Zeitschrift: Schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft und Binnenschiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 25 (1933)

Heft: 8

Artikel: Die Aussichten der künstlichen Stausee-Abdichtung

Autor: Andres, F.X.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922418

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: 28.12.2025

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

SCHWEIZERISCHE WASSER-UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Offizielles Organ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, sowie der Zentralkommission für die Rheinschiffahrt + Allgemeines Publikationsmittel des Nordostschweizerischen Verbandes für die Schiffahrt Rhein-Bodensee

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAU, WASSERKRAFTNUTZUNG, ENERGIEWIRTSCHAFT UND BINNENSCHIFFAHRT

Mit Monatsbeilage «Schweizer Elektro-Rundschau»

Gegründet von Dr. O. WETTSTEIN unter Mitwirkung von a. Prof. HILGARD in ZÜRICH und Ingenieur R. GELPKE in BASEL

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in Zürich 1
Telephon 33.111 + Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich

Alleinige Inseraten-Annahme durch:
SCHWEIZER-ANNONCEN A. G. + ZÜRICH
Bahnhofstraße 100 – Telephon 35.506
und übrige Filialen
Insertionspreis: Annoncen 15 Cts., Reklamen 34 Cts. per mm Zeile
Vorzugsseiten nach Spezialtarif

Administration: Zürich 1, Peterstraße 10
Telephon 33.111
Erscheint monatlich
Abonnementspreis Fr. 18.– jährlich und Fr. 9.– halbjährlich
für das Ausland Fr. 3.– Portozuschlag
Einzelne Nummern von der Administration zu beziehen Fr. 1.50 plus Porto

Nr. 8 ZÜRICH, 25. August 1933 XXV. Jahrgang

Inhalts-Verzeichnis

Die Aussichten der künstlichen Stausee-Abdichtung — Temperaturmessungen an Staumauern — Eidgenössische parlamentarische Kommissionen, Delegationen, Kommissäre und Rheinschiffahrtsinspektor — Ausfuhr elektrischer Energie — Schiffahrt und Kanalbauten — Elektrizitätswirtschaft — Wärmewirtschaft — Kohlen- und Oelpreise.

Die Aussichten der künstlichen Stausee-Abdichtung.

Von Oberingenieur F. X. Andres, Luzern.

Wir haben in der Schweiz eine größere Anzahl natürlicher Staubecken, die sich topographisch und hydrologisch zu Akkumulieranlagen bzw. zu Stauzwecken sehr gut eignen würden, wenn sie wasserdicht wären. Solche Becken sind wohl in ihrem natürlichen Zustande mehr oder weniger dicht, sobald man sie aber höher staut, so verliert sich das Wasser in teils sichtbaren, teils unsichtbaren Spalten und Klüften des Untergrundes.

Diese Verhältnisse finden sich namentlich bei solchen Staubecken, die im Kalkgebirge liegen, also in einer Unterlage, die von Natur aus wasserdurchlässig ist. Solche Seen sind z. B. der Seelisbergersee, der Melchsee, Trübsee, Engstlensee, Seewlisee, Glattalpsee, Muttensee, die Stockenseen usw., sämtliche topographisch sehr günstig gelegen, mit zum Teil hohen nutzbaren Gefällen, jedoch mit dem bereits erwähnten Nachteil der Undichtigkeit behaftet. Eine rühmliche Ausnahme hievon macht der Lungernsee, der, obwohl auch im Kalkgebirge liegend, ganz entgegen seinen Artgenossen, wasserdicht ist und sich als Akkumulierbecken des Lungernseewerkes bewährt.

Es sind schon wiederholt Vorschläge gemacht und Mittel zur Abdichtung von Stauseen empfohlen worden; und obschon mit solchen Methoden im Laboratorium ganz günstige Resultate erzielt wurden, haben sie sich in der Praxis doch nicht als geeignet erwiesen und zwar meistens infolge der damit verbundenen allzu hohen Kosten. Es dürfte aber angezeigt sein, die Bedingungen festzulegen, die an eine praktisch durchführbare Abdichtung gestellt werden müssen, sowie die Aussichten künstlicher Stausee-Abdichtungen überhaupt näher zu betrachten.

