

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 97/98 (1931)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Dammdichtung mittels Zement-Einspritzung  
**Autor:** Meyer, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44745>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

INHALT: Dammdichtung mittels Zement-Einspritzung. — Architekt Frank Lloyd Wright. — Dambruch beim Werkkanal der „Mittleren Isar“. — Mitteilungen: Höchstdruck-Kompressoren für die synthetische Ammoniak-Erzeugung. Generatorwicklungen für Höchstspannungen. Eine Strasse über den Pragelpass. Neue Grossgarage

in Zürich. Gummipuffer in Drehgestellen. Backstein-Architektur. Basler Rheinschiffahrt. Wandmalereien in der Stadtkirche Winterthur. — Wettbewerbe: Bebauungsplan der Gemeinde Zollikon. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 11

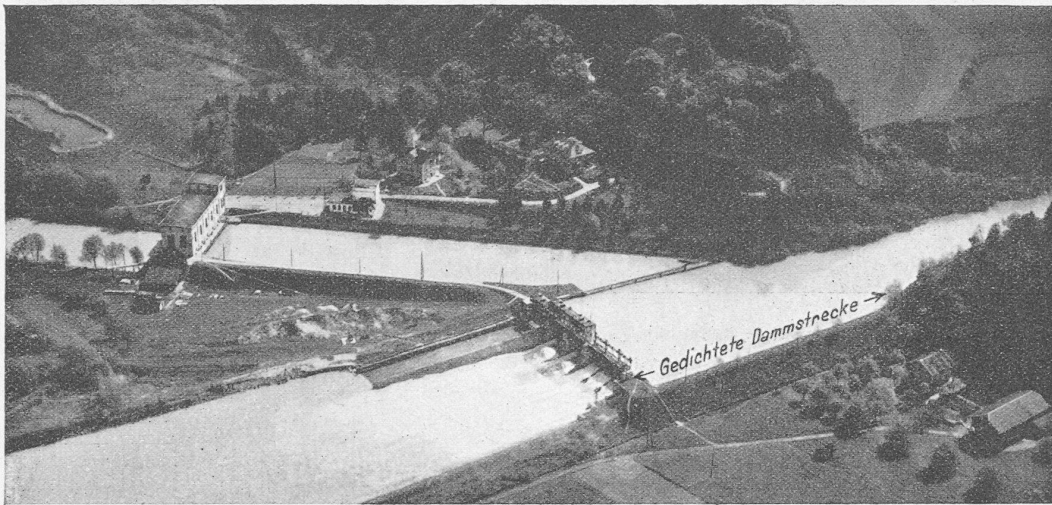


Abb. 1. Fliegerbild aus Westen des Elektrizitätswerkes Hagneck der B. K. W.

### Dammdichtung mittels Zement-Einspritzung.

Von Oberingenieur E. MEYER, B. K. W., Bern.

Beobachtungen an einigen Erddämmen mit einseitigem Wasserdruck zeigten, dass sich im Verlaufe der Jahre kleinere und grössere Hohlräume bilden, selbst in Dämmen ohne oder mit nur unbedeutenden Durchsickerungen, bei denen ein Mitführen von Material kaum festgestellt werden konnte. Es bildeten sich Setzungen und kleine trichterförmige Material-Nachstürze, die zum Aufsehen mahnten und vermuten liessen, dass aus dem Alter eines Erddammes nicht auf dessen Haltbarkeit geschlossen werden kann. Es hat im Gegenteil den Anschein, dass Erddämme mit einseitigem Wasserdruck zu Alterserscheinungen neigen, die deren sorgfältige Ueberwachung als notwendig erachten lassen.

Um die Möglichkeit abzuklären, solche Dämme durch Injektionen zu dichten, entschlossen sich die Bernischen Kraftwerke A.-G., am Damm links oberhalb der Wehranlage

ihres Werkes Hagneck (Abb. 1), der mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse und geplanten Umbauten gesichert werden musste, einen Versuch zu machen. Diese Dammstrecke von rund 150 m Länge schliesst flussaufwärts an den dortigen Molassefels des Hagneck-Durchstiches, flussabwärts an die linksseitige Widerlagermauer der Wehranlage an und liegt selbst nur wenig über der Felsoberfläche. Die dortigen Verhältnisse gestatten eine einwandfreie Bestimmung der durchsickernden Wassermenge und waren daher für einen derartigen Versuch besonders geeignet. Die örtlichen Verhältnisse ergeben sich aus den Abbildungen 2 bis 4. Wasserseits besteht eine Pflasterung aus Bruchsteinen, deren Fugen mit Zementmörtel gedichtet sind.

Um über die Wasserspiegelverhältnisse im Damm und die Dammmzusammensetzung Aufschluss zu erhalten, wurden vorerst drei Querprofile  $P_1$  bis  $P_3$  mit je sechs Piezometerpunkten (Abb. 3) angelegt. Dabei zeigte es sich, dass der Damm, der nachträglich verstärkt und erhöht worden war, sehr unregelmässige Materialzusammensetzung aufweist, zum Teil aus Sand und Kies, zum Teil aus Mergel und Mergelbrocken besteht. Unsicher blieb sein Anschluss auf der Sohle; anscheinend wurde s. Zt. auf eine bestehende Uferschwelle aufgebaut. Abb. 5 zeigt den durch Sondierungen rd. 4 m oberhalb der Wehrflucht ermittelten Querschnitt.

Eine Dichtung des Damms mittels Zement oder Lehm-Injektionen schien nach diesen Erhebungen möglich und wünschenswert. Kleine Laboratoriumsversuche bestätigten,

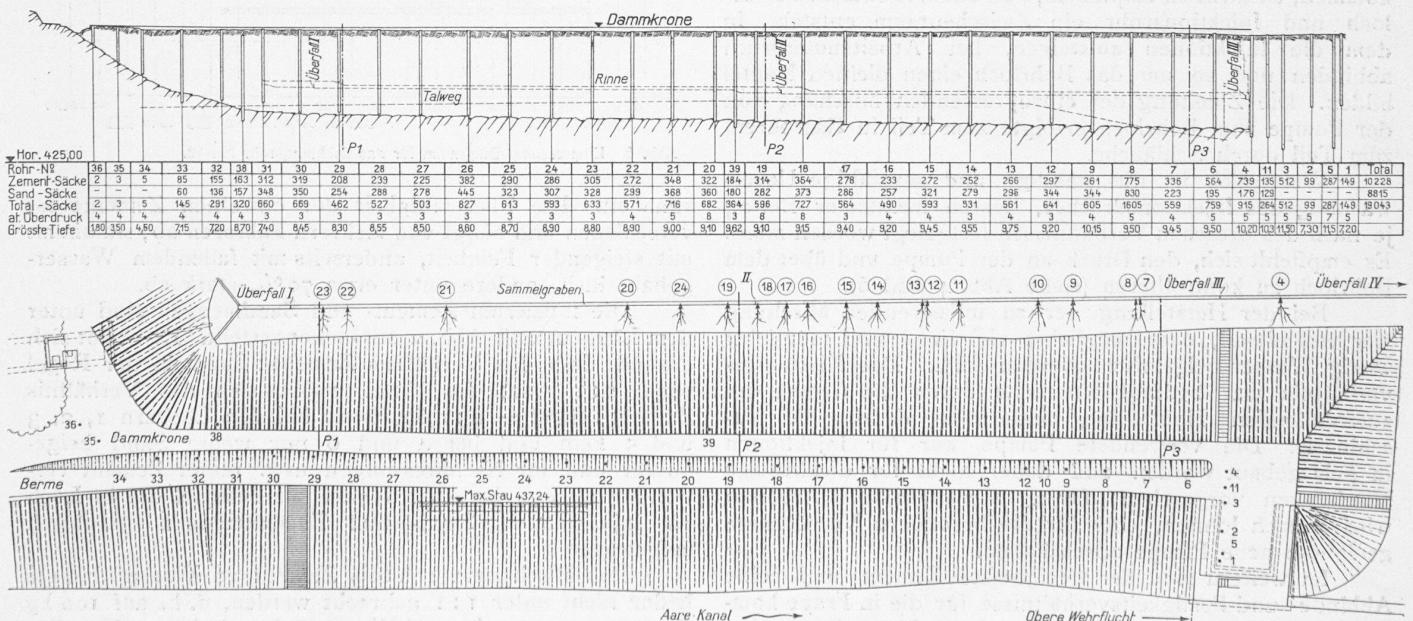


Abb. 2 und 3. Längsschnitt und Grundriss der gedichteten Dammstrecke, mit Eintragung der Injektions-Bohrlöcher. — Masstab 1 : 700.

ihres Werkes Hagneck (Abb. 1), der mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse und geplanten Umbauten gesichert werden musste, einen Versuch zu machen. Diese Dammstrecke von rund 150 m Länge schliesst flussaufwärts an den dortigen Molassefels des Hagneck-Durchstiches, flussabwärts an die linksseitige Widerlagermauer der Wehranlage an und liegt selbst nur wenig über der Felsoberfläche. Die dortigen Verhältnisse gestatten eine einwandfreie Bestimmung der durchsickernden Wassermenge und waren daher für einen derartigen Versuch besonders geeignet. Die örtlichen Verhältnisse ergeben sich aus den Abbildungen 2 bis 4. Wasserseits besteht eine Pflasterung aus Bruchsteinen, deren Fugen mit Zementmörtel gedichtet sind.

Um über die Wasserspiegelverhältnisse im Damm und die Dammmzusammensetzung Aufschluss zu erhalten, wurden vorerst drei Querprofile  $P_1$  bis  $P_3$  mit je sechs Piezometerpunkten (Abb. 3) angelegt. Dabei zeigte es sich, dass der Damm, der nachträglich verstärkt und erhöht worden war, sehr unregelmässige Materialzusammensetzung aufweist, zum Teil aus Sand und Kies, zum Teil aus Mergel und Mergelbrocken besteht. Unsicher blieb sein Anschluss auf der Sohle; anscheinend wurde s. Zt. auf eine bestehende Uferschwelle aufgebaut. Abb. 5 zeigt den durch Sondierungen rd. 4 m oberhalb der Wehrflucht ermittelten Querschnitt.

Eine Dichtung des Damms mittels Zement oder Lehm-Injektionen schien nach diesen Erhebungen möglich und wünschenswert. Kleine Laboratoriumsversuche bestätigten,

dass in Kies Zementinjektionen vorzuziehen sind, und zeigten, dass selbst in Lehm Zementinjektionen Vorteile bieten. Zement ergibt in Kies bei richtiger Ausführung einen tadellosen Beton, in Lehm einen dichten Anschluss an die Wandung der Hohlräume und kann nach dem Abbinden nicht mehr ausgewaschen werden. Für die Lehm injektionen sind umfangreiche Vorkehrungen zu treffen für die Aufbereitung, insbesondere wäre dies in Hag-neck nötig gewesen, weil ein erstklassiger Lehm in nächster Nähe nicht vorkommt. Bei Zementinjektionen wird ein Teil des Wassers beim Erhärten gebunden, der Rest in dieser Zeit frei und durch spätere Injektionen verdrängt. Bei feinem Lehm dauert es verhältnismässig lange, bis das überschüssige Wasser ausgeschieden ist, wobei die anschliessenden Dampfpforten unerwünscht aufgeweicht werden. In festgelagertem, feinkörnigem Sand ist weder mit Lehm, noch mit Zement ein Einpressen möglich.

Auf Grund dieser Erwägungen wurden Zementinjektionen gewählt und deren Ausführung der Firma Karl Kieser, Zollikon, übertragen, in Verbindung mit der Firma Ing. Giovanni Rodio & Cie., Mailand, die in Italien schon mehrere hundert Meter Dämme der Niederdruckanlage Mori an der Etsch der Gesellschaft Montecatini gedichtet hatte.

Die Installationen wurden am unterwasserseitigen Ende des Dammes in zwei Baracken aufgestellt (Abb. 4). In der einen waren ausser den benötigten Materialien zwei Fässer für die Herstellung und das Sieben der zu injizierenden Mischung aufgestellt. Die zweite Baracke enthielt eine liegende Doppel-Kolbenpumpe, die mit Wasserdruck arbeitet, sowie die zugehörigen Apparate.

Die Injektionslöcher wurden mit einem Sondierapparat, Aussendurchmesser 80 mm, Innendurchmesser 65 mm, gebohrt. Diese Sondierrohre wurden meist auch als Injektionsrohre benutzt. Das Einschleiben von Injektionsröhren in die Sondierrohre, um letztgenannte wieder frei zu bekommen, ist nicht zu empfehlen, weil dadurch zwischen Bohrloch und Injektionsrohr ein Zwischenraum entsteht, in dem die Injektionen aufsteigen, bei Arbeitsunterbruch abbinden und so um das Bohrloch einen dichten Mantel bilden. Die Zuleitung der einzupressenden Mischung von der Pumpe zum Bohrloch erfolgte zum Teil in Gasröhren, zum Teil durch Schläuche.

Wesentlich ist die ständige und sorgfältige Ueberwachung des Injektionsdruckes, dessen maximaler Betrag je nach den örtlichen Verhältnissen festgelegt werden muss. Es empfiehlt sich, den Druck an der Pumpe und über dem Bohrloch zu kontrollieren (siehe Abb. 4 und 6).

Bei der Herstellung der zu injizierenden Mischung war begleitend, dass möglichst viel Sand und möglichst wenig Wasser beigemischt werden sollte. Das Mischungsverhältnis war bedingt einerseits durch die Grösse der auszufüllenden Hohlräume, andererseits durch die Maschinerie. Die verwendete Pumpe war für Injektionen in Fels gebaut worden und daher nicht für dickflüssige Mischungen vorgesehen; für grössere ähnliche Arbeiten wird es sich lohnen, eine für die besondern Verhältnisse geeignete neue Pumpe anzuschaffen.

Im weitern sind der geeignetste Zement und seine Abbinde- und Festigkeitsverhältnisse für die in Frage kommenden Verdünnungsverhältnisse durch Versuche zu be-



Abb. 4. Ueberblick der Dichtungsstrecke, flussabwärts gesehen.

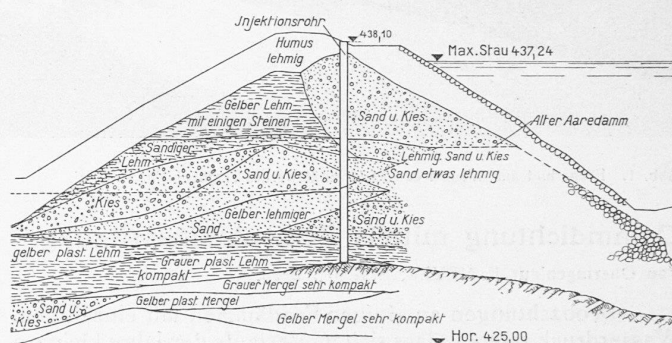


Abb. 5. Charakteristischer Dammquerschnitt bei Fluss-Km. 77,77. — Masstab 1 : 300.

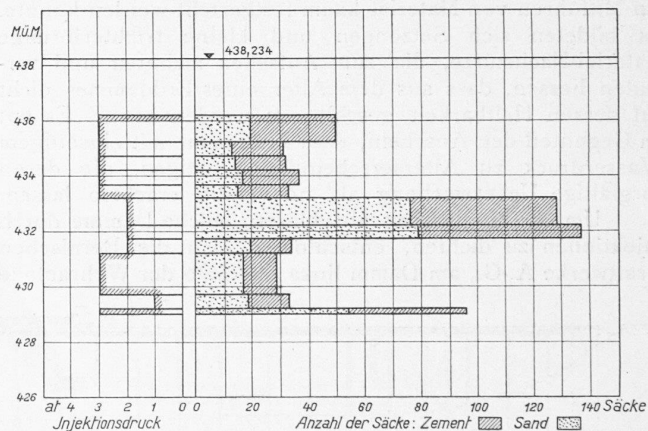


Abb. 6. Einpressungs-Diagramm für das Dichtungsrohr Nr. 12.

stimmen. Die Fließfähigkeit der einzelnen Zemente ist verschieden und hängt von mehrern Faktoren ab; sie nimmt mit steigender Feinheit, andererseits mit fallendem Wassergehalt, insbesondere unter etwa 70%, stark ab.

Die injizierten Zement- und Sandmengen sind unter dem Längenprofil Abb. 2 zusammengestellt. Es ergibt sich daraus, dass das Verhältnis Zement : Sand in der Regel rund 1 : 1 war; im Mittel ergibt sich das Verhältnis Zement : Sand = 1 : 0,87, weil bei den Löchern 1, 2, 3 und 5 kein und bei 4 und 6 nur wenig Sand beigemischt und für Nachpressungen usw. reiner Zement verwendet wurde. In Abb. 6 sind als Beispiel die in Loch 12 injizierenden Sand- und Zementmengen graphisch aufgetragen.

Das Mischungsverhältnis Zement zu Wasser konnte leider nicht unter 1 : 1 gebracht werden, d. h. auf 100 kg Zement mussten rd. 100 l Wasser beigemischt werden. Für

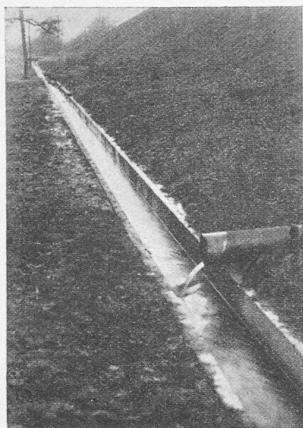


Abb. 8. Kanal und Rohr Nr. 21.

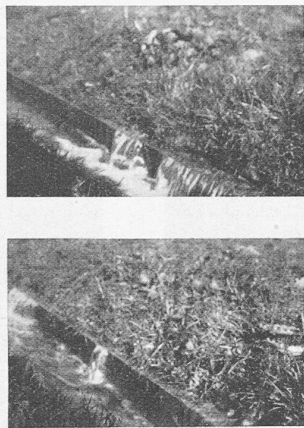


Abb. 7. Sickerstellen.



Abb. 12 Wasserseitige Dammböschung mit Zementmörtel-Austritten. (Stauspiegel abgesenkt).

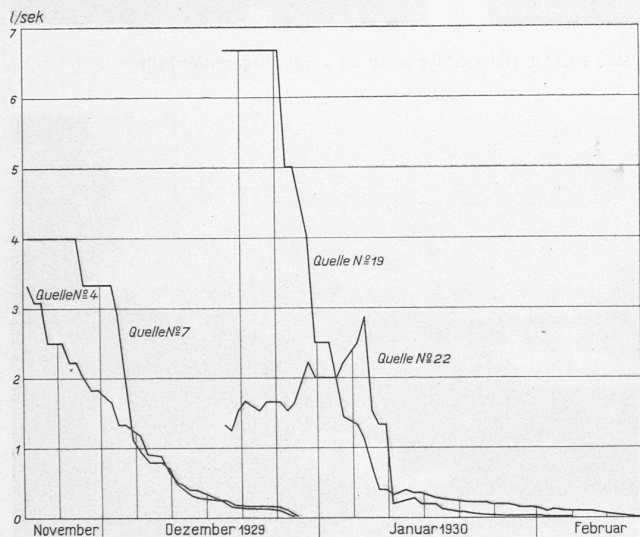


Abb. 9. Erbiebigkeit der Sickerstellen 4, 7, 19 und 22.

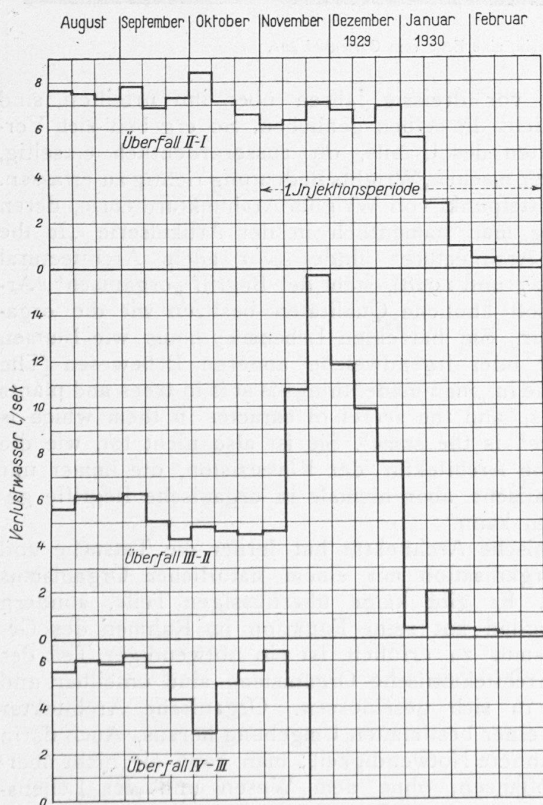


Abb. 10. Verlustwassermengen zwischen Ueberfällen I bis IV.

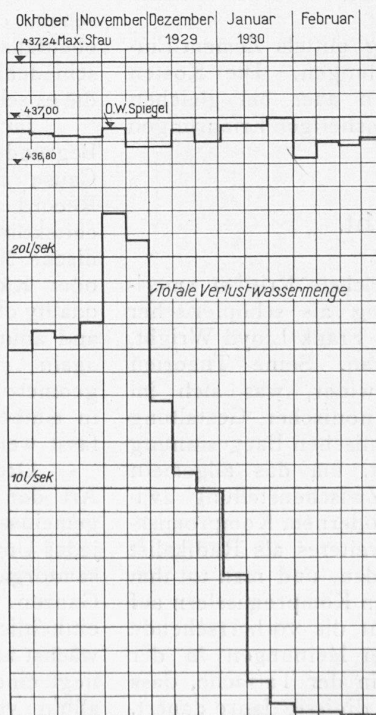


Abb. 11. Zehntägige Mittel der Wasserverluste.

ähnliche Arbeiten ist durch Verbesserung der Apparatur eine Verkleinerung dieses Verhältnisses anzustreben.

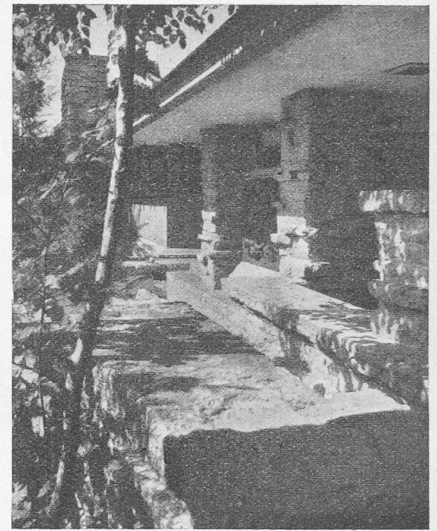
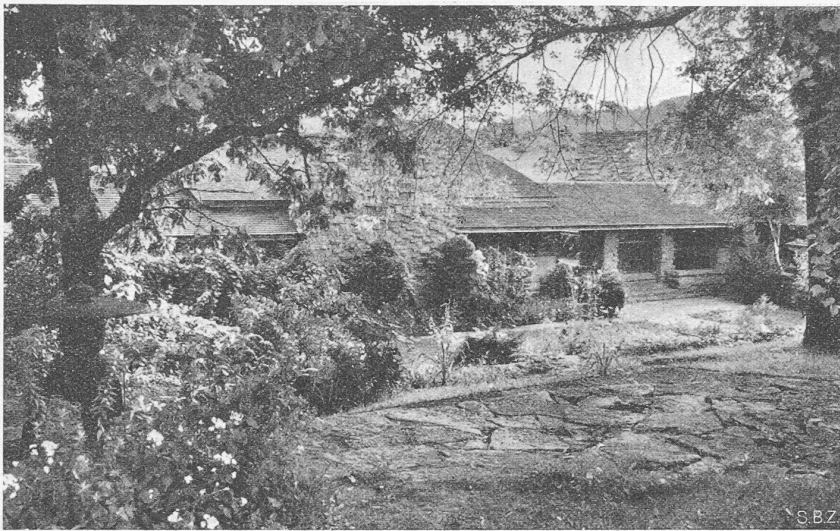
Durchgeführt wurden die Injektionen in zwei Zeitabschnitten: Rohr 1 bis 31 wurde in der Zeit vom 29. Oktober 1929 bis Ende Februar 1930, Rohr 18 bis 38 vom 5. Juni bis anfangs Juli 1930 injiziert. Die Injektionen 18 bis 31 sind in der ersten Arbeitsperiode angefangen, jedoch nicht vollendet worden. Der Unterbruch erfolgte in der Hauptsache der Witterung

wegen, anderseits, um inzwischen beobachten zu können, ob der erreichte Erfolg Bestand habe.

Um die Wirkung der Injektionen beurteilen zu können, wurden die durchsickernden Wassermengen fortlaufend kontrolliert. Die einzelnen Quellen (z. B. Abb. 7 wurden vorher in 24 Rohre gefasst, die gestatten, deren Erguss an der Einmündung in den Sammelkanal zu messen (Abb. 8). Der Sammelkanal, eine betonierte Rinne, ist durch vier Messüberfälle in drei Abschnitte geteilt. Deren Lage ist in Abb. 2 eingepunktet und in Plan 3 ersichtlich.

Die Ergiebigkeit der einzelnen Quellen nahm jeweilen ab, sobald in der Nähe injiziert wurde. Abb. 9 zeigt als Beispiel den Verlauf der ausfliessenden Wassermenge für die Stellen 4, 7, 19 und 22 von Beginn der Beendigung der Injektion. Abb. 10 zeigt den Verlauf der abfliessenden Wassermenge in den einzelnen Teilstrecken des Messkanals. Diese Darstellung lässt anderseits erkennen, dass die Wassermenge nach Beginn der Injektion am untern Ende des Damms in den oberhalb liegenden Kanalstrecken, insbesondere zwischen Ueberfall II und III angestiegen ist. Anscheinend wurde ein Teil des Wassers durch die ersten Injektionen in der Nähe des Wehres im Damm zurückgestaut, und trat dann weiter flussaufwärts wieder zu Tage.

Dass der gewünschte Erfolg mit den Injektionen erreicht wurde, ergibt sich aus Abb. 11 der Zusammenstellung der gesamten, aus dem Damm in den Messkanal fliessenden Wassermenge, die während den Injektionen vom November 1929 bis Februar 1930 von rd. 18 l/sec auf rd. 0,3 l/sec zurückging. Während des Arbeitsunterbruches vom Februar bis Juni 1930 war eine erneute Zunahme der Quellen nicht festzustellen. Mit den Injektionen vom Juni 1930 wurden noch einige weitere Quellen geschlossen, die austretenden Wassermengen jedoch nur noch von 0,3 auf rd. 0,1 l/sec vermindert. Die noch abfliessenden Wassermengen setzten sich zusammen aus Tropfwasser bei einigen frühern Quellen, in der Hauptsache aber aus Stelle 23 und Tagwasser; diese Stelle 23 ist indessen, nach den chemischen Untersuchungen, sehr wahrscheinlich eine Bodenquelle, die mit dem Oberwasser der Aare nicht in Verbindung steht; das Tagwasser schwankt mit den Niederschlägen.



„TALIESIN“, DAS EIGENHEIM DES ARCHITEKTEN FRANK LLOYD WRIGHT. — Abb. 1 und 2. Hofansichten gegen die offene Eingangs-Vorhalle.

Die Piezometerröhren und andere Beobachtungen lassen erkennen, dass die Injektionen nicht bloß eine Dichtungswand erzeugt haben, sondern eine allgemeine Dichtung des ganzen Damminhaltes bewirkten, indem sich gemäss den Piezometerprofilen nach den Injektionen ein gleichmässigeres und steileres Wasserspiegