

Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 3 (1910-1911)

Heft: 22

Artikel: Neuartige Herstellungsweise und Resultate von Festigkeitsproben [Schluss]

Autor: Hilgard, K.E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-919945>

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: 20.02.2026

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

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZER-
ISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK,
WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFFAHRT . . . ALLGEMEINES
PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN
VERBANDES FÜR DIE SCHIFFFAHRT RHEIN-BODENSEE

HERAUSGEGEBEN VON DR. O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG
VON a. PROF. HILGARD IN ZÜRICH UND ING. GELPKE IN BASEL



Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.
Abonnementspreis Fr. 15.— jährlich, Fr. 7.50 halbjährlich
Deutschland Mk. 14.— und 7.—, Österreich Kr. 16.— und 8.—
Inserate 35 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzeile
Erste und letzte Seite 50 Cts. Bei Wiederholungen Rabatt

Verantwortlich für die Redaktion:
Dr. OSCAR WETTSTEIN u. Ing. A. HÄRRY, beide in ZÜRICH
Verlag und Druck der Genossenschaft „Zürcher Post“
in Zürich I, Steinmühle, Sihlstrasse 42
Telephon 3201 Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

N^o 22

ZÜRICH, 25. August 1911

III. Jahrgang

Inhaltsverzeichnis

Neuartige Herstellungsweise und Resultate von Festigkeitsproben armerter Betonröhren. — Wald- und Wasserwirtschaft. — Que transporteront nos fleuves? Wasserrecht. — Wasserkraftausnutzung. — Schifffahrt und Kanalbauten. — Verschiedene Mitteilungen.

Neuartige Herstellungsweise und Resultate von Festigkeitsproben armerter Betonröhren

für Wasserleitungen, Durchlässe und Abzugskanäle
nach dem verbesserten „System Siegart“.

(Schluss.)

III.

Resultate der Festigkeitsversuche mit armerter Beton-Rohrstücken, verbessertes System „Siegwart“, Beanspruchung auf äusseren Druck, durch Belastung mit gefüllten Sandsäcken.

Rohrprobe Nr. 1 am 8. Juni 1910. 1 Stück Kanalrohr, 21 Tage alt, 1 m lang in volle Sandkiste eingebettet, auf gleichmässig verteilte Auflast erprobt. Äusserer Durchmesser 49 cm. Lichter Durchmesser 45 cm. Beton-Wandstärke einschliesslich der Armierung 2 cm. Längsarmierung nach Angabe: 17 Drahtstäbe à 3 1/2 mm. Querarmierung nach Angabe: 140 Drahtwindungen von 0,0141 cm² Querschnittsfläche. Mächtigkeit der Sandunterlage, der Sandüberlagerung und seitlichen Sandeinfüllung bzw. der Sandschichte unter der Sohle, über dem Scheitel und zu beiden Seiten ausserhalb der Rohrmitte je 28 cm (vergleiche Abbildung 9).

Die durch eine Auflage von Holzschwellen gleichmässig über der Sandauffüllung verteilte Belastung erfolgte durch eine zusammen 1 m breite Reihe von Wagebalken von 7,80 m totaler Länge unterstützt und belastet nach Abbildung 9 und 10.

Die Belastung von Sandpackung, Gewicht der Schwellen und Wagebalken betrug 520 kg. Die Auflast „P“ aus gefüllten Sandsäcken bestehend von je zirka 50 kg Gewicht wurde langsam gesteigert. Bei 1000 kg Totalbelastung über dem Rohr betrug die seitliche Ausweichung der Widerlager zusammen, sowohl wie die vertikale Einsenkung in Scheitel je 0,1 mm und nahm stetig und nahezu proportional der Belastung zu. Bei einer Totalbelastung von 2440 kg, sowie einer seitlichen und vertikalen Deformation von 0,6 mm bzw. 0,7 mm begann die Bildung feiner Haarrisse im Innern. Während einer längeren Ruhepause war weder eine Erweiterung der Haarrisse noch eine Zunahme der Deformation zu konstatieren. Bei rund 2900 Totalbelastung, sowie seitlichen und vertikalen Deformationen von 1,1 bzw. 1,4 mm ergab sich im Innern ein feiner Scheitelriss zu erkennen, der sich ohne zunehmende Belastung sehr langsam erweiterte. Die für praktische Zwecke massgebende Bruchgrenze ist wohl auf zirka 2800 bis 2900 kg Totalbelastung anzusetzen. Die unter ziemlich proportional fortschreitender Deformation bis auf 8200 kg gesteigerte Totalbelastung, bei welcher sich eine seitliche Erweiterung des Rohrdurchmessers von 6,4 mm und eine vertikale Zusammendrückung zwischen Scheitel und Sohle von 8,5 mm und ein vertikales Überinanderschieben der beiden Rohrhälften um 2 mm im Scheitel-Längsriss und von 1 mm im Längsriss in der Sohle ergab, sowie die mit einer vierfachen

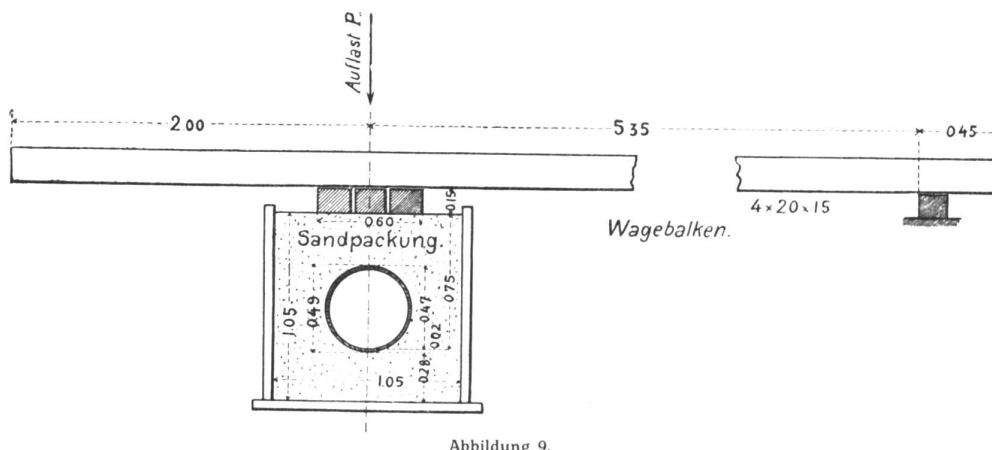


Abbildung 9.

Übersetzung ausgestattete Messvorrichtung¹⁾ für seitliche und vertikale Deformation auf der Innenseite der Längsmittle des Rohres sind aus Abbildung 10 ersichtlich.

Rohrprobe Nr. 2 am 24. Juni 1910. 1 Stück Kanalrohr, 1,02 m lang, 38 Tage alt. Über ganze Länge auf dünner ebener Sandunterlage von 20 cm Breite gebettet für konzentrierten Scheiteldruck erprobt. Äusserer Durchmesser 50 cm. Lichter Durchmesser 45 cm. Beton-Wandstärke einschliesslich Armierung $2\frac{1}{2}$ cm. Längsarmierung nach Angabe: 17 Drahtstäbe à $3\frac{1}{2}$ mm Durchmesser. Querarmierung nach Angabe: 2 Wicklungen bzw. 70 Drähte à $0,014 \text{ cm}^2$ Querschnitt auf 1 m Rohrlänge. Belastungsvorrichtung dieselbe wie für Rohrprobe Nr. 1. Auf den Rohrscheitel wurde zur Übertragung der Belastung ein genau abgehobeltes T-Eisen über den mittelst Zementmörtel genau abgeglichenen Rohrscheitel auf die hohe Kante gestellt. Siehe Abbildung 11 (Rohrprobe Nr. 7).

Bei einer über die durch Wagebalken und T-Eisen verursachten Anfangsbelastung von rund 600 kg hinaus, jeweilen um 200 kg gesteigerten Totalbelastung wuchs die vertikale Zusammendrückung von Scheitel und Sohle, sowie die seitliche Erweiterung auf Höhe der Rohrmitte gemessen nahezu genau proportional mit der totalen Belastung. Bei einer solchen von rund 1170 kg erreichten die genannten Deformationen die Beträge von 0,85 mm und 0,6 mm, während eine leichte Rissbildung auf der Innenseite des Scheitels begann. Diese Belastung ist für praktische Zwecke als Bruchgrenze zu betrachten. Nach einer zunächst erfolgten totalen Entlastung konnte die Totalbelastung noch bis auf 1700 kg gesteigert werden, wobei eine starke vertikale Verschiebung der Rohrhälften in der Scheitelbruchfuge eintrat und auch auf der Innenseite der Sohle, sowie auf der Aussenseite der einen Kämpferseite klaffende Längsrisse entstanden und ein Reißen der Umwicklungsdrähte erkennen liessen. Trotz Belastung der Auf-

last während längerer Zeit trat kein vollständiger Zusammenbruch des Rohrstückes ein.

Rohrprobe Nr. 7 am 28. Juni 1910.

1 Stück armiertes Durchlassrohr, 1,04 m lang, 42 Tage alt. Über ganze Länge auf dünner Sandunterlage von 20 cm Breite gebettet, für konzentrierten Scheiteldruck erprobt.

Lichtweite des Betonrohres 45 cm. Lichtweite der inneren harten Asphaltverkleidung 44 cm. Beton-Wandstärke einschliesslich der Armierung $3\frac{1}{2}$ cm. Längsarmierung 32 Drahtstäbe à $3\frac{1}{2}$ Millimeter Durchmesser. Querarmierung 14 Drahtumwicklungen bzw. $14 \times 7 = 980$ Drähte auf 1 m Rohrlänge à $0,014 \text{ cm}^2$ Querschnitt. Die Belastungsvorrichtung war dieselbe wie bei Rohrprobe Nr. 2. Die Anfangsbelastung durch Wagebalken und T-Eisen betrug rund 500 kg. Bei dieser letzteren betrug die gesamte seitliche Erweiterung 0,025 mm und die totale vertikale Eindrückung

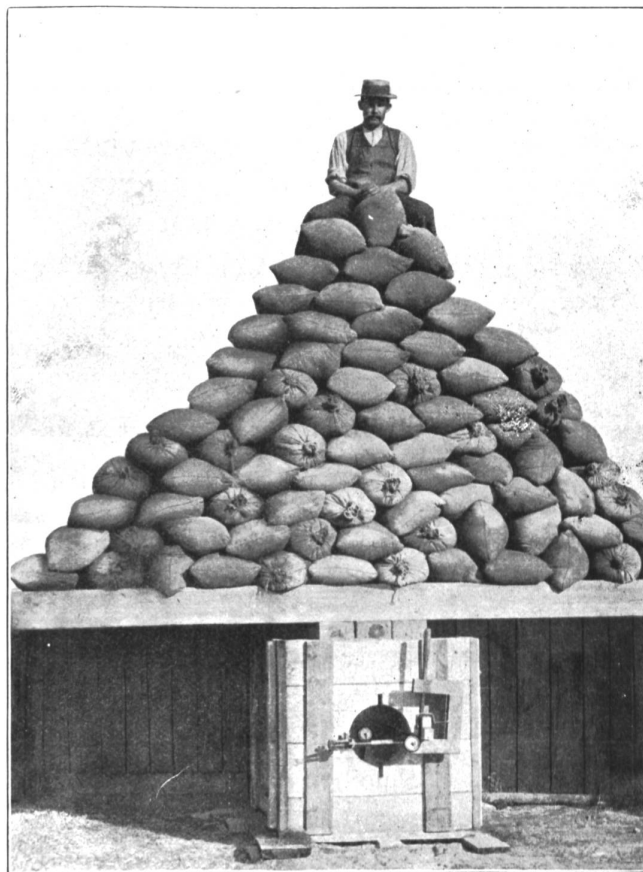


Abbildung 10. Rohrprobe 1. Rohrprobe mit gleichmässig verteilter Last in Sandbettung.

¹⁾ Unter vorteilhafter Verwendung von Griotschen Deflektionsmessern.

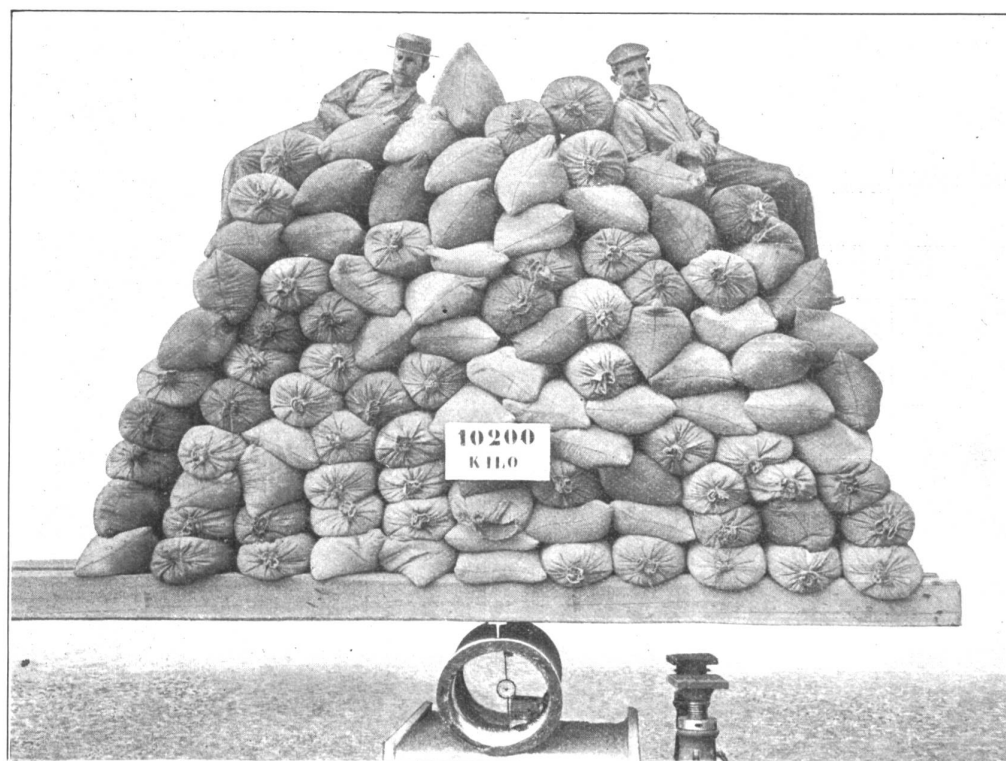


Abbildung 11. Rohrprobe Nr. 7. Armirtes Zementrohr nach System Siegwart mit 35 mm Wandstärke unter 10,200 kg konzentrierter Scheitelbelastung.

0,05 mm. Diese Deformationen nahmen ungefähr im Verhältnis zu der jeweiligen um zirka 100 kg bis auf rund 1000 kg gesteigerten Totalbelastung zu. Bei einer gänzlichen Entlastung gingen die beobachteten Deformationen auf 0 zurück. Bei einer sukzessive auf rund 2800 kg gesteigerten Totalbelastung ergaben sich 1,15 mm seitliche und 1,08 mm vertikale Deformationen, wovon bei nochmaliger gänzlicher Entlastung 0,1 mm bzw. 0,05 mm verbleiben. Bei einer sukzessive gesteigerten Wiederauflage der Last begannen sich bei rund 3900 kg leichte Haarrisse auf der Innenseite im Scheitel und auf der Sohle gegen die Rohrenden hin zu bilden. Zum Zwecke der Beobachtung derselben war unter dem Scheitel und auf der Sohle die Asphaltverkleidung entfernt und durch einen Gipsanstrich ersetzt worden. Wo diese Stellen mit Asphalt verkleidet blieben, zeigte sich keine Spur von Rissbildung. Für praktische Zwecke dürfte sich demnach das Rohrstück auch unter dieser Belastung noch vollkommen wasserdicht erwiesen haben. Erst bei einer Totalbelastung von rund 5100 kg begannen die an den von der Asphaltverkleidung entblösten Stellen sichtbaren Risse sich allmählich zu erweitern. Weder auf der übrigen Innenfläche noch auf der Aussenfläche war eine Rissbildung zu entdecken. Die seitliche und vertikale Deformation hatten bei dieser Belastung die Beträge von 2,95 mm und bzw. 2,8 mm erreicht. Infolge einer Steigerung der Belastung auf rund 6800 kg, wobei die seitliche und vertikale Deformation 6,45 mm bzw. 5,6 mm

betrug, hatten sich die an den von der Asphaltverkleidung entblösten Stellen sichtbaren Risse im Scheitel und in der Sohle auf zirka $\frac{1}{2}$ mm erweitert. An der Aussenseite waren noch keine Risse sichtbar. Bei einer Totalbelastung von rund 7400 kg hatten sich die sichtbaren Innenrisse auf zirka 1 mm erweitert. Weder in der Asphaltverkleidung noch auf der Aussenseite des Rohres waren auch jetzt noch irgendwelche Risse zu erkennen. Die seitliche und vertikale Deformation betrug zirka 8,5 mm und 6,6 mm. Bei 10000 kg Belastung waren noch keine Risse in der inneren, fast völ-

lig harten Asphaltverkleidung zu erkennen. Leichte Haarrisse wurden auf der Aussenseite sichtbar. Die vertikale Deformation betrug 16,6 mm. Die seitliche konnte nicht mehr genau gemessen werden, wegen Losbrechens der hierfür benutzten Fixpunkte. Sie betrug aber wohl zirka 20 mm. Das Tempo der Belastungssteigerung vom Momente der ersten Haarrissbildung im Innern des Rohres bei 3900 kg Totalbelastung bis zur maximalen Totalbelastung von 10,200 kg ausschliesslich von vier Ruhepausen von zirka je 10 Minuten Dauer betrug rund je 50 kg Auflast per Minute. Nach einer dauernden Belassung der auf rund 10,000 kg reduzierten Totalbelastung während zirka einer halben Stunde erfolgte der gänzliche Zusammenbruch des Rohrstückes unter kräftiger Rissbildung auf der einen Aussenseite auf Kämpferhöhe.

Zum Vergleich mag angeführt werden, dass unter der gleichen Belastungsart ein gewöhnliches Zementrohr gleicher Lichtweite mit 53 mm Wandstärke schon bei 1850 kg Auflast sofort zusammenbrach.

Aus den im Vorhergehenden protokollierten Resultaten von Festigkeitsproben zylindrischer Rohre auf äussern Druck ergibt sich, dass die für diesen Fall weit ungünstiger plazierte Armierung — eine Drahtumwicklung in einer mit der Rohraxe konzentrischen Mantelfläche — anstatt wie es ein volle Ausnutzung der Zugfestigkeit der Drahtwicklung erfordern müsste, einer solchen, die in Scheitel und Sohle in nächster Nähe der inneren Rohrleitung, dagegen seit-

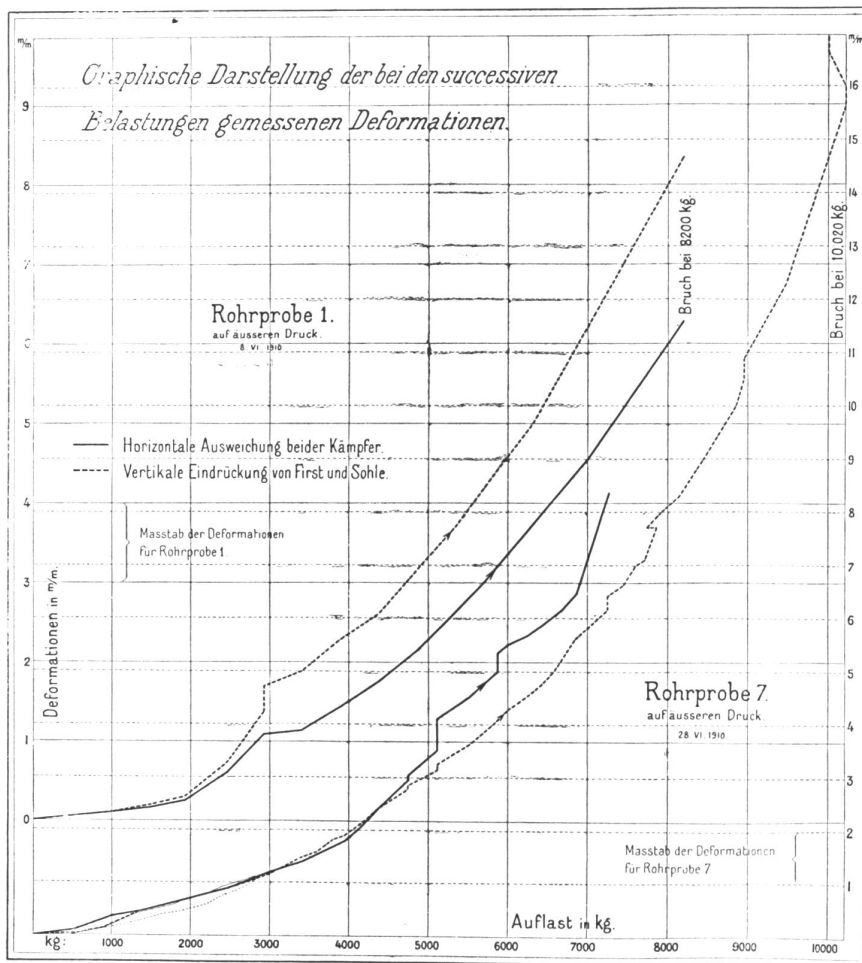


Abbildung 12.

lich auf Kämpferhöhe so weit wie möglich gegen die äussere Leibung hin verschoben ist¹⁾, dennoch gewöhnlichen Betonröhren gegenüber mit oder ohne Fuss eine ganz bedeutend höhere Widerstandsfähigkeit zu verleihen mag. Von besonderem Werte erscheint hier auch die infolge des angewandten Verfahrens äusserst zähe, am Beton haftende Asphaltverkleidung der inneren Rohrwandung. Sie ist wohl imstande, noch lange nachdem eine leichte Rissbildung auf der inneren Betonoberfläche des Rohres bereits eingetreten ist, ein Eindringen des Wassers in diese Risse und damit eine allmähliche Zerstörung der Armierung zu verhindern. Der ohne jede schädlichen Erscheinungen in Form von Belastungen ertragene bedeutende Aussendruck, auf die nach der verbesserten Siegwartschen Methode armierten Rohre, lässt eine nützliche Verwendung für Abflusskanäle und Durchlässe, welche zugleich einem beträchtlichen äusseren Drucke zu widerstehen haben, als angezeigt erscheinen. Besserer Übersichtlich-

¹⁾ Es ist dies zum Beispiel bei den nach „System Merriwether“ erstellten kontinuierlichen armierten Betonröhren der Fall.

keit balber sind in Abbildungen 12 und 13, die bei den Rohrproben Nr. 1 und 7, sowie Nr. 2 auf äusseren Druck beobachteten Deformationen entsprechend den Belastungen graphisch aufgetragen worden.

Als praktische Vorteile der Siegwartrohre gegenüber eisernen Leitungsrohren können wesentlich in Betracht fallen die Ersparnis an Transport- und Frachtspesen, da die ersteren oftmals viel näher am Verwendungsort erstellt werden können, weil die maschinelle Einrichtung für deren Herstellung sehr einfach ist, ferner grössere Widerstandsfähigkeit der Leitung gegen äusseren Druck bei Erdüberdeckung und im Falle völliger Entleerung, geringerer Einfluss von Temperaturunterschieden auf das Konstruktionsmaterial, sowie schliesslich die Kosten, welche sich nach Angaben der Siegwart A. G. namentlich bei Röhren für geringeren Druck gegenüber Gussröhren bedeutend, aber auch für Druckleitungen grösseren Kalibers

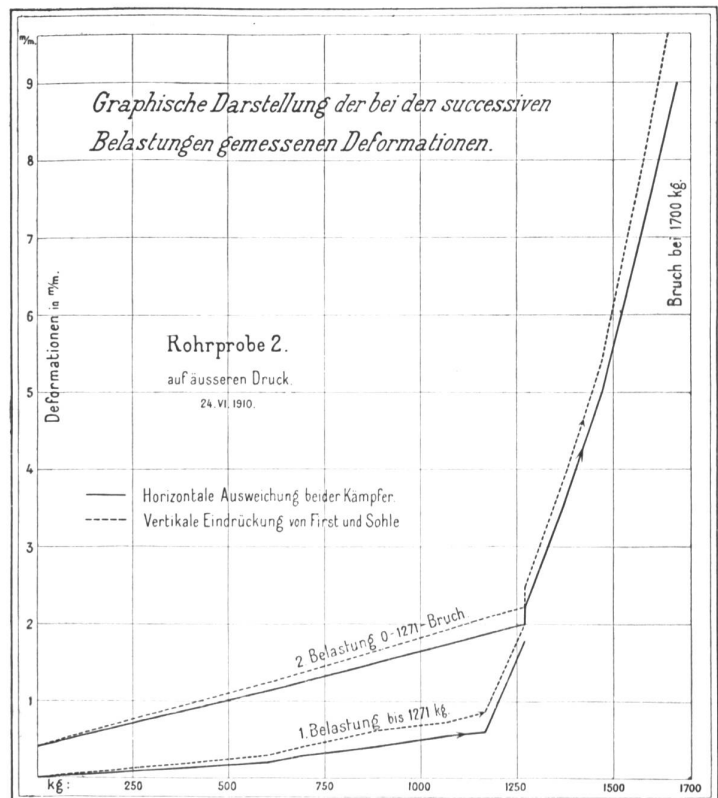


Abbildung 13.

noch stets niedriger stellen als für eiserne Rohrleitungen.

a. Prof. K. E. HILGARD.



Wald- und Wasserwirtschaft.

(Nachdruck verboten.)

Alle Gewässer werden durch die atmosphärischen Niederschläge gespeist, die infolge Verdichtung des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes auf die Erde gelangen und hier, soweit sie nicht verdunsten, zum Teil durch die Pflanzen aufgesaugt werden, zum Teil unmittelbar auf der Erdoberfläche abfliessen oder zunächst in die Hohlräume des Erdbodens eindringen. Ein Teil der in den Erdboden eingedrungenen Niederschläge wird jedoch längere Zeit als Grundwasser festgehalten, welches zum Teil zur Ernährung und Bildung der Pflanzenkörper verbraucht wird; es gelangt aber schliesslich doch, wenn es nicht in beckenartigen Vertiefungen undurchlässiger Bodenschichten zurückgehalten wird, in mehr oder minder langsamer Abwärtsbewegung unterirdisch ebenfalls in die Wasserläufe. Der Pflanzenwuchs als Bodenbedeckung spielt daher in der Wasserwirtschaft eine grosse Rolle. Die Wirkung des Pflanzenwachstums, die bei dem Massenwachstum der grössten Pflanzen, das ist des Waldes, wohl am bedeutendsten sein muss, macht sich nach verschiedenen, teilweise entgegengesetzten Richtungen geltend, auch verschieden nach der Jahreszeit.

Ein beträchtlicher Teil der Niederschläge wird von den Baumkronen des Waldes aufgefangen und kehrt von hier durch Verdunstung in die Luft zurück. Die Verdunstung des auf den Boden gelangten Wassers wird dagegen durch die Beschattung und den geringeren Luftwechsel gemindert. Erhebliche Mengen Wasser gebrauchen die Waldbäume zur Ernährung und atmen es zum Teil wieder als Wasserdampf aus; anderseits begünstigen die Baumwurzeln das Eindringen des Wassers in den Boden. Durch die Bodenvegetation und durch die Streudecke des Waldes wird der Abfluss des Wassers verlangsamt und die Versickerung begünstigt, während Moose, die schwammartig das Wasser aufsaugen und festhalten, nie solches an den Boden abgeben.

Durch Untersuchungen ist bestätigt worden, dass die Zurückhaltung des Tagewassers durch den Wald bei ausserordentlichen Regenfällen bald eine Grenze findet. Anderseits hat auch die Erfahrung gelehrt, dass die Ersetzung des Gebirgswaldes durch Weide- oder Ackerland das schnelle Zusammenfliessen der Niederschläge in hohem Grade begünstigt und die Abschwemmung des Bodens an den stark geneigten Berghängen grösstenteils oder vollständig herbeiführt. Die günstige Einwirkung der Gebirgswaldungen auf Verzögerung der Schneeschmelze trägt wesentlich dazu bei, dass im allgemeinen die Gebirgsflüsse von übermässigen Schnee- und Eisschmelzwasserfluten

verschont bleiben. In welchem Masse der Wald den raschen Abfluss atmosphärischer Niederschläge zu verzögern und die gleichmässige Speisung der Quellen zu begünstigen vermag, ist zurzeit eine Streitfrage. Im Tieflande beschränkt sich die Wirkung des Waldes allgemein auf Herabminderung der Verdunstung und Zurückhaltung der Feuchtigkeit des Bodens in der warmen Jahreszeit. Obgleich der Zustand unserer Forsten, auch der im Privatbesitz befindlichen, in der Hauptsache als befriedigend zu bezeichnen ist, dürfte doch an manchen Stellen die weitere Aufforstung der oberen Hänge von Gebirgstälern, vielleicht unter gleichzeitiger Anordnung von Sickergräben, empfehlenswert sein.

Obwohl im Gebirge in höheren Lagen der die Oberdecke bildende Verwitterungsboden noch ziemlich fruchtbar ist, so gedeihen doch nur dürrtätig Kartoffeln und Getreide. Der Grund hierfür ist in dem rauhen Klima zu suchen. Bei starken Regengüssen wird die Krume der Ackerflächen und der mühselig eingebrachte Dünger von den steil abfallenden Flächen häufig abgespült, besonders wenn der Abfall der Berglehnen so steil ist, dass bei der undurchlässigen Beschaffenheit des Bodens die durch Ausrodung der Wälder entstandenen Äcker trotz sorgfältig angelegter Abzugsgräben nicht vor dem Ausspülen und Verschlammten geschützt werden können. Es tritt dann eine Verschotterung der Wasserläufe ein, die bei Hochwasser die fruchtbaren Täler mit Steingerölle überschüttet. Trotz dieser Mißstände glauben die Besitzer von steilen Berghängen den äusserst geringen Ertrag der Ackerflächen nicht missen zu können. Zur Aufforstung solcher Flächen sind sie nicht zu bewegen.

Die Nachteile, die durch Entwaldung steiler Hänge im Flachlande herbeigeführt werden, machen sich hauptsächlich bei solchen Wasserläufen bemerkbar, die in den oberen Strecken tief eingeschnittene Täler mit starkem Gefälle und in den untern Strecken geringeres Gefälle haben. Bei Hochwasser füllen sich die gefällarmen Strecken des Unterlaufes mit den von den kahlen Hängen der oberen Talstrecken nach dem Flussbett geschwemmten Bodenwasser. Die Kraft des fliessenden Wassers reicht hier nicht aus, die Geschiebe weiter zu bewegen und das Flussbett zu räumen. Den Uferanliegern können hierdurch Nachteile und Lasten erwachsen, die man durch Wiederherstellung des Waldschutzes der steilen Hänge vermeiden kann.

Von grosser Bedeutung in der Wald- und Wasserfrage ist der Umstand, dass die Wasserrückhaltung des Waldes in dessen Schlafzeit, das ist im Winter, wenig oder gar nicht zur Wirkung kommt, am meisten dagegen im Sommer, also in der Zeit, in welcher in den nicht von den Firnen des Hochgebirges gespeisten Gewässern in der Regel Wassermangel herrscht, der von der Landwirtschaft, der Industrie