In der seinerzeit vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband in der Manegg bei Zürich eingerichteten und von der Abdichtungskommission geleiteten Versuchsanlage zur Erprobung von Abdichtungsmitteln und Abdichtungsmethoden sind eine größere Anzahl sehr interessanter Versuchsserien durchgeführt worden, sowohl auf Veranlassung der Kommission selber als auch auf Bestellung von Privatfirmen. Der Wert solcher Versuche liegt hauptsächlich im Einblick in das Verhalten der verschiedenen Abdichtungsstoffe bei Wasserdruck und deren Verwendungsmöglichkeit für die Abdichtung von Kanälen und Staubecken. Speziell

die verschiedenen Asphaltprodukte (Bitumen) erfreuen sich in neuester Zeit besonderer Aufmerksamkeit; sie versprechen für Befestigungs- und Abdichtungszwecke gute Erfolge und sind auch anderwärts an größeren Versuchsobjekten (vergl. Obernach am Walchensee) erprobt worden.

Leider liegt zwischen den Laboratoriumsversuchen und der Verwendung in der Praxis noch ein weiter und beschwerlicher Weg, und was sich im kleinen Maßstab während einiger Jahre bewährt hat, kann nicht ohne weiteres mit Aussicht auf dauernden Erfolg ins Große übertragen werden.

Die einfachste und von der Natur schon seit Jahrtausenden angewandte Abdichtungsmethode ist die Selbstabdichtung, d. h. die natürliche Verschlammung von Wasserbecken. Wo wir solche von der Natur abgedichtete Objekte treffen — es sei hier nochmals speziell an den Lungernsee erinnert —, müssen wir allerdings nicht vergessen, daß der Natur hiefür Jahrtausende zur Verfügung standen, während wir Menschen dasselbe Problem in der kurzen Zeit von wenigen Jahren lösen müssen. Es ist daher begreiflich, wenn der stets schaffende und vorwärts strebende Menschengeist nach Mitteln sucht, möglichst rasch zum Ziele zu gelangen, auch auf die Gefahr hin, da und dort Mißerfolge mit in den Kauf nehmen zu müssen.

Die Verhältnisse bei der Abdichtung von Staubecken liegen gewöhnlich so, daß zum vorneherein bedeutende finanzielle Aufwendungen notwendig sind, bevor an die eigentlichen Stau- und Abdichtungsversuche herangetreten werden kann. Es sollen daher im nachfolgenden die wesentlichsten Punkte etwas näher untersucht werden, die für künstliche Abdichtung in erster Linie maßgebend sind. Es betrifft dies:

1. Die Uebertragung der Laboratoriumsversuche in die Natur.
2. Das Verhalten der künstlichen Abdichtung gegen mechanische und chemische Einwirkungen, sowie gegen Temperatureinflüsse usw.
3. Die Lebensdauer von künstlichen Abdichtungen.
4. Ihre Kosten und ihre Wirtschaftlichkeit.

1. Die Uebertragung von Versuchen in die Natur.

Die Erzielung guter Resultate hängt in erster Linie von einer sorgfältigen Vorbereitung sowie von der Beschaffenheit und Verarbeitung des Dichtungsmaterials ab. Im Laboratorium können diese Vorbedingungen in denkbar idealer Weise erfüllt werden. Es kommen hier nur ausgewählte Materialien bester Qualität zur Verwendung, die Versuchskörper können in einem Guß hergestellt werden, zudem handelt es sich um wenige oder sogar nur um Bruchteile von Quadratmetern, also um ganz kleine homogene Flächen, eingeschlossen in einem Versuchszylinder mit fester Unterlage, wo der Probekörper nach keiner Seite hin ausweichen kann.

