doch einige Teile von ihnen einen der oben skizzierten Mängel auf, nämlich Risse, teils sehr feine oberflächliche, teils tiefgehendere oder gar durchgehende. Am wenigsten findet man die Risse bei den Blöcken, die in der kälteren Jahreszeit hergestellt sind, ein Beweis dafür, daß die Temperaturwirkungen eine hervorragende Rolle

spielen. Die Risse in großen Betonkörpern werden sich dort ausbilden, wo aus den Belastungsspannungen, den Schwindspannungen und den Temperaturspannungen ein Maximum auftritt, das die Zugfestigkeit des Betons überschreitet. Die vom Austrocknen herrührenden Schwindspannungen sind in großen Betonkörpern, wie Schleusenmauern, Talsperren und dergleichen von geringerer Bedeutung, da — abgesehen von einer dünnen Oberflächenschicht — im Betoninnern Feuchtigkeit genug vorhanden ist, um das Schwinden aufzuhalten. Hauptsächlich sind also die Temperaturspannungen für das Auftreten der Risse in massigen Mauern verantwortlich zu machen. Sie stellen erhebliche Nebenspannungen dar, mit denen man bei dem Standsicherheitsnachweis meistens nicht gerechnet hat, und sie gefährden den Beton zu einer Zeit, wo seine Festigkeit noch kein bedeutendes Maß erreicht hat.

Am häufigsten werden senkrechte Querrisse in den Mauern beobachtet. Sie sind am ungefährlichsten, da sie schließlich nur eine Vermehrung der absichtlich angelegten Trennungsfugen darstellen; ihr Nachteil liegt hauptsächlich in der Herabsetzung der Dichtigkeit. Auch waagerechte Risse kommen vor; diese sind schon bedenklicher. Am schlimmsten sind Längsrisse, weil sie den Zusammenhalt des als einheitlicher Querschnitt berechneten Mauerkörpers beeinträchtigen. Am fertigen Bauwerk kann man sie nur feststellen, wenn es innere Kanäle enthält, wie z. B. die Umlaufkanäle in einer Schleuse oder die Zugangsstollen und Kontrollgänge in Sperrmauern. *Vogt*[1], der die bis 1930 fertiggestellten Talsperren fast der ganzen Welt untersucht hat, gibt viele Beispiele von senkrechten, waagerechten und Längsrissen an ausgeführten Sperrmauern an. Es werden von ihm nur sehr wenige Mauern genannt, an denen er keinerlei Risse wahrgenommen hat. Ähnlich sieht es mit den in Deutschland seit dem genannten Zeitpunkt errichteten Betonsperrmauern, über die der von Prof. *Dr. Ludin* vorgelegte Kongreßbericht Auskunft gibt, aus.

Daß die Betonspannungen allein durch Temperaturänderungen ein erhebliches Maß betragen können, erkennt man, wenn man sich vergegenwärtigt, welchem Wärmewechsel große Betonkörper ausgesetzt sind und welche Bewegungen sie unter dieser Wirkung auszuführen bestrebt sind. Der Beton, der mit einer Mischguttemperatur von $+25^0$ C eingebracht wird, erstarrt alsbald entsprechend den Abmessungen der Schalung, muß sich dann aber im Laufe der Zeit auf das Volumen zusammenziehen, das der mittleren Jahrestemperatur entspricht, die z. B. $+10^0$ C beträgt; bei einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von 0,000012 wird also ein so hergestellter Mauerblock von 15 m Länge bis zur Abkühlung auf die mittlere Jahrestemperatur eine Verkürzung von 2,7 mm erleiden, wenn er in seiner Bewegung nicht behindert ist.

Am tiefgreifendsten sind die Einflüsse, die von der starken Temperaturerhöhung ausgehen, die der Beton größerer Blöcke beim Abbinden erfährt. Bei den üblichen Mischungsverhältnissen werden schon bei den noch nicht so umfangreichen Mauern von Schiffsschleusen Temperaturerhöhungen im Innern des Betons von 35—40^0 C festgestellt. Bei großen Schwergewichtsmauern von Talsperren kann der Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur noch größer ausfallen, weil das Abfließen der Wärme aus einem Arbeitsblock durch

[1] Prof. Dr. *Fredrik Vogt:* „Shrinkage and Cracks in Concrete of Dams." D.K.N.V.S. Skrifters Trondheim 1930, Nr. 4.

die kurz vorher oder nachher hergestellten benachbarten Blöcke behindert ist. Welche Zerrungen die allmähliche Abkühlung bis auf die endgültige Temperatur im Gefolge hat, kann man sich vorstellen, wenn man überlegt, daß das Volumen eines Arbeitsblocks von rd. 1000 m^3 Inhalt, der mit einer Mischguttemperatur von $+25^0$ C hergestellt war und durch die Abbindewärme eine Temperaturerhöhung um 40^0 C erfuhr, bis zum Erreichen einer Temperatur von $+10^0$ um etwa 2 m^3 gegenüber seiner größten Ausdehnung zusammenschrumpfen muß.

Das feste Felsfundament einer Talsperrenmauer macht die Ausdehnungen und Zusammenziehungen des Betons nur zum kleinen Teil mit; auch die unteren, bereits teilweise abgekühlten Blöcke einer großen Schwergewichtsmauer behindern wieder die Bewegungen der frischen über ihnen hergestellten Blöcke. So müssen sich in einer Betonsperrmauer viele hin- und hergehende Bewegungen abspielen, die Spannungen beträchtlichen Ausmaßes im Gefolge haben, ehe noch irgendwelche Belastung durch den Wasserdruck eingetreten ist. Es ergibt sich, daß der wirkliche Spannungszustand einer solchen Mauer, namentlich in den ersten Jahren nach Füllung, außerordentlich schwer zu ermitteln ist.

Was kann und soll man nun tun, um die Bildung von Rissen im Beton möglichst hintenan zu halten? Man muß natürlich einen besonders geeigneten Zement wählen, dessen Zugfestigkeit und Dehnungsfähigkeit möglichst groß ist, der ferner eine recht geringe Schwindung und vor allem eine möglichst geringe Wärmeentwicklung liefert. In Deutschland hat man, um diese Eigenschaften zu verstärken, bei fast allen neueren Talsperrenbauten Zusätze zum Zement angewandt, vor allem Traß, in wenigen Fällen statt dessen andere kalkbindende Stoffe, z. B. auch Thurament, eine gemahlene aber sonst nicht weiter aufbereitete basische Hochofenschlacke. Bei der zur Zeit im Bau begriffenen Saaletalsperre bei Hohenwarte wird ein Dreistoffgemisch von Portlandzement, Traß und Thurament verwendet, und zwar in der Zusammensetzung von 36 Gewichtsteilen Portlandzement + 40 Gewichtsteile Thurament + 24 Gewichtsteile Traß. Man muß sich aber dessen bewußt sein, daß man durch sorgfältigste Auswahl und Zusammensetzung des Bindemittels die Nebenspannungen, die eine Rißbildung zur Folge haben können, nur um einen geringen Anteil ermäßigen kann.

Weiter wird man den Wasserzementfaktor möglichst niedrig halten müssen, um keine Einbuße an Festigkeit zu erleiden. Soll man aber aus Furcht vor den Rissen zum erdfeuchten Beton zurückkehren, den man in dünnen Stampf- oder Rüttelschichten einbringt, damit die Abbindewärme weitgehend an die Luft abgegeben werden kann? Nach meiner Überzeugung ist der Blätterteigbeton der schlechteste von allen Betons. Bei einer Sperrmauer von mehreren Hunderttausend Kubikmetern Betoninhalt hat man auch gar nicht Zeit, die Folge der Schichten so zu verlangsamen, daß die Anhäufung der Abbindewärme vermieden wird.

Je fetter die Mischung, desto stärker die Schwindung und desto größer die Abbindewärme. Also möglichst mageren Beton! Aber von magerem Beton kann man nicht erwarten, daß er wasserdicht ist und den chemischen und atmosphärischen Einflüssen standhält. Man hat daher bei einigen neueren Sperrmauern nur den dicken Kern aus magerem, die Außenschicht an der Wasser- und Luftseite dagegen aus fettem Beton hergestellt in der Erwartung, daß da-

durch die ganze Mauer geringere Bewegungen infolge Schwindung und Wärmeänderung ausführen werde. Ist man aber sicher, daß die Spannungen in der Grenzzone zwischen fettem und magerem Beton das zulässige Maß nicht überschreiten und hier mit der Zeit nicht Risse hervorrufen, die, weil sie in Längsrichtung der Mauer verlaufen, für ihre Standfestigkeit gefährlich werden können? Wird man außerdem das Wasser auf die Dauer verhindern können, an den mageren Kern zu kommen und hier chemische Umsetzungen vorzunehmen? Ich möchte nicht zu solcher Ausführungsweise raten. Ich bin überhaupt der Ansicht, daß man nirgendwo im Wasserbau einen Beton, an den auf irgend eine Weise das Wasser herandringen kann, als Magerbeton herstellen sollte. Die Begriffe „Magerbeton" und „Sparbeton" sollten ganz aus dem technischen Wortschatz gestrichen werden.

Wenn ich somit die genannten Methoden zur Vermeidung der Rißbildungen für zu wenig wirkungsvoll oder gar für bedenklich ansehe, so sehe ich nur eine Möglichkeit, zum Ziele zu kommen, nämlich den Weg der Betonkühlung.

Man kann die Bestandteile des Betons vor und während der Mischung oder den Beton nach dem Einbringen in die Schalung kühlen oder beides. Das Kühlen des Mischgutes ist sehr zweckmäßig während der heißen Jahreszeit; man kann dadurch die Wärmekurve wesentlich herabdrücken. Aber man übt damit keinen unmittelbaren Einfluß auf die Entwicklung der schädlichen Abbindewärme aus. Das kann nur durch die Kühlung des eingebrachten Betons geschehen.

Das andauernde Berieseln aller frischen und noch nicht voll erhärteten Betonbauwerke zu dem Zwecke, die Austrocknung auszugleichen und den Oberflächenschichten das zur Fortsetzung des Abbindeprozesses und zum Quellen erforderliche Wasser zuzuführen, bewirkt naturgemäß eine Herabsetzung der übermäßigen Wärme des Betonkörpers; aber bis zum Inneren größerer Blöcke kann diese Wirkung nicht gehen.

Bei der Grimselsperre in der Schweiz und auch bei anderen Sperren hat man zwischen den einzelnen großen Baublöcken an den Trennungsfugen und auch an gewissen senkrechten Arbeitsfugen große Schlitze lange Zeit frei gelassen und erst später zubetoniert, damit inzwischen durch die Luft die dem Beton innewohnende Wärme schneller entzogen würde. Über den Erfolg dieser Maßnahme ist mir Bestimmtes nicht bekannt. Es liegt aber auf der Hand, daß man auf diese Weise eine gleichmäßige und tiefgehende Wirkung mit dem Ziele der Vermeidung der Bildung von Temperaturrissen nicht erzielen kann.

Als rationell kann ich nur die Methode der Innenkühlung der Betonmauer durch ein System von Kühlrohren ansehen, die gleichmäßig in nicht zu großen Abständen über den ganzen Querschnitt verteilt sind. Diese Kühlung ist mit Erfolg bei dem kürzlich vollendeten Boulderdamm im Coloradofluß durch die Ingenieure der Vereinigten Staaten von Amerika angewendet worden. Allerdings war das Motiv der Kühlung nicht die Sorge um die Temperaturrisse, sondern das Bestreben, die einzelnen Sektoren der Bogenmauer durch Abkühlung möglichst schnell auf ihr endgültiges Volumen zu bringen, damit die Trennungsfugen der Bogenelemente alsbald mit Zementmilch ausgepreßt und dadurch befähigt werden konnten, den Wasserdruck aufzunehmen. Der Vorteil der Rissefreiheit des Betons fiel nebenbei ab.

Das gelungene Beispiel des Boulderdammes hat die Entscheidung erleichtert

zugunsten der Anwendung der Innenkühlung des Betons bei der schon erwähnten deutschen Talsperre in der oberen Saale bei Hohenwarte, deren Betonierung im Spätherbst 1936 beginnen soll. Hier handelt es sich nicht um eine Bogen-, sondern um eine Schwergewichtsmauer. Das Auspressen der Trennungsfugen hat also keine große Bedeutung. Die Kühlung soll hier nur deshalb erfolgen, damit die frei gewordene Abbindewärme abgeleitet wird in solchem Maße, daß sie keine schädlichen Spannungen und in der Folge Rißbildungen hervorrufen kann. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, wie die Kühlrohre über den ganzen Querschnitt innerhalb der Arbeitsblöcke verteilt sind. Der waagerechte Abstand der Eisenrohre beträgt

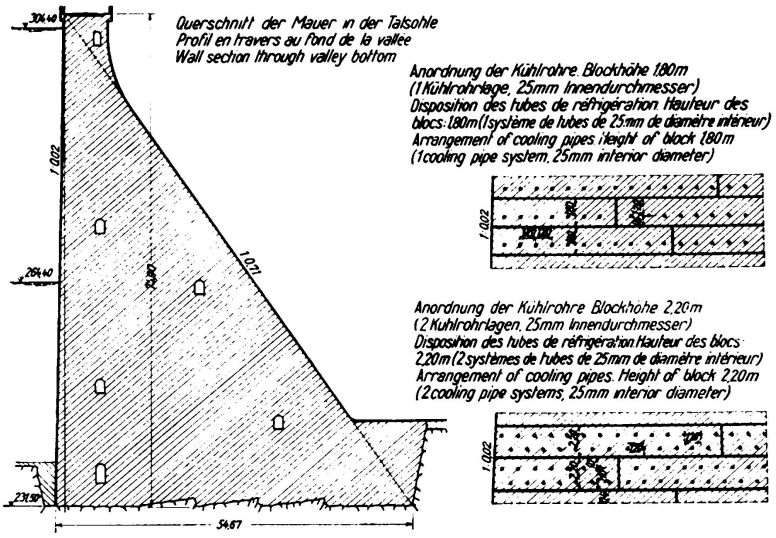

Fig. 1.

Querschnitt der Sperrmauer in der oberen Saale bei Hohenwarte mit Darstellung der Innenkühlung des Betons.

1,2 m, ihr Innendurchmesser 25 mm. Der senkrechte Abstand ist abhängig von der Stärke der Blockschichten, die noch nicht feststeht. Wird sie zu 1,8 m gewählt, so wird dieses auch der Höhenabstand der Kühlrohre sein. Werden stärkere Schichten von 2,20 m Höhe angeordnet, so werden zwei Kühlrohrreihen verwendet werden mit einem Abstand = der halben Blockhöhe, also 1,10 m. Die Rohre werden solange durch gekühltes Wasser mit einer Temperatur von + 6 bis + 9° C langsam durchflossen, bis der betreffende Arbeitsblock die mittlere Jahrestemperatur angenommen hat. Dann werden sie ebenso wie die Rohre beim Boulderdamm mit Zementmilch ausgepreßt. Im ganzen sind für die Hohenwarte-Sperrmauer, die in der Krone rd. 400 m lang und an der tiefsten Stelle rd. 75 m hoch sein und einen Betoninhalt von rd. 450 000 m³ besitzen wird, rd. 200 000 m Kühlrohre außer den Zu- und Ableitungsrohren nötig. Die durch die Kühlung verursachten Mehrkosten werden rd. 3,5 % der Gesamtkosten der Anlage (ohne Kraftwerk) oder rd. 6 % der Kosten der Sperrmauer selbst betragen.

Außer der Innenkühlung der Betonblöcke ist hier übrigens während des Sommers auch eine Kühlung des Mischguts im Betonierwerk vorgesehen.

In Hohenwarte soll die Kühlung durch die Wasserrohre nicht wie beim Boulderdamm erst einige Wochen nach Betonierung eines Blocks, sondern un-

mittelbar nach dem Einbringen des Betons einsetzen, damit die Spitze der Wärmekurve von vornherein abgeschnitten wird. Bedenken gegen das Entziehen der Abbindewärme sind nicht berechtigt, da es sich um die Wegnahme der durch den chemischen Prozeß bereits frei gewordenen Wärme handelt. Die Verlangsamung der Betonerhärtung durch die mit der Kühlung verbundene allgemeine Herabsetzung der Temperatur kann nur als Vorteil angesehen werden.

Daß mit dem beabsichtigten Betonkühlverfahren auch sonst keine Nachteile verbunden sind, ist durch Versuche an großen Betonblöcken in der Frostversuchsanstalt Magdeburg-Glindenberg und im praktischen Baubetriebe bei der schon erwähnten Doppelschleuse Allerbüttel festgestellt worden. Bei diesem Bau hat man einige Schleusenkammermauerblöcke mit Kühlwasserrohren in ver-

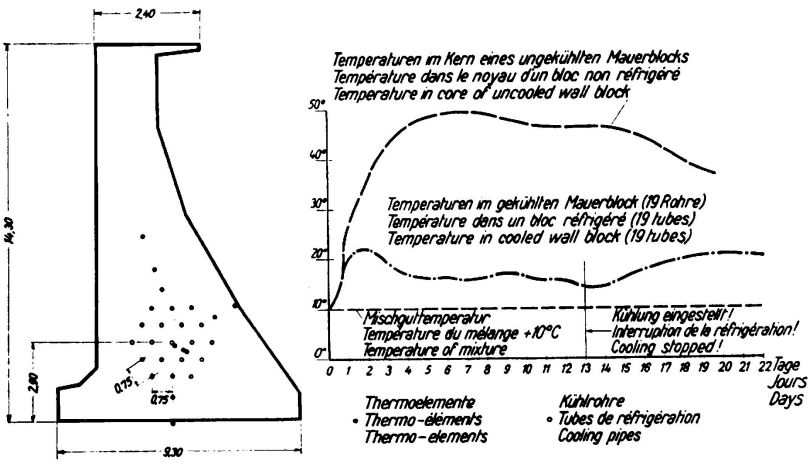

Fig. 2.

Betonkühlversuch bei der Kammermauer der Doppelschleuse Allerbüttel (Mittellandkanal).

schiedener Anordnung versehen. Eine Anordnung ist in Fig. 2 gezeigt, die auch die sonstigen Abmessungen der Mauer erkennen läßt. Die Temperatur des Kühlwassers betrug bei dem dargestellten Versuch $+7$ bis $+9^0$. Bei anderen Versuchen war sie höher, weil das Wasser dem benachbarten Kanal in wärmerer Jahreszeit entnommen wurde. Der Verlauf der Temperatur in diesen wie auch in einigen nicht gekühlten Blöcken und im Untergrund ist durch elektrische Thermometer gemessen und selbsttätig aufgezeichnet worden. Die im Bilde aufgetragenen Temperaturkurven lassen erkennen, daß durch die Kühlung eine beträchtliche Ableitung der Abbindewärme stattgefunden hat; die Kurvenhöhe hat sich um zwei Drittel ermäßigt. Bei anderen Mauerblöcken in Allerbüttel, bei denen die Zahl, der Abstand und Durchmesser der Rohre variiert war, entsprach der Erfolg diesen Änderungen. Bei keinem der gekühlten Blöcke sind Risse aufgetreten, obwohl die Rohre nur im Kern angeordnet waren.

Diese Versuche bei der Schleuse Allerbüttel zeigen zugleich, daß es auch bei kleineren Bauwerken mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich ist, das Betonkühlverfahren anzuwenden und dadurch das Bauwerk vor Rissen zu bewahren, die seinen Bestand gefährden. Die geringen Aufwendungen für die Kühlung stehen in gar keinem Verhältnis zu dem großen Nutzen, den man damit erzielt.