# Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizer. Wasserwirtschaftsverbandes

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt**

Band (Jahr): **16 (1924)**

Heft 2

PDF erstellt am: **04.06.2024**

**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**

# Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizer. Wasserwirtschaftsverbandes

**No. 10** **25. Februar 1924** ***


## Untersuchungen über die Wasserdurchlässigkeit von Beton, ausgeführt in der Versuchsanstalt Letten-Zürich.

Von W. Hugentobler, Ingenieur der Abdichtungskommission.

### A. Allgemeines.

Die Abdichtungskommission des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes stellte im Sommer 1921 im Hofe der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich einen Apparat zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit von Beton und anderen Baumaterialien, Verputzen, Anstrichen u. a. m. auf, der einen Wasserdruck bis auf 15 Atmosphären gestattet. Im Herbst des gleichen Jahres wurde dieser Apparat in das städtische Wasserwerk in Letten verlegt. (Siehe Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes Nr. 3 vom 25. März 1922). Grössere Aufträge zur Ausführung von Durchlässigkeitsversuchen an Beton, speziell von Seiten der Bauleitungen der Kraftwerke Wäggital und Barberine nötigten zur Anschaffung von zwei weiteren, gleichen Apparaten. Sie sind direkt an die Hochdruckwasserleitung des städt. Wasserwerkes angeschlossen und mit selbstregistrierenden Manometern, sowie automatischen Druckregulierventilen versehen. In der Versuchsanstalt konnten im Laufe der vergangenen zwei Jahre eine grosse Anzahl von Durchlässigkeitsversuchen, sowohl an gewöhnlichem Beton, an Beton mit Dichtungsbeimengungen, sowie an Verputzen, Anstrichen, und anderen Materialien, zum grössten Teil im Auftrage von Interessenten ausgeführt werden.

Die im Folgenden mitgeteilten Versuchsergebnisse sind Beispiele, die klar erkennen lassen, dass die Durchlässigkeit des Betons nicht nur von dem Zementgehalt und der Beigabe von Dichtungsmitteln, sondern speziell auch von der Herkunft, Beschaffenheit und Zusammensetzung des Kies und Sandmaterials, von der Grösse des Wasserzusatzes, vom Alter des zur Prüfung gelangenden Betons, wie auch von der Art der Lagerung der Versuchskörper, von der Herstellung bis zur Einspannung in den Versuchsapparat, abhängt.

### B. Grösse und Herstellung der Versuchskörper.

Damit die aus den Versuchen ermittelten Zahlen mit genügender Sicherheit für die Anwendung im Bauwerk selbst brauchbar werden, wurden die Abmessungen der Apparate so gewählt, dass Versuchskörper mit kreiszylindrischer Form von 78 cm Durchmesser und beliebiger Dicke geprüft werden können. Für die ersten Versuche kamen Plattendicken von 22 cm zur Anwendung, die den Abmessungen des Betons im Bauwerk (Eisenbetondruckrohr von 22 cm Wandstärke) selbst entsprachen. Die meisten folgenden Versuche sollten Aufschluss geben über die Durchlässigkeit von Beton bei Staumauern grösster Abmessungen. Um richtige Vergleichsresultate zu erhalten entschloss man sich zur Beibehaltung der Plattenstärke der ersten Platten von 22 cm, weil nachgewiesen wurde, dass solche Körper im allgemeinen ohne Gefahr der Rissbildung mit 5, 7, 9 und sogar 15 At. Wasserdruck abgepresst werden können.

Die Auftraggeber lieferten das zur Herstellung der Versuchskörper notwendige Kies- und Sandmatrial meist getrennt, als Kies und Sand (oft noch weiter geteilt in verschiedene Komponenten nach verschiedenen Korngrössen), unter genauer Angabe der gewünschten Mischungsverhältnisse. Die Zementbeimischung geschah gewöhnlich in einem gewissen Verhältnis zum Sandgewicht (Mörtelverhältnis), oder zum Volumen des Kieses, oder es wurde ein gewisser Zementgehalt des fertigen Betons vorgeschrieben. Die Dichtungsbeimengungen kamen als Zementersatz oder als Zuschläge zum Zement zur Verwendung, während das zur Anmachung des Betons nötige Wasserquantum in einem prozentualen Verhältnis zum Gewicht aller Trockensubstanzen (Kies, Sand, Zement und Dichtungsbeimengungen) stand. Da für die Mischung von Kies und Sand meist das Porenvolumen des Kieses massgebend war, musste dieses an Ort und Stelle bestimmt werden, sofern der Auftraggeber darüber nicht genaue Angaben machen konnte.

Der Beton wurde im Freien auf einer mit Eisenblech überzogenen Holzpritsche angemacht und hierauf in die im Innern des Wasserwerkes befindlichen eisernen Formen eingeschüttet und sorgfältigst eingestampft bezw. gegossen. Die Ausschalung der Körper erfolgte nach 48 bis 72 Stunden, worauf man sie entweder während 6 bis 8 Tagen mit von Zeit zu Zeit neu befeuchteten Zementsäcken bedeckte und dann bis zur Einspannung in den Apparat trocken stehen liess, oder in

feuchten Sand eingrub, wenn eine spezielle Feuchtlagerung verlangt wurde. Die Lufttemperatur im Innern des Wasserwerkes, das zugleich als Elektrizitätswerke dient, beträgt im Sommer 15—24° und im Winter 7—14° C.

Da der Beton nach dem Einfüllen in die Form oben mit einem Holzlineal abgestrichen wird, ist die Oberfläche des Betonkörpers etwas rauh, während die Mantel- und Bodenflächen entsprechend der Herstellung in einer eisernen Form mit einer glatten, dünnen Zementhaut bedeckt sind. Wenn nun der Probekörper einen Ausschnitt aus einem grössern Mauerkomplex darstellen soll, was bis jetzt meistens der Fall war (Staumauer des Wäggitales und der Barberine), so würde die dünne Zementhaut des Bodens dem durch den Körper von oben eindringenden Wasser beim Austritt am Boden einen gewissen Widerstand entgegensetzen, der die Durchsickerung zu günstig beeinflussen könnte. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, wurden diese Körper am Boden leicht berauht, indem man die Zementhaut, mit Ausnahme der Ringflächen, unter welche die Flachgummiringe zu liegen kommen, mit einem Spitzhammer entfernte. Für die Mantelfläche ist diese Berauhung nicht notwendig, da in der Regel die am Mantel austretenden Wassermengen für die Beurteilung der Durchlässigkeit eines Körpers nicht ausschlaggebend sind. Massgebend ist im allgemeinen die durch dessen Mittelpartien durchsickernde Wassermenge, in den Diagrammen und Tabellen mit J bezeichnet, die in dem im Kopfe des Fussständers angeordneten Sammelbecken gesammelt und durch ein Auslaufröhrchen in das Messgefäss J zur genauen Messung geleitet wird. (Siehe Abb. 1.) Diese Wassermenge J tritt theoretisch auf einer Sickerfläche an der Unterseite des Probekörpers von 1520 cm² Inhalt aus. Die Wassermenge wird in cm³ pro Tag aufnotiert und es entspricht demnach ein J von 150 cm³ pro Tag einer Sickermenge von 1 Liter pro m² der Unterseite des Betonkörpers pro Tag. Die Einspannung der Probekörper in die Apparate ist in den „Mitteilungen" Nr. 3 vom 25. März 1922 genau beschrieben worden, wo auch das Ausmass der Sikkerfläche angegeben ist.

Es hat sich als notwendig erwiesen, den Wasserdruck innerhalb jeder Belastungsstufe möglichst lange wirken zu lassen. Soweit der Auftraggeber keine andern Anweisungen erteilte, wirkte der Druck innerhalb jeder Stufe während rund 24 Stunden, bis der maximale Prüfungsdruck erreicht war, unter dem der Körper so viele Tage belassen wurde, bis sich ein genaues Bild über die Selbstdichtung im Innern des Betons ergab.

### C. Versuchsergebnisse.

Entsprechend der bei der Abpressung der Körper angewandten langsamen Steigerung des Wasserdruckes von 0 bis zum konstant gehaltenen Maximum von 5 bis 15 At. nahm die Durchsickerung anfangs beständig zu. Das Maximum der Durchsickerung trat meist kurz vor, während

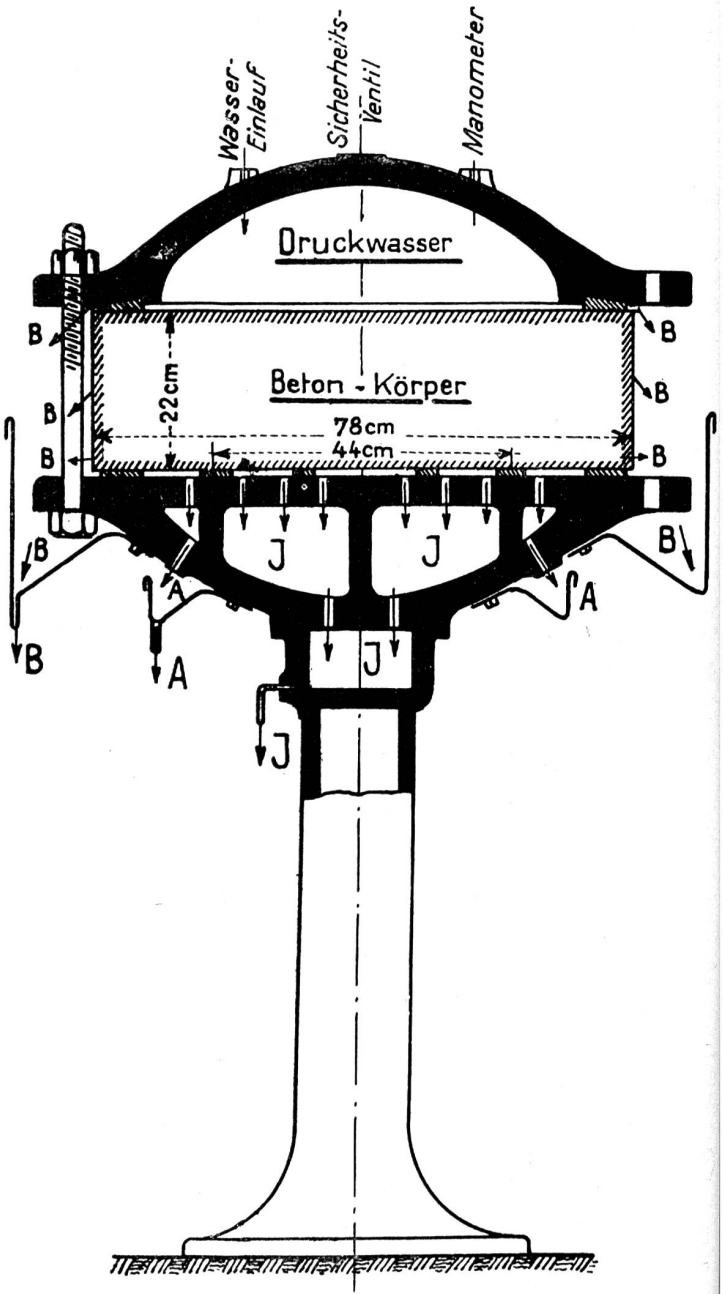


Abb. 1. **Hochdruckapparat zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit von Betonkörpern.**

oder kurz nach Erreichen des maximalen Wasserdruckes auf. Bei allen Körpern zeigte sich während der Konstanthaltung des maximalen Wasserdruckes eine Selbstdichtung im Innern des Betons, d. h. die Sickermengen nahmen nach der Erreichung des Maximums mehr oder weniger schnell ab, und die aufgetragenen Kurven der Sickermengen in cm³ pro Tag zeigten bei län-

gerer Dauer der Versuche einen asymptotischen Verlauf. So war z. B. die Abnahme der Sickermengen (siehe Tabelle 1) bei J gemessen von:

Tabelle 1.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 780,000 | auf | 270,000 | cm³ | nach | 30 | Tag., | also auf | 1/3 | bei Körper | B 5 |
| 24,000 | „ | 4,000 | „ | „ | 30 | „ | „ „ | 1/6 | „ „ | A 12 |
| 21,000 | „ | 3,000 | „ | „ | 30 | „ | „ „ | 1/7 | „ „ | A 20 |
| 725 | „ | 95 | „ | „ | 20 | „ | „ „ | 1/8 | „ „ | A 21 |
| 19,000 | „ | 1,900 | „ | „ | 20 | „ | „ „ | 1/10 | „ „ | A 17 |
| 1,600 | „ | 80 | „ | „ | 20 | „ | „ „ | 1/20 | „ „ | B 2 |
| 605 | „ | 1 | „ | „ | 80 | „ | „ „ | 1/600 | „ „ | C 9 |

Aus diesen Angaben ist ersichtlich, wie verschieden die Selbstdichtung bei den einzelnen untersuchten Körpern in Erscheinung trat. Zur Ermittlung der Ursachen der Selbstdichtung von Betonblöcken bei den Durchlässigkeitsproben nahm Herr Prof. Bruno Zschokke im Laboratorium eingehende Untersuchungen vor, deren Resultate in den beiden Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes Nr. 7 vom 25. November 1922 und Nr. 9 vom 25. Mai 1923 veröffentlicht wurden. Da neben vielen andern Erscheinungen speziell auch die Zusammensetzung des für die Proben verwendeten Wassers, besonders der Gehalt an Bicarbonaten (CaO), bei der Selbstdichtung eine grosse Rolle spielt, wird das Zuleitungswasser in unserer Versuchsanstalt Letten von Zeit zu Zeit auf seinen Kalkgehalt in Form von CaO untersucht. Das verwendete Zuleitungswasser ist ein Gemisch von hartem Sihltalquell — und weichem Zürichseewasser. Die chemische Zusammensetzung der beiden einzelnen Wasser ist folgende:

| | Sihltalquellwasser | Zürichseewasser |
|---|---|---|
| Alkalinität | 25,7 mg/Liter | 12,0 mg/Liter |
| Magnesia als MgO | 25,5 mg/Liter | 9,8 mg/Liter |
| Kalk als CaO | 113,5 mg/Liter | 56,5 mg/Liter |
| Eisen und Tonerde | 2,0 mg/Liter | 0,5 mg/Liter |

Nach unsern bisherigen Untersuchungen variert der CaO Gehalt des Zuleitungswassers von Letten zwischen 80 und 90 mg/l. Bei der Beurteilung der Durchlässigkeit und speziell der Selbstdichtung unserer Betonkörper ist die chemische Zusammensetzung des verwendeten Wassers unbedingt zu berücksichtigen. Mit dem gleichen Kies- und Sandmaterial, dem gleichen Zement und bei gleichem Mischungsverhältnis würden an Orten mit sehr weichem Wasser oder an Orten mit sehr hartem Wasser voraussichtlich andere Resultate erzielt.

Wir haben in der Tabelle Nr. 2 für die einzelnen untersuchten Probekörper Angaben gemacht über die Herkunft des Kies- und Sandmaterials, seine Herstellung, die Korngrösse, das Porenvolumen, die Mischungsverhältnisse, den verwendeten Zement, die Dichtungszuschläge, das Mörtelverhältnis, den Wassergehalt, den Gehalt des fertigen Betons an Kies, Sand, Zement und Dichtungsmittel, die Art der Lagerung des Körpers, das Alter des Körpers bei der Einspanung in den Apparat, den angewandten Wasserdruck, die maximale Durchlässigkeit und die Durchlässigkeit nach je 10 Tagen und die Gewichtszunahme der Körper infolge der Aufnahme von Wasser beim Abpressungsversuch.

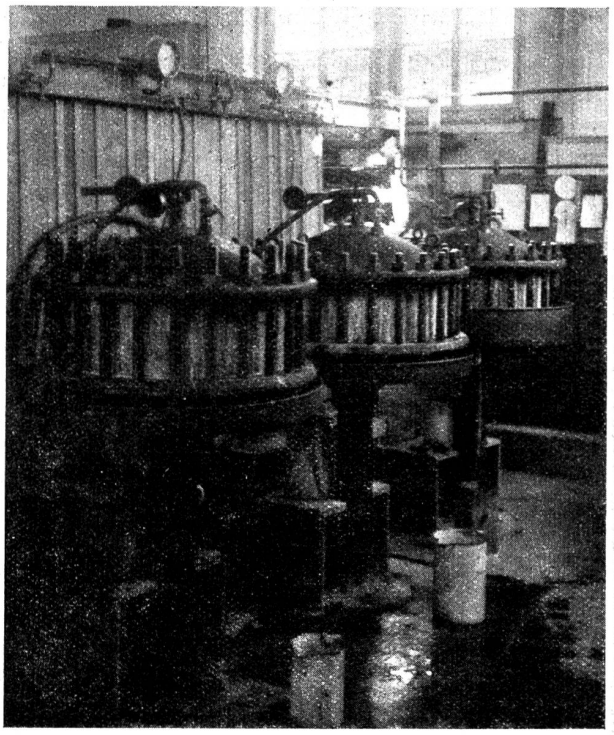

Abb. 2 **Ansicht der drei Apparate in der Anstalt Letten.**

Aus dieser Tabelle und aus den verschiedenen graphischen Aufzeichnungen der Sickermengen in cm³, pro Tag bei einem gewissen Wasserdruck, kann die Beobachtung gemacht werden, dass die Durchlässigkeit und die eintretende Selbstdichtung im Beton von sehr verschiedenen Faktoren abhängen. Im Folgenden wird diese Beeinflussung der Durchlässigkeit durch den Zementgehalt, durch den Kies- und Sandgehalt, durch den Wassergehalt, durch das Alter und die Lagerung der Körper und durch die Verwendung von Abdichtungsbeimischungen etwas eingehender betrachtet.

a) Abhängigkeit der Durchlässigkeit vom Zementgehalt des Betons.

Die, ihrer Zusamensetzung nach in Tabelle 2 aufgeführten Versuchskörper A 1, A 2, A 5 (Abbildung 3); ferner A 6, A 7, (Abb. 4) und A 11, A 12 (Abb. 5) sind aus gleichem Kies- und Sandmaterial in Bezug auf Herkunft, Korngrösse, Porenvolumen und Zusammensetzung und mit gleichem Mörtelverhältnis 1 : 3½ hergestellt worden, aber der Zementgehalt des fertigen Betons ist

bei diesen Körpern sehr verschieden, entsprechend der Beimischung von Dichtungssubstanzen als Zementersatz oder als Zuschlag zum Zement.

Wenn wir die J-Kurven der Durchsickerungen dieser Körper miteinander vergleichen, so ist in erster Linie bemerkenswert, wie die Durchlässigkeit mit dem Zementgehalt variert; während wir bei dem Körper A 6 mit nur 165 kg Zement pro m³ fertigem Beton eine ausserordentlich grosse Durchlässigkeit beobachten, zeigt der Körper A 5 mit 229 kg Zement eine 10 mal grössere Dichtigkeit als A 6.

Ganz besonders aufschlussreiche Beispiele für den Einfluss des Zementgehaltes auf die Durchlässigkeit eines Betons sind die beiden Probekörper C 8 und C 9, (Abb. 6), aus Kies und Sand von Buochs (im Verhältnis von 5 Volum Teile Sand zu 7 Volum Teile Kies) hergestellt, die einen Zementgehalt von 321, resp. 398 kg pro m³ fertigen Beton besitzen. Während der Körper C 8 mit 321 kg Zement eine maximale Durchlässigkeit von 3020 cm³ pro Tag und ein asymptotisches Zurückgehen derselben auf rund 300 cm³ nach 40 Tagen aufweist, zeigt der Körper C 9 mit 398 kg Zement eine maximale Durchlässigkeit von nur 600 cm³ und eine zunehmende Selbstdichtung, die einer Abnahme der Sickermenge bis auf 1,5 cm³ pro Tag nach rund 60 Tagen entspricht.

Je grösser also der Zementgehalt ist, umso dichter ist der betreffende Beton. Die Beimischung von Dichtungsmaterialien aller Art, wie Steinmehl, Kalko, hydraulischer Kalk, haben auf die Abhängigkeit der Dichtigkeit vom Zementgehalt keinen wesentlichen Einfluss ausgeübt.

### b) Abhängigkeit der Durchlässigkeit des Betons von der Beimischung von Dichtungssubstanzen.

Bei verschiedenen zur Untersuchung gelangten Körpern wurden dem Beton sogen. Dichtungsmittel beigemischt. Es sind dies Steinmehl, Kalko, Kalkhydrat von Netstal und hydraulischer Kalk. Eine Beurteilung des Einflusses dieser Substanzen auf die Durchlässigkeit des Betons ist aus den wenigen Beispielen nicht wohl möglich. Um ihn einwandfrei feststellen zu können, müssen mit den Dichtungsmaterialien mehrere Versuche mit gleichem Zementgehalt, aber variabler Dosierung hinsichtlich Dichtungsmaterialien ausgeführt werden. (Für ein solches Dichtungsmittel, Kalkhydrat von Netstal, sind be-

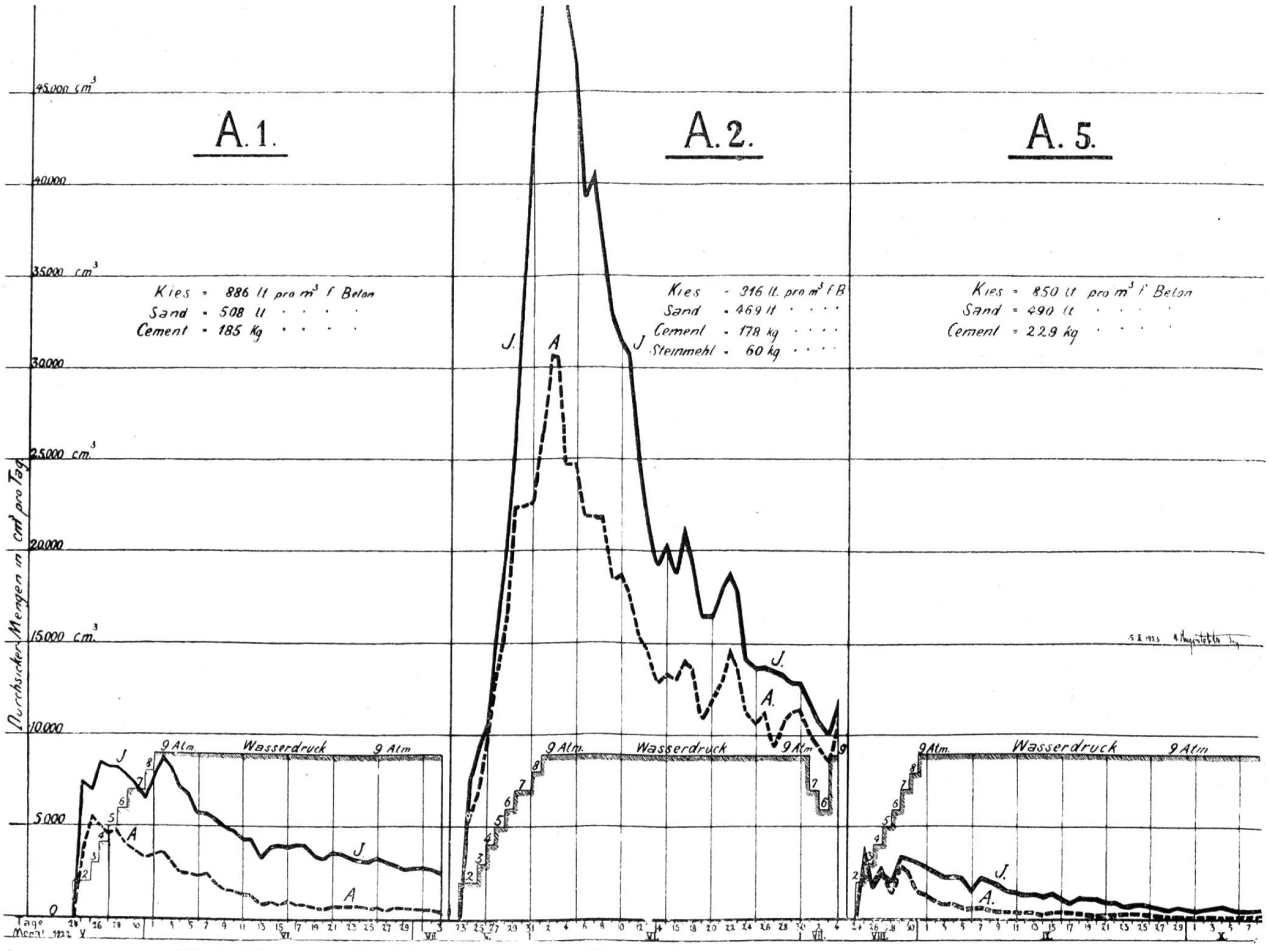


Abb. 3. **Diagramme der Sickermengen für die Körper A 1, A 2 und A 5, mit verschiedenem Zementgehalt.**

# Resultate der Herstellung und Abpressung von Versuchskörpern in der Versuchsanstalt Letten-Zürich

Tabelle No. 2

| No. | Herstellung der Körper | | | | | | | | | | Gehalt des fertigen Betons an | | | | Lagerung des Körpers [3] | Alter des Körpers bei der Einpressung Tage | Druckhöhe des Wasserdruck Atm. | Wasserdurchlässigkeit gemessen bei J | | | | Gewichtszunahme des Körpers infolge Wasseraufnahme kg | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Herkunft von Kies und Sand | Herstellung des Kieses | Korngrösse des Kieses | Porenvolumen des Kieses in % | Herstellung des Sandes | Korngrösse des Sandes | Menge des Sandes im Verhältnis zum Kiesvolumen | Herkunft des Zementes | Dichtungszusatz zum Zement | Mörtel-Verhältnis [1] | Wasser-Zusatz [2] | Kies lt/m³ | Sand lt/m³ | Zement kg/m³ | Dichtungsmittel kg/m³ | | | | im Maximum cm³/Tag | nach 10 Tagen cm³/Tag | nach 20 Tagen cm³/Tag | nach 30 Tagen cm³/Tag | | |
| $A_1$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | — | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 886 | 508 | 185 | — | trocken | 76 | 9 | 8,900 | 4,250 | 3,700 | 2,845 | | |
| $A_2$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Steinmehl 30 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 816 | 469 | 178 | 60 | trocken | 69 | 9 | 62,850 | 24,930 | 19,000 | 10,900 | | * als Zuschlag |
| $A_3$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/2 Natursand 1/2 Brechsand 1/2 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Steinmehl 50 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 818 | 470 | 182 | 91 | trocken | 107 | 9 | 60,050 | 28,100 | 19,300 | 14,900 | 12,03 | * als Zuschlag |
| $A_5$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Zement 30 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 850 | 490 | 229 | — | trocken | 43 | 9 | 3,500 | 1,660 | 1,090 | 500 | 5,55 | * als Zuschlag |
| $A_6$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 2/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Kalko 10 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 864 | 496 | 165 | 18 | trocken | 31 | 9 | 31,400 | 15,700 | 11,600 | 8,300 | 7,07 | * als Zementersatz |
| $A_7$ | Seewerkalk, Wäggital | Brechkies | 10—60 mm | 40,7 | 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Kalko 10 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 884 | 541 | 213 | 21 | trocken | 30 | 9 | 16,390 | 6,150 | 3,770 | 2,800 | 5,37 | * als Zuschlag |
| $A_8$ | Seewerkalk, Wäggital | Brechkies | 10—60 mm | 40,7 | 1/2 Brechsand 1/2 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | — | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 890 | 544 | 215 | — | trocken | 28 | 9 | 12,480 | 4,750 | 3,050 | | 5,15 | |
| $A_9$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Hydr. Kalk 10 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 857 | 492 | 197 | 20 | trocken | 38 | 9 | 2,870 | 1,010 | 660 | 565 | 6,12 | * als Zuschlag |
| $A_{10}$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Hydr. Kalk 30 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 825 | 474 | 195 | 58 | trocken | 31 | 9 | 4,820 | 3,150 | 1,850 | 1,280 | 5,80 | * als Zuschlag |
| $A_{11}$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Kalko 30 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 825 | 473 | 187 | 56 | trocken | 54 | 9 | 27,900 | 12,420 | 8,100 | 6,550 | 7,68 | * als Zuschlag |
| $A_{12}$ | Schlierenbach, Wäggital | 1/2 Naturkies 1/2 Brechkies | 10—60 mm | 38,2 | 1/3 Natursand 1/3 Brechsand 1/3 Walzsand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | Kalko 30 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 828 | 470 | 196 | 59 | trocken | 97 | 9 | 24,450 | 8,200 | 6,100 | 3,800 | 9,09 | * als Zuschlag |
| $A_{17}$ | Aa- und Schrähbach, Wäggital | Brechkies | 10—60 mm | | Brech- und Walzsand | 0- 2 mm 30 % 2-10 mm 70 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | — | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | | | 188 | — | trocken | 32 | 9 | 19,100 | 6,600 | 2,600 | 1,600 | 6,00 | |
| $A_{18}$ | Aa- und Schrähbach, Wäggital | Brechkies | 10—60 mm | | Brech- und Walzsand | 0- 2 mm 30 % 2-10 mm 70 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | — | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | | | 190 | — | trocken | 49 | 9 | 2,860 | 1,890 | 950 | 625 | 6,70 | |
| $A_{20}$ | Grube Flühhof, Wäggital | Naturkies | 10—100 mm | | Natursand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Unterterzen | — | 1 : 3,26 | 7,8 % | 916 | 368 | 206 | — | trocken | 51 | 9 | 21,750 | 7,700 | 3,600 | 2,600 | 4,67 | |
| $A_{21}$ | Grube Rinderweidli, Wäggital | Naturkies | 10—50 mm | 32,7 | Natursand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Aarau-Wildegg | — | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 885 | 433 | 219 | — | feucht | 79 | 9 | 725 | 270 | 95 | 79 | 1,10 | |
| $A_{22}$ | Grube Rinderweidli, Wäggital | Naturkies | 10—50 mm | 32,7 | Natursand | 0- 2 mm 50 % 2-10 mm 50 % | P. V. + 50 % | Aarau-Wildegg | — | 1 : 3 | 7,8 % | 864 | 423 | 250 | — | feucht | 79 | 9 | 500 | 280 | 112 | 86 | 1,82 | |
| $Z_1$ | Aa- und Schrähbach, Wäggital | Natur- und Brechkies | 10—105 mm | | 1/3 Natursand 2/3 Brech-und Walzsand | 0-12 mm | P. V. + 50 % | Aarau-Wildegg | Kalkhydrat 15 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 895 | 444 | 197 | 30 | trocken | 52 | 9 | 22,000 | 17,700 | 11,800 | | 7,71 | * als Zuschlag |
| $Z_2$ | Aa- und Schrähbach, Wäggital | Natur- und Brechkies | 10—105 mm | | 1/3 Natursand 2/3 Brech-und Walzsand | 0-12 mm | P. V. + 50 % | Aarau-Wildegg | Kalkhydrat 15 % * | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 920 | 455 | 171 | 30 | trocken | 86 | 9 | 35,400 | 24,800§ | | | 5,45 | * als Zementersatz § nach 7 Tagen |
| $Z_3$ | Aa- und Schrähbach, Wäggital | Natur- und Brechkies | 10—105 mm | | 1/3 Natursand 2/3 Brech-und Walzsand | 0-12 mm | P. V. + 50 % | Aarau-Wildegg | — | 1 : 3 1/2 | 7,8 % | 905 | 447 | 199 | — | trocken | 80 | 9 | 28,800 | 21,400§ | | | 5,42 | § nach 7 Tagen |
| $B_1$ | Staumauer Barberine, Wallis | Flusskies | 10—80 mm | 39,0 | Flußsand | 0-10 mm | P.V. + 100 lt/m³ Kies | Vouvry, Wallis | — | 300 kg Zement pro 1 m³ Kies | 6 % | 850 | 418 | 256 | — | trocken | 32 | 7 | 275 | 65 | 51 | | 5,00 | (nicht berauht) |
| $B_3$ | Staumauer Barberine, Wallis | Flusskies | 10—80 mm | 39,0 | Flußsand | 0-10 mm | P.V. + 100 lt/m³ Kies | Vouvry, Wallis | — | 300 kg Zement pro 1 m³ Kies | 6 % | 827 | 405 | 248 | — | trocken | 28 | 7 | 1,610 | 500 | 105 | 80 | 6,27 | (berauht) |
| $B_5$ | Staumauer Barberine, Wallis | Flusskies | 10—80 mm | 37,0 | Flußsand | 0-10 mm | P.V. + 100 lt/m³ Kies | Vouvry, Wallis | — | 300 kg Zement pro 1 m³ Kies | 10 % | 878 | 398 | 263 | — | trocken | 38 | 7 | 32,300† | 20,500† | 15,250† | 11,500† | | † cm³ pro Stunde |
| $B_7$ | Staumauer Barberine, Wallis | Flusskies | 10—80 mm | 38,0 | Flußsand | 0-10 mm | P.V. + 100 lt/m³ Kies | Vouvry, Wallis | — | 300 kg Zement pro 1 m³ Kies | 8 % | 834 | 400 | 250 | — | trocken | 57 | 7 | 55,800 | 50,000 | 33,000 | 26,500 | 6,80 | |
| $C_8$ | Seekies und Sand von Buochs | Naturkies | 12—50 mm | | Natursand | 0-12 mm | 5/7 vom Kiesvolumen | Holderbank | — | 1 : 2,8 | 11,5 % | 690 | 495 | 321 | — | trocken | 145 | 5 | 3,020 | 700 | 420 | 380 | | (nicht berauht) |
| $C_{10}$ | Seekies und Sand von Buochs | Naturkies | 12—50 mm | | Natursand | 0-12 mm | 5/7 vom Kiesvolumen | Holderbank | — | 1 : 2,1 | 11,5 % | 644 | 458 | 398 | — | trocken | 34 | 5 | 605 | 160 | 70 | 35 | | (nicht berauht) |
| $W_5$ | Kies und Sand aus dem Zürichsee | Naturkies | 10—60 mm | 35,0 | Natursand | 0-12 mm | 5/7 vom Kiesvolumen | Aarau-Wildegg | — | 1 : 3 | 5 % | 773 | 512 | 258 | — | trocken | 63 | 9 | 635 | 255 | 150 | | 4,60 | |

[1] Mörtelverhältnis: Verhältnis des Zementgewichtes zum Sandgewicht.
[2] Wasserzusatz: in % des Gewichtes aller Trockensubstanzen.
[3] Lagerung des Körpers: trocken = Einige Tage nach dem Ausschalen mit feuchten Säcken bedeckt, dann trocken, gelagert im Laboratorium. feucht = Nach dem Ausschalen in feuchten Sand gelegt, bis zur Einspannung in den Apparat.

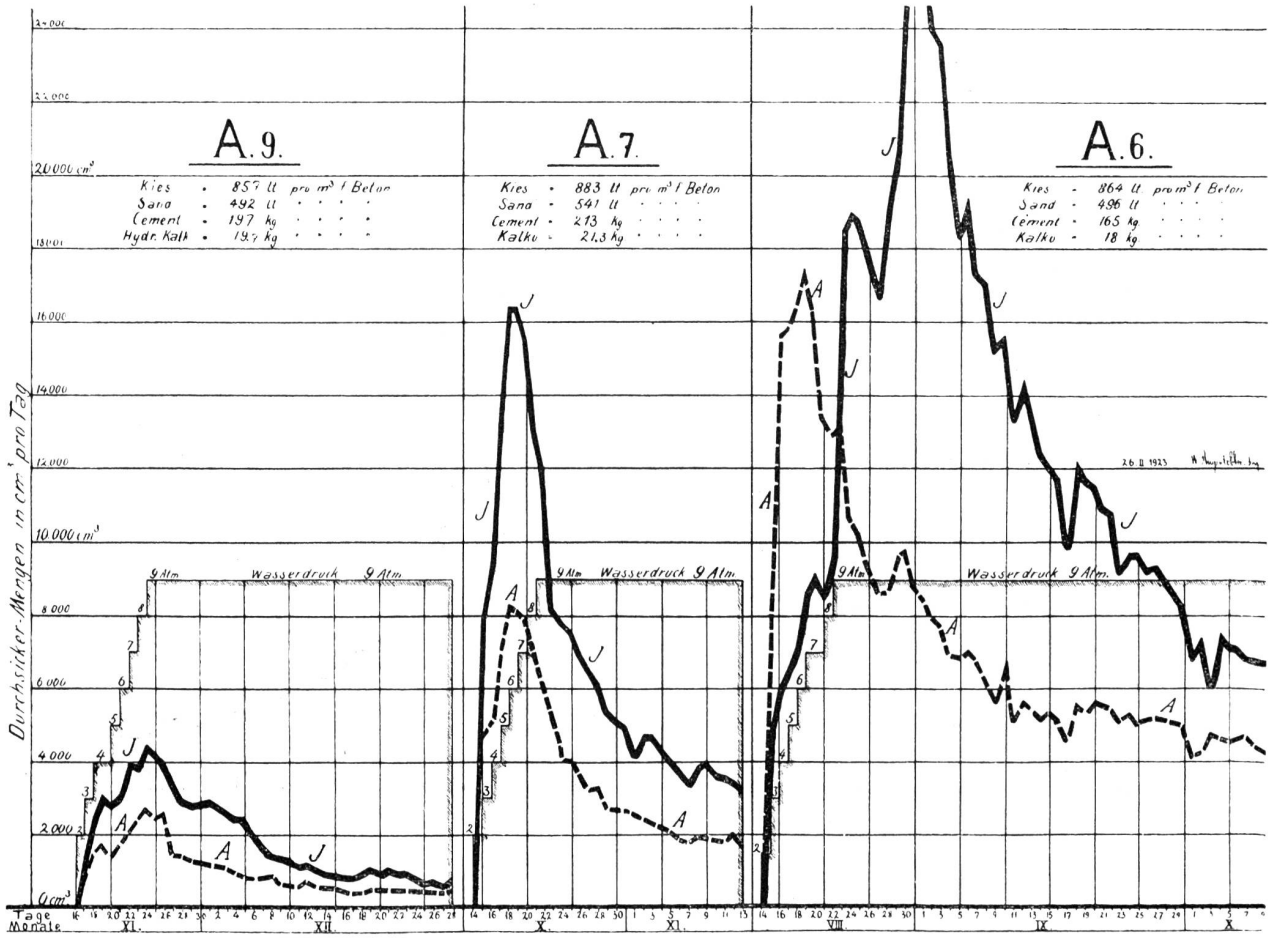


Abb. 4. **Diagramme der Sickermengen für die Körper A 9, A 7 und A 6 mit verschiedenen Dichtungsmaterialien und verschiedenem Zementgehalt.**

reits solche systematische Untersuchungen im Gange).

Von grossem Einfluss auf die Dichtigkeit des Betons ist ferner das Mengeverhältnis der Dichtungssubstanz zum Zement und der Umstand, ob die Dichtungssubstanz als Zementersatz oder als Zuschlag zum Zement verwendet werden soll. Es spielen diese Faktoren besonders bei der wirtschaftlichen Beurteilung eine ganz ausschlaggebende Rolle. Das Verhalten der Dichtungssubstanz kann ein zweifaches sein, entweder wird durch die Beimischung der Substanz zum Zement, sei es als Zuschlag oder Ersatz, die Dichtigkeit des Betons von Anfang an eine grössere, oder es zeigt sich der günstige Einfluss der Substanz erst im Verlauf der Zeit durch die schneller fortschreitende und intensivere Selbstdichtung im Beton. Diese Versuche sind also auf möglichst lange Zeit auszudehnen, wenn einwandfreien Aufschluss gebende Resultate erzielt werden sollen.

c) Abhängigkeit der Durchlässigkeit des Betons vom Wasserzusatz.

Die Versuchskörper B 2, B 5 und B 7 wurden bei annähernd gleichem Zementgehalt (248 bis 263 kg/m³ fertigen Beton) mit verschiedenem Wasserzusatz hergestellt, und zwar Körper B 2 mit 6 % des Gewichtes aller Trockensubstanzen, B 7 mit 8 % und B 5 mit 10 %. (Siehe Abb. 7.) Während der Beton B 7 erdfeuchte Konsistenz hatte, war der Beton B 5 vollständig giessfähig. Die vorgenommenen Abpressungsversuche haben also gezeigt, dass die Wasserdurchlässigkeit des Betons mit steigender Menge des Anmachwassers zugenommen hat.

Die Angabe der Anmachwassermenge in Prozenten des Gewichtes aller Trockensubstanzen für sich, gibt noch kein richtiges Bild der Feuchtigkeit des Betons. Je mehr feinere Bestandteile im Kies- und Sandmaterial vorhanden sind, um so mehr Wasser braucht es, um einen feuchten oder giessfähigen Beton zu erhalten, man kann deshalb einen mit 8 % oder 10 % Wasser angemachten Beton nicht einfach als Gussbeton taxieren; der Beton der Körper C 8 und C 9 z. B., welcher 11,5 % Wasser enthielt, war nur plastisch feucht, während der schon erwähnte Beton des Körpers B 5 mit 10 % Wasser vollständig giessfähig, d. h. flüssig war. Bei den Körpern C 8 und C 9 betrug das Verhältnis von Kies zu Sand 7 : 5, bei dem Körper B 5 dagegen rund 2 : 1. Diese Bemerkung

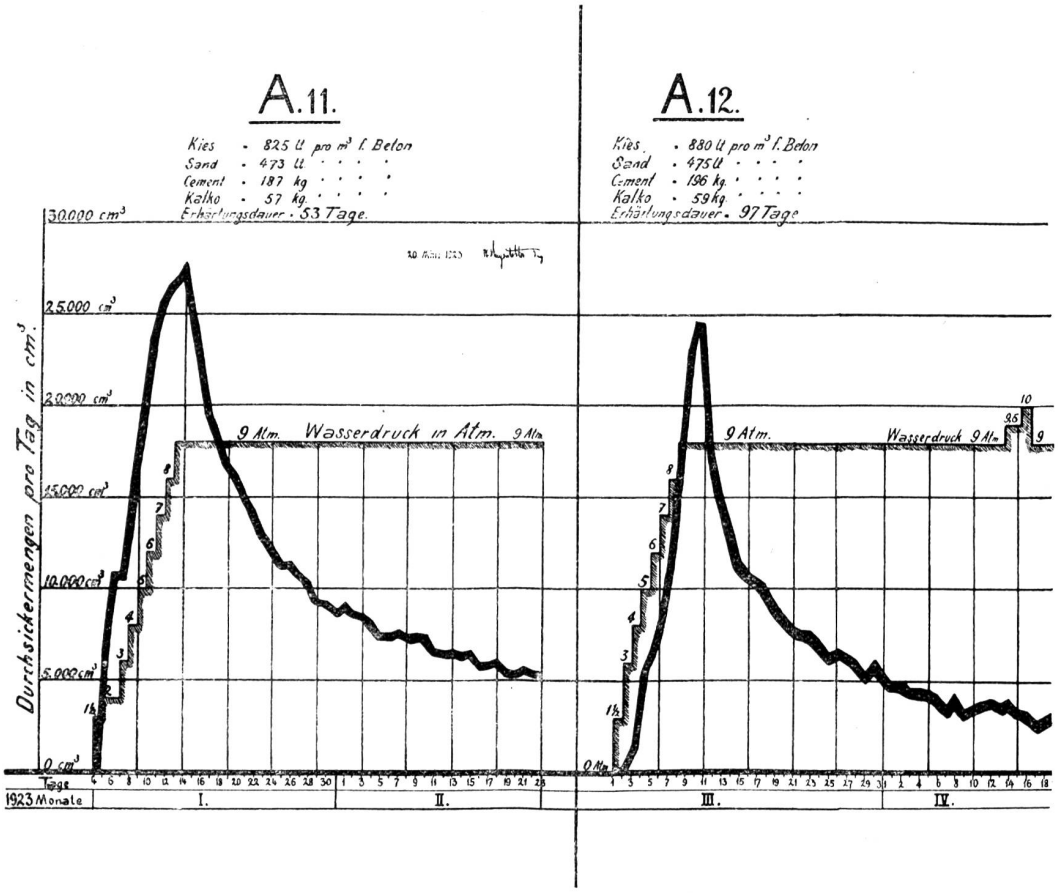


Abb. 5. **Diagramme der Sickermengen für die Körper A 11 und A 12, mit verschiedener Erhärtungsdauer.**

soll nur zeigen, dass die Angabe des Wassergehaltes ohne genaue Kenntnis des Kies- und Sandmateriales keinen Aufschluss über die zu erwartende Durchlässigkeit des Betons geben kann.

### d) Abhängigkeit der Wasserdurchlässigkeit vom Alter des Betons.

In der Tabelle Abb. 2 ist jeweilen angegeben worden, nach wie vielen Tagen, von der Herstellung an gerechnet, der Probekörper in den Apparat eingespannt wurde. Es wird laut Reglement der Versuchsanstalt Letten gewöhnlich eine minimale Erhärtungsdauer von 28 Tagen verlangt. Um nun den Einfluss der Lagerungszeit, d. h. des Alters des Betons auf die Durchlässigkeit zu ergründen, wurden die beiden Körper A 11 und A 12 aus gleichem Material und gleichem Zementgehalt hergestellt, worauf man den Körper A 11 nach 53 und den Körper A 12 nach 97 Tagen in den Versuchsapparat einspannte. Die Kurven der Abb. 5 zeigen, dass bei längerer Erhärtungsdauer eine etwas kleinere maximale Durchlässigkeit und besonders eine schnellere Selbstdichtung des Körpers aufgetreten sind Die Erhärtungsdauer war bei den erwähnten Beispielen also ohne grossen Einfluss auf die Dichtigkeit der Körper.

### e) Die Abhängigkeit der Wasserdurchlässigkeit von der Art der Lagerung des Betons.

Wie schon bei der Beschreibung der Herstellung der Probekörper erwähnt wurde, bedeckte man die aus der Form genommenen Betonkörper einige Tage mit angefeuchteten Säcken und liess sie hierauf im Innern des Wasserwerkes erhärten, bis sie zur Einspannung in die Apparate kamen. Es ist dies die eigentliche Trockenlagerung. Eine Ausnahme davon wurde bei den Versuchskörpern A 21 und A 22 gemacht, welche während 10 Tagen mit feuchten Säcken umhüllt und hierauf bis zur Einspannung in feuchtem Sande gelagert blieben. Diese Körper zeigten eine sehr geringe Durchlässigkeit, welches Symptom jedenfalls zu einem grossen Teil der Feuchtlagerung zugeschrieben werden muss. Systematische Vergleichsversuche, welche zwischen Körpern ganz gleicher Herstellung mit Feucht- und Trokkenlagerung in Durchführung begriffen sind, werden über diese Abhängigkeit der Durchlässigkeit des Betons von der Lagerung noch genaueren Aufschluss geben.

f) Abhängigkeit der Wasserdurchlässigkeit vom Kies- und Sandmaterial.

Neben dem Zementgehalt, der Menge des Anmachwassers, der Beimischung von Dichtungssubstanzen, dem Alter und der Lagerung des Betons spielt für die Erreichung einer grossen Dichtigkeit das Kies- und Sandmaterial eine ganz hervorragende Rolle. Die Herkunft, die Herstellung und die Korngrösse von Kies und Sand einerseits und das Porenvolumen des Kieses und die Sandzugabe, d. h. das Verhältnis von Kies zu Sand anderseits, sind von grösster Bedeutung für die Erreichung eines wasserdichten Betons. Je vollkommener es gelingt, die Poren im Kies durch Sand und Zement zu füllen, um so dichter wird selbstverständlich der Beton. Eine Voraussage über die Dichte eines Betons aus einem bestimmten Kies- und Sandmaterial ist jedoch sehr schwer, erst die Durchführung von Versuchen wird den gewünschten Aufschluss geben können.

* * *

Die bis jetzt durchgeführten Versuche haben im allgemeinen gezeigt, dass das Maximum der Durchlässigkeit oft schon vor der Erreichung des maximalen Wasserdruckes eingetreten ist (es kommt dies in den Kurven der Abb. 3, 4, 5, 6 und 7 deutlich zum Ausdruck), und dass die Selbstdichtung anfangs meist sehr schnelle und grosse Fortschritte macht, um nach längerer Dauer des Versuches abzunehmen, so dass die Kurven der Durchlässigkeit meist asymptotischen Verlauf nehmen.

Um die Zeitdauer der fortschreitenden Selbstdichtung im Beton zu veranschaulichen, sind in Abbildung 8 die Sickermengen beim Versuchskörper A 8 vom Beginn des Versuches bis zur Erreichung des maximalen Wasserdruckes von 9 Atmosphären in cm³ pro Stunde (statt pro Tag, wie in den übrigen Kurvenbildern) aufgetragen. Es ist aus der so erhaltenen Kurve der Wassermengen leicht ersichtlich, dass innerhalb weniger Stunden nach der jeweiligen Druckerhöhung die Wasserdurchlässigkeit stark abgenommen hat. Kurze Zeit nach Erhöhung des Druckes um jeweilen 1 At. stieg die Kurve, um dann innerhalb 24 Stunden oft bis auf die Hälfte herabzusinken und bei erneuter Drucksteigerung wieder emporzuschnellen. Es zeigt sich besonders deutlich auch in diesem Beispiel, dass das Maximum der Durchlässigkeit nicht bei Errei-

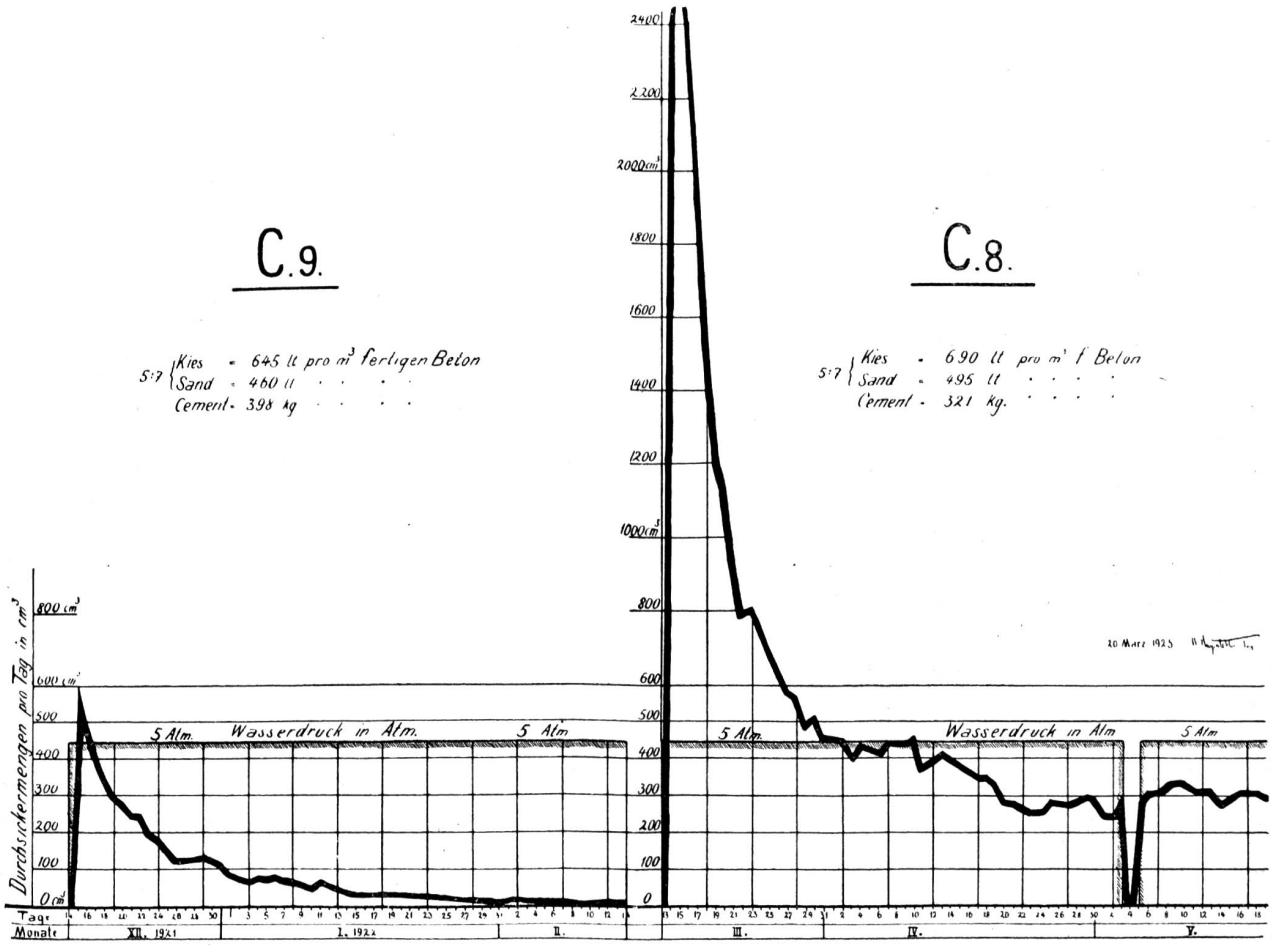


Abb. 6. **Diagramme der Sickermengen für die Körper C 9 und C 8, mit grossem Zementgehalt.**

chung des maximalen Druckes, sondern schon bei 5 At. Druck eingetreten ist. Diese Erscheinung weist deutlich darauf hin, welch grossen Einfluss das Selbstdichtungsvermögen im Innern eines Betons auf die Durchlässigkeit ausübt und dass es im allgemeinen von ausserordentlicher Wichtigkeit ist, die Versuche möglichst lange Zeit durchzuführen und die Beurteilung nicht auf die Resultate der ersten Tage der Unterdrucksetzung der Körper abzustellen.

### E. Einige Mitteilungen über die Prüfung von Verputzen und Anstrichen.

Ein grosses Wirkungsfeld ist der Versuchsanstalt Letten geboten durch die Untersuchung von Verputzen und Anstrichen auf ihre wasserabdichtende Wirkung. Für die ersten vorgenommenen Versuche dieser Art überzogen wir vorher geprüfte, wasserdurchlässige Probekörper von normaler Abmessung (Durchmesser 78 cm und Höhe 22 cm) mit den zu untersuchenden Verpuzzen oder Anstrichen und setzten die so oberflächlich abgedichteten Körper erneut unter Wasserdruck. Eine feinere Beurteilung der Wirkung solcher Verputze und Anstriche war auf diese Weise nicht leicht möglich, da das Wasser, das durch den Verputz oder Anstrich durchgedrungen war, noch durch den ganzen Körper durchsickern musste, bis es beobachtet und bei A und J gemessen werden konnte. Wir haben auch Beobachtungen gemacht, dass sich ein solcher Verputz vollständig durchnässte, ohne dass das Wasser unten am Körper heraustrat. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, versahen wir die folgenden Versuchskörper mit einem eigentlichen Drainiersystem direkt unter dem Verputz und bei Anstrichen wenige cm unter der Betonoberfläche nach der Mantelfläche des Körpers hin. Es wurden zu diesem Zwecke sieben Messingröhrchen von 3 mm Durchmesser von der Mantelfläche aus radial und horizontal in ausgehauene Rinnen der Körperoberfläche eingelegt, die Einläufe mit feinem Drahtnetz bedeckt und über diese Röhrchen der Verputz oder eine dünne Schicht Beton aufgegossen. Sechs Röhrchen erhielten die halbe Radiuslänge der Platte und das siebte reichte genau bis zum Zentrum der Körperoberfläche. Wenn auch auf diese Weise selbstverständlich nicht alles durch den Verputz oder den Anstrich durchgesickerte Wasser durch die Röhrchen nach der Mantelfläche abgeleitet, beobachtet und gemessen werden kann, so sind doch einwandfreie Resultate über die Dichtigkeit oder Durchlässigkeit von solchen Verputzen und Anstrichen erreichbar. Wir haben verschiedene Verputze aus reinem Zement und aus Zement mit

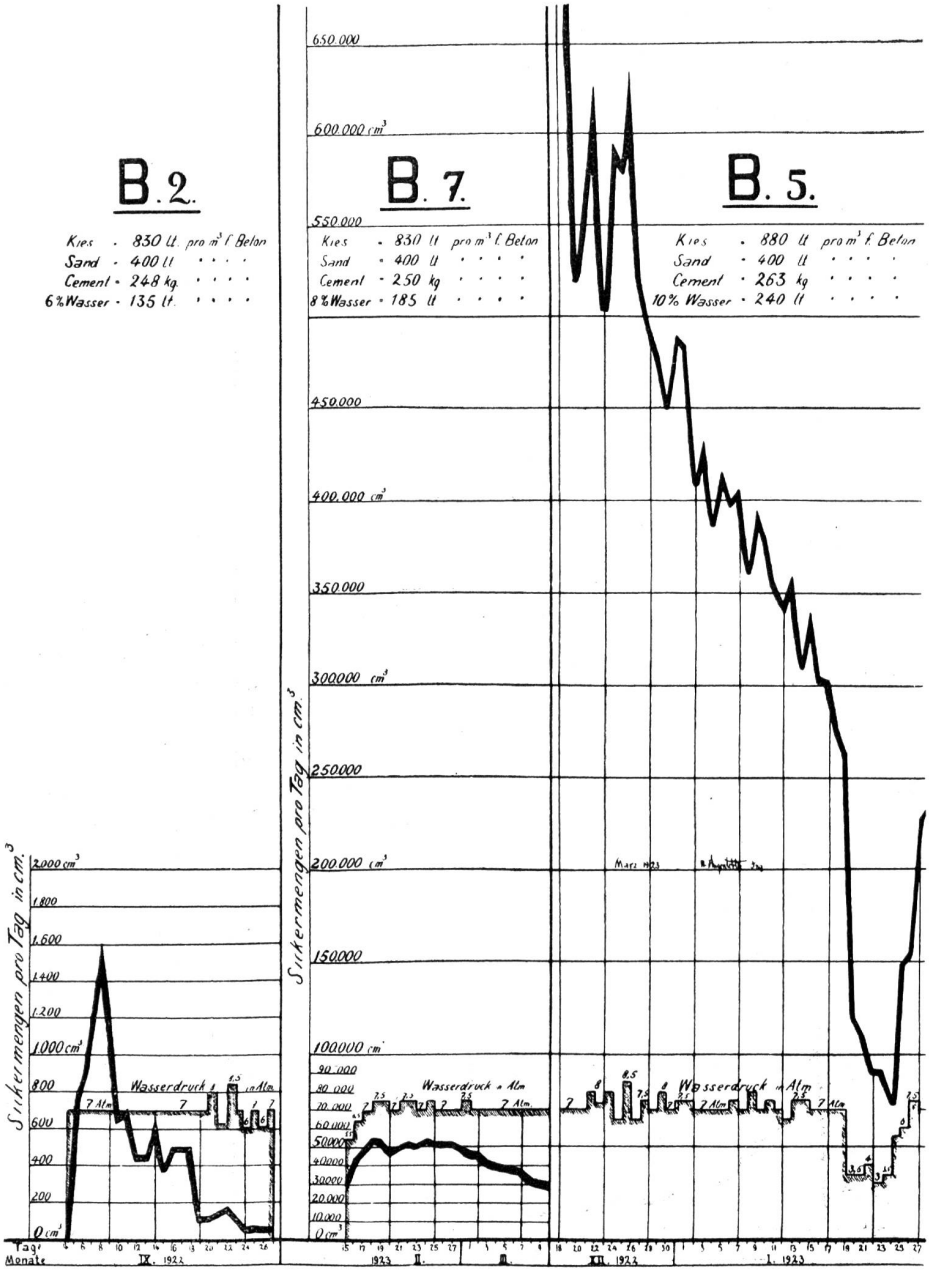


Abb. 7. **Diagramme der Sickermengen für die Körper B 2, B 7 und B 5 mit verschiedenem Wassergehalt.**

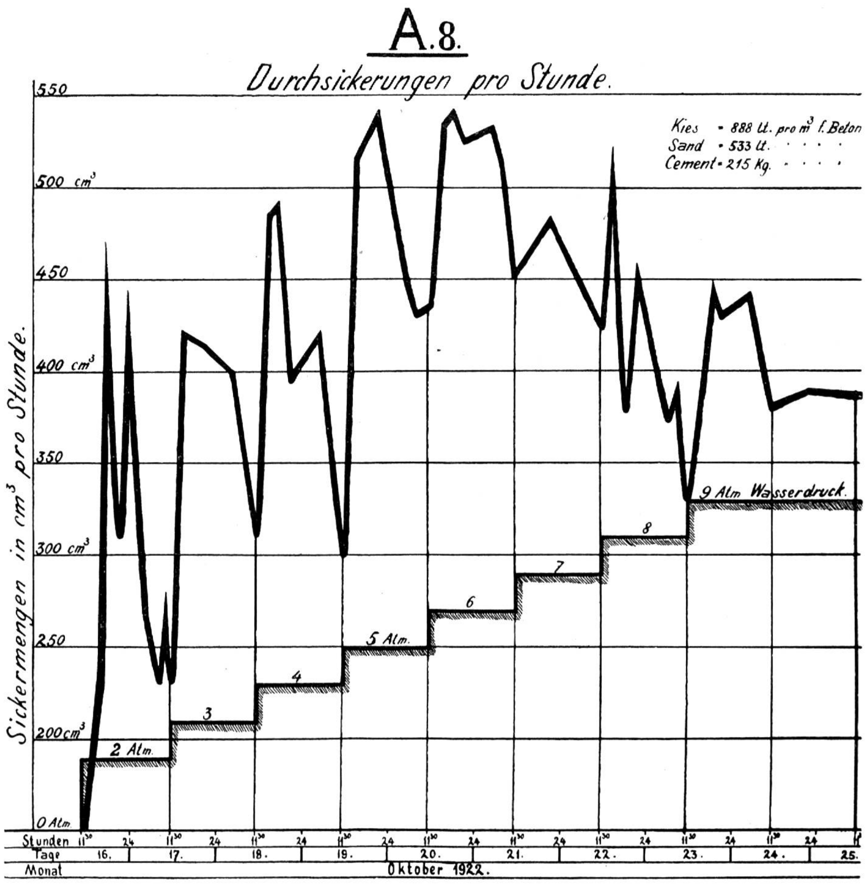


Abb. 8. **Diagramm der Sickermengen für den Körper A 8 pro Stunde.**

Dichtungsbeimischungen und Anstriche verschiedenster Art untersucht und zum Teil recht günstige Resultate erzielt. Ueber diese Versuche soll in einer spätern „Mitteilung" eingehender berichtet werden. Es ist zu hoffen, dass alle Interessenten und Auftraggeber die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Versuchsresultate gestatten werden, damit ein möglichst vielseitiges Bild der Wirkung von Verputzen und Anstrichen gegeben werden kann.

---

2. Herr Oberingenieur Hunziker ist nicht ersucht worden, ein Gutachten über den bisherigen Zustand der Anlage vor der Rekonstruktion abzugeben, sondern er hatte, bevor man sich durch die Trockenlegung über diesen Zustand orientieren konnte, zu untersuchen, ob sich die nach dem Projekte Bell vorgesehene Tieferlegung der Aspiratoren aus finanziellen Gründen rechtfertigen lasse und w i e man baulich vorzugehen habe, wenn das Projekt Bell mit den geringsten Kosten und dem kleisten Risiko für das Maschinenhaus ausgeführt würde.

Das zweite ausführliche Gutachten von Herrn Hunziker vom 30. Januar 1922, abgegeben nach Trockenlegung der Baugrube, enthält denn auch eingehende Angaben über die Art und Weise, wie der Bauvorgang zu gestalten sei.

Nach diesen Angaben hat Herr Ing. Baumann als Bauleiter des E. W. die Detailpläne ausgearbeitet (siehe Abbildungen 2 bis 4) und die Bauunternehmung Dr. Lüscher hat die zum Teil schwierigen Rekonstruktionsarbeiten zur Zufriedenheit des Auftraggebers durchgeführt.

**Die Baukommission des E. W. Aarau.**

Aarau, den 17. Januar 1924.

Herr Dr. G. L ü s c h e r, Ing., antwortet darauf wie folgt:

Zu den vorstehenden Ausführungen habe ich folgendes zu bemerken:

1. Entgegen der Berichtigung stammt die Idee der Ausführung der Untermauerung in Druckluft von mir. Sie schließt sich direkt an an die seinerzeit in der Zeitschrift für Wasserwirtschaft beschriebene Ausführung der „Direkten Wasserfassung" im Poschiavo-See der Brusionwerke, wo die gleiche Idee zur Ausführung gelangte. (Siehe Beschreibung „Schweiz. Wasserwirtschaft" VII. Jahrgang, Nr. 2, S. 12.)

2. Das oben beschriebene Gutachten des Herrn Hunziker sah die Ausführung der Rekonstruktion der unterkolkten Turbinenfundamente des E. W. Aarau in freier Luft vor aus schachbrettartig verteilt in die Betonsohlenplatte geschlagenen und im Baugrund vertieften Schachtlöchern von der Größe, daß ein Mann sich hinuntersetzen und darin die stückweise Untermauerung bewerkstelligen sollte. Eine Veröffentlichung dieses Gutachtens würde dies bezeugen.

Der vorhandene Schlammsandbaugrund veranlaßte mich, das beschriebene Gegenprojekt aufzustellen, nach welchem die Untermauerung aus der Aspirationsröhre, als zweiter Druckluftetage, vor sich gehen sollte, welches Projekt, mit kleineren Abänderungen in den Dimensionen, ausgeführt wurde, wie es in den Abbildungen 2—4 und folgenden abgebildet ist.

3. Die Angaben betreffend die Ausdehnung der Unterkolkung und Wasserdurchflußkanäle stützen sich auf die Feststellungen bei der Ausführung, die Unterhöhlung ging nicht auf zwei Meter Tiefe, sondern bis zur oberen Fassadenabschlußmauer, mit kleineren Terraineinsenkungen auf der Oberwasserseite. Es hätte sich dies vor Anbringen einer Berichtigung bei den Ausführungsorganen leicht feststellen lassen.

Aarau, den 30. Januar 1924.

Dr. G. L ü s c h e r, Ing.