Ganz anders verhält es sich in der Natur. Nehmen wir als Beispiel das Seelisberger Staubecken mit einer Fläche von Hunderttausenden von Quadratmetern von ganz verschiedener Beschaffenheit und Neigungsverhältnissen. Die Unterlage bildet keine einheitliche glatte Fläche, sondern es wechseln zerklüftete Felspartien mit Geröllhalden, Moorboden und Sümpfe mit Wiesengelände usw. Auch die Neigungsverhältnisse sind sehr verschieden; neben sanft geneigten Wiesen treffen wir steile Schutthalden und senkrechte bis überhängende Felsen. Ueber all diese, sowohl in der Lage als in der Beschaffenheit und Standfestigkeit grundverschiedenen Unterlagen soll eine einheitliche Abdichtungshaut gelegt werden, die überall etwas nachgeben kann, wo der Wasserdruck Einsenkungen des Untergrundes zur Folge hat, und die doch nirgends reißt, die an den Steilpartien ebenso gut haftet wie auf den flach geneigten, die an langen, steilen Böschungen nicht absackt, die an der heißen Sonne weder zu weich, noch durch Frost spröde und rissig wird usw. Das hier vom Seelisbergerbecken Gesagte gilt ebenso gut für alle andern oben erwähnten Staubecken. Die Erkenntnis dieser Schwierigkeiten wird auch der Grund sein, warum bis heute der Versuch, ein größeres Staubecken künstlich abzudichten, noch nirgends durchgeführt worden ist.

2. Das Verhalten der Abdichtung gegen äußere Einflüsse.

Hier kommen in erster Linie die mechanischen Einwirkungen in Betracht. Es wurde soeben hervorgehoben, daß die Abdichtungshaut neben Wasserdichtigkeit als erste Eigenschaft große Elastizität und Dehnbarkeit haben soll. Versuche in dieser Hinsicht sind, wie bereits erwähnt, in größerem Maßstab an einer Kanal-Versuchsstrecke in Obernach am Wal-

chensee mit Erfolg durchgeführt worden. Da die Abdichtungshaut auf verschieden nachgiebigen Untergrund zu liegen kommt, so wird sie bei hohem Wasserdruck auch verschieden beansprucht, was unter Umständen zu einem Reißen und damit Undichtwerden der Haut führen kann; ferner muß an steilen Partien, wo die natürliche Adhäsion nicht ausreicht, mit einer künstlichen Verankerung der Abdichtungshaut auf der Unterlage gerechnet werden, damit bei leerem Becken die Haut durch ihr Eigengewicht nicht abrutscht. Solche Verankerungsstellen werden aber konzentrierte Beanspruchungen der Abdichtungshaut zur Folge haben. Zu den mechanischen Einflüssen, welche die Abdichtungshaut gefährden, gehören u. a auch Beschädigungen durch Wellenschlag, Geschiebe, Eis, durch Schiffe, durch herabfallende Steinblöcke und unter Umständen auch durch im Staubecken lebende Wassertiere usw.

Zu den mechanischen Einflüssen gesellen sich die Temperatureinflüsse. Die Abdichtungshaut muß stets geschmeidig bleiben. Anderseits darf sie aber zum Beispiel im Sommer bei leerem Becken unter dem Einfluß der Sonnenbestrahlung nicht allzu weich und empfindlich werden oder gar abfließen, welcher Umstand bei allen aus Asphaltprodukten bestehenden Abdichtungsmitteln besonders in Betracht fällt. In den flachen Partien kann diesen Einflüssen vorgebeugt werden durch Aufbringen einer Schutzschicht aus Sand oder Humus, an den steilen Hängen jedoch muß zu andern Mitteln gegriffen werden.

Die Abdichtungshaut muß schließlich auch den chemischen Einflüssen standhalten, die ihre Ursache in schädlichen Basen und Säuren haben können, die in der Unterlage oder im Wasser selbst enthalten sind oder entstehen.

Von der Widerstandsfähigkeit der Abdichtungshaut gegen die oben genannten mechanischen, chemischen und Temperatureinflüsse wird selbstverständlich die

3. Dauerhaftigkeit der Abdichtung

abhängen. Eine häufige, ganze oder teilweise Erneuerung der Abdichtungshaut muß für den Werkbetrieb und überhaupt für die Rentabilität des Unternehmens von schwerwiegenden Folgen sein, die unter Umständen katastrophalen Charakter annehmen können. Es muß daher an die Ausführung einer Abdichtung, sei es nun nach diesem oder jenem System, eine zuverlässige und wirksame Garantie für Dauerhaftigkeit geknüpft werden.

Wie wir im nachfolgenden bei Betrachtung der Erstellungskosten sehen werden, muß die Abdichtung so ausgeführt sein, daß diese, von kleineren Ausbesserungs- und Unterhaltsarbeiten abgesehen, wenigstens 50 Jahre hält. Eine Totalerneuerung des Abdichtungsbelages bedingt eine längere Außerbetriebsetzung des Staubeckens und damit eine empfindliche Schmälerung der Energieerzeugung. Es muß daher schon bei der Projektierung derartiger Anlagen darauf Rücksicht genommen werden, daß die zugeleiteten Gewässer auch bei ausgeschaltetem Staubecken wenigstens teilweise noch ausgenutzt werden können.

4. Die Erstellungskosten und die Wirtschaftlichkeit von Abdichtungen.

Mit der Höhe der Erstellungskosten steht oder fällt jedes Abdichtungsproblem. Die Abdichtungskosten, auf den m^3 aufgespeichertes Wasser verteilt, ergibt sofort ein Bild der Wirtschaftlichkeit der Abdichtung selbst. Kehren wir zu unserm Beispiel Seelisberg zurück, so handelt es sich hier um ein Stauvolumen von 30 Millionen m^3, bei einer vom Wasser benetzten Staubeckenfläche von rund 1 Million m^2. Nimmt man an, daß die Abdichtungshaut über das ganze Becken sich erstrecken muß, was bei der Ungewißheit über Lage und Umfang der Versickerungsstellen zutreffen wird, und rechnet man beispielsweise per m^2 Abdichtung für den vorliegenden konkreten Fall nur mit Fr. 6.— per m^2, so ergibt sich daraus schon die starke Belastung des Kraftwerkunternehmens mit Fr. —.20 per m^3 Stauraum oder bei Anrechnung einer nur sechsprozentigen Verzinsung des Anlagekapitals und bei 300 m Nutzgefälle eine Mehrbelastung von 2 Rp. per aufgespeicherte kWh.

Die Erstellungskosten setzen sich zusammen aus den Kosten der Vorbereitungsarbeiten und den Kosten der Abdichtung selbst.

Es wurde schon erwähnt, daß die Verhältnisse in der Natur mit den Laboratoriumsbedingungen nicht übereinstimmen, sondern daß namentlich in der Beschaffenheit des Untergrundes eine große Verschiedenheit besteht. Die natürliche Unterlage muß zur Aufbringung der künstlichen Abdichtung zuerst vorbereitet werden. Zu diesen Vorbereitungsarbeiten gehören u. a. eine sorgfältige Entwässerung des ganzen einzustauenden Gebietes, ohne die bei

leerem Staubecken der Gegendruck des hinter der Abdichtungshaut sich sammelnden Wassers die Haut einstoßen und zerstören würde. Die Beschränkung der Abdichtung auf einzelne lokale, mutmaßlich am meisten wasserdurchlässige Partien ist schon deshalb illusorisch, weil es in den meisten Fällen an der genauen Kenntnis der Versickerungsstellen mangelt und ein sicherer Anschluß der lokalen Abdichtung an das benachbarte, als wasserdicht angenommene Gelände äußerst schwierig und unzuverlässig ist.

Nach Drainierung des Untergrundes folgt die Vorbereitung der abzudichtenden Flächen. Jede Vegetation ist zu entfernen. Lockere Terrainpartien müssen gesichert oder abgetragen, herumliegende Felsblöcke und größere Steine zerkleinert werden. Sumpfstellen sind mit Steinpackung auszufüllen oder festzuwalzen, schroffe Gefällsbrüche auszugleichen. Sämtliche Wasserläufe und Bäche sind bei ihrem Eintritt in das Staubecken sorgfältig zu fassen und über den obern Rand der Abdichtungshaut in das Becken einzuleiten usw. usw.

Besondere Schwierigkeit wird die entsprechende Behandlung des natürlichen Seebeckens bereiten, das voraussichtlich mit einer Schlammschicht bedeckt ist und vorerst entleert werden muß. Aus den bereits genannten Gründen muß sich die Abdichtungshaut auch über diese Partie erstrecken.

Erst wenn alle diese Vorbereitungsarbeiten gemacht sind, kann zur Auflegung der eigentlichen Abdichtungshaut geschritten werden. Diese ist in möglichst fortlaufender Bauweise zu erstellen, wobei wiederum auf die Arbeitsfugen, als schwache Stellen, besonderes Augenmerk zu richten ist.

Die Kosten der Vorarbeiten dürften nicht wesentlich billiger als die der eigentlichen Abdichtung zu stehen kommen, so daß für eine zuverlässige und dauerhafte Arbeit mit einem Mittelwert von Fr. 10.— bis Fr. 15.— per m² gerechnet werden muß, wobei angenommen wird, daß Partien mit fester Unterlage weniger und schlechte Partien (Sümpfe, Geröllhalden usw.) mehr Arbeit und Kosten verursachen. Die Lage der Baustelle, die Transportverhältnisse usw. werden von Fall zu Fall den obgenannten Mittelwert mehr oder weniger nach oben oder nach unten verschieben. Ein ideales Abdichtungsobjekt wäre ein Becken ohne natürlichen See, wo überall der anstoßende glatte Fels zutage tritt. Hier könnten die Undichtigkeiten, die in Form von Spalten und Klüften sich ohne weiteres offenbaren, durch zuverlässige und einfache Einzelbehandlung bewältigt werden.

Man wird darnach trachten, den Erfolg einer künstlichen Abdichtungsmethode zuerst an einem kleineren Objekt in der freien Natur praktisch zu erproben, bevor man an größere und kostspieligere Unternehmen dieser Art herantritt. Je höher ein Staubecken liegt, und je größer das zur Verfügung stehende Nutzgefälle ist, umso mehr darf bei gleicher Wirtschaftlichkeit per m² abzudichtende Fläche aufgewendet werden. Bei einem Nutzgefälle von 1000 und mehr Metern (Seewlisee, Glattalpsee, Trübsee) wäre schätzungsweise eine Aufwendung von Fr. 8.— bis 10.— per m² abzudichtender Fläche oder von Fr. —.30 bis —.40 pro m³ Stauraum noch erträglich, während bei kleineren Gefällen, wie zum Beispiel beim Seelisbergersee, die Kosten schon bescheidener sein müssen, soll eine Abdichtung Aussicht auf Verwirklichung haben.

Faßt man das Gesagte nochmals zusammen, so muß konstatiert werden, daß es außerordentlich schwierig sein wird, eine Abdichtungsmethode zu finden, die den vorgenannten Bedingungen in bezug auf Solidität, Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit genügt und gleichwohl noch wirtschaftlich ist. Die billigste Abdichtungsmethode wird stets die sein, bei der das Vorgehen der Natur nachgeahmt wird, nämlich die Selbstdichtung. Diese kann überall da mit Vorteil zur Verwendung kommen, wo im abzudichtenden Staubecken selber, oder in dessen unmittelbarer Nähe größerer Lehmlager oder stark lehmhaltige Moränen vorhanden sind, mittelst derer durch Einschwemmen eine natürliche Abdichtung des Beckens versucht werden kann. Immerhin ist dazu auch eine genügende Menge Druckwasser erforderlich, dessen Beschaffung gewöhnlich ebenfalls auf Schwierigkeiten stößt.

Ueber die Verwendbarkeit anderer künstlicher Abdichtungsmittel, unter denen heute insbesondere Teer- und Asphaltprodukte eine große Rolle spielen, werden weitere Versuche Aufklärung bringen.

Schlußwort.

Die Aussichten der künstlichen Stauseeabdichtung sind heute noch unbestimmt. Ein geeignetes Mittel scheint in den bituminösen Decken gefunden zu sein, jedoch sind die damit bis heute gemachten Erfahrungen sowohl

zeitlich als örtlich noch zu wenig umfangreich, um sich daraus ein abschließendes Urteil bilden zu können.

Das größte Hindernis für künstliche Stauseeabdichtung liegt in den Kosten. Bitumen ist ein ausländisches Produkt, Transport und Zoll verteuern seine Verwendung. Die für künstliche Abdichtung in Frage stehenden Staubecken sind meist derart beschaffen, daß die felsige Unterlage durch mächtige Moränen und Schuttschichten überdeckt ist, wodurch die Bloßlegung der undichten Stellen sehr erschwert, wenn nicht direkt verunmöglicht wird, so daß diese nur durch eine vollständig zusammenhängende Abdichtungshaut erfaßt und unschädlich gemacht werden können. Dadurch kann sich die Abdichtung bis zur Unwirtschaftlichkeit verteuern.

Angesichts dieser wenig erfreulichen Tatsachen einerseits und dem andauernden Bedürfnis unserer Elektrizitätswirtschaft nach Akkumulieranlagen anderseits erhalten die wenigen noch verbleibenden Akkumuliermöglichkeiten ohne große Abdichtungsoperationen (Andermatt usw.) erhöhte Bedeutung. Sie sind die eisernen Reserven unserer weißen Kohle.

Temperaturmessungen an Staumauern

Bei dem in Bau befindlichen Hooverdamm in Südwesten der Vereinigten Staaten, der den wasserreichen und wilden Coloradofluß zu einem künstlichen See von 36,300 Millionen m³ Inhalt stauen soll, wird eine 240 km lange Kühlwasserrohrleitung eingebaut. Sie hat die Aufgabe, die eingebrachten Betonmassen künstlich zu kühlen und die Abbindetemperatur des Mörtels nicht über ein zulässiges Maß gelangen zu lassen. An der Baustelle herrschen nämlich im Sommer Temperaturen bis zu 49 ° C. Da bei Gußbetonmauern Temperaturanstiege bis auf 51 ° C innerhalb von fünf Tagen nach dem Einbringen des Betons beobachtet wurden, so würden an der riesigen Sperrmauer Temperaturspannungen auftreten, die größer als die zulässigen Materialspannungen sind. Der verhältnismäßig trocken eingebrachte Beton wird deshalb beim Hooverdamm nicht gegossen, sondern gestampft. Außerdem werden zweizöllige Kühlwasserrohrleitungen in 3 m Abstand verlegt, um den Beton kühlen zu können. Da die Sperrmauer an der Sohle 200 m und an der Krone 13 m breit werden soll, und ihre Länge an der Sohle etwa 90 m und an der Krone 360 m messen wird, so sind insgesamt 240 km Rohre für die Kühlwasserleitung erforderlich.

Man kennt die Gefahr, die den Staumauern durch zu hohe Abbindetemperaturen droht, schon seit langem. Bereits 1909 wurden beim Bau der Booton-Staumauer «Thermophonen» benutzt, um Temperaturmessungen vornehmen zu können. Die Messungen mußten allerdings nach einiger Zeit wegen Isolationsschäden an den elektrischen Zuleitungen abgebrochen werden. Heute läßt sich die Messung der Temperaturen im Innern einer Sperrmauer ohne Schwierigkeiten mit elektrischen Widerstandsthermometern der Bauart Siemens & Halske vornehmen. Ein solches Widerstandsthermometer besteht aus einem Platin-Widerstandsdraht, der um einen Quarzstab gewickelt und in diesen nachträglich eingeschmolzen ist. Die erforderliche mechanische Festigkeit erhält das Thermometer durch ein Doppelschutzrohr aus Stahl und Bronze. Am Thermometerkopf ist die innere Stahlhülse mit dem äußeren Bronzemantel verschraubt. Unterhalb der Verschraubung ist das Meßkabel mittels dreier Anschlußklemmen an dem Thermometer befestigt. Die Verbindung ist so gestaltet, daß das Thermometer weder elektrisch noch mechanisch gestört werden kann. Sollen derartige Thermometer beim Bau von Bruchsteinmauern Verwendung finden, dann empfiehlt sich ihre Umhüllung mit einem Eisenrohr, das unten auf eine Muffe aufgeschweißt und oben mit Kabelmasse ausgegossen wird.

Für die Uebertragung des Meßwertes auf das Anzeigeinstrument wird neuerdings die Brücken-Kreuzspulschaltung benutzt, weil sie neben großer Genauigkeit bei kleinen Meßbereichen den weiteren Vorzug der Unabhängigkeit der Anzeige von Spannungsschwankungen der Stromquelle besitzt und außerdem auch Temperaturschwankungen am Aufstellungsorte des Anzeigeinstrumentes nicht unterworfen ist. Um die einzelnen Meßstellen von Zeit zu Zeit der Reihe nach messen zu können, wird das Anzeigeinstrument zusammen mit dem Schalter in ein staub- und spritzwasserdichtes Gehäuse eingebaut. Je nach der Zahl der eingebauten Thermometer wird die Schalterwalze mit einer entsprechenden Anzahl Kontaktfedersätzen ausgerüstet. Außer den beiden Kontaktsätzen für jede Meßstelle wird ein dritter Kontaktsatz vorgesehen, der die Stromquelle während der Schalterdrehung abschaltet. Der Meßbereich des Anzeigeinstrumentes wird für Sperrmauern aus Gußbeton bzw. aus Bruchsteinen einheitlich zwischen —3 bis + 60 Grad gewählt.

Wenn sich der Bau einer Sperrmauer über mehrere Jahre erstreckt, dann empfiehlt sich die Unterteilung der Meßstellen in zwei Gruppen. In diesem Falle ist es zweckmäßig, für jede der beiden Gruppen ein besonderes Anzeigeinstrument einzubauen. Als Meßleitungen zwischen den Thermometern und dem Anzeigeinstrument verwendet man jetzt nur noch sehr stark beanspruchbare Erdkabel mit Bleimantel- und Flachdrahtarmierung. Vor dem Einbau der Thermometer und Leitungen werden die Kabelenden auf die erforderliche Länge zugeschnitten und die Thermometer daran befestigt. Da die Temperatur- und Schwindungsspannungen der Sperrmauer die Kabel beschädigen können, so empfiehlt es sich nicht, die Kabel nackt einzumauern oder einzubetonieren, sondern sie in Schutzrohren zu verlegen. Bei Bruchsteinmauern haben sich Steinzeugröhren für die Kabelführung als am besten erwiesen, da die Rohre entsprechend dem Wachsen der Mauer durch Einschrauben neuer Röhrenstränge immer mehr verlängert werden können. Seitliche Abzweigungen können durch Einschrauben von Kniestücken bewerkstelligt werden. In die seitlichen Oeffnungen derartiger Kniestücke lassen sich die eisernen Schutzrohre (Gasrohr oder Siederohr), die in der horizontalen Meßebene verwendet werden, leicht einführen und entsprechend abdichten. Da nach dem Einbau die Thermometer nicht mehr zugänglich sind, und etwa unterlaufene Montage- und Meßfehler nicht mehr behoben werden können, so ist es zweckmäßig, die Thermometer während des Einmauerns mehrmals elektrisch nachzuprüfen.

Bei Gußbetonmauern werden zum Schutze der Kabel nur Eisenrohre verwendet. Die Thermometer müssen zum Schutz gegen Beschädigungen durch den aus beträchtlicher Höhe herabfallenden Gießstrahl des Betons mit einem Schutzkorb ausgerüstet werden. Der aus kräftigen Rundeisenstäben gebildete Korb wird oben an das eiserne Schutzrohr des Meßkabels angeschweißt; unten wird er mit Drähten im Beton verankert. Die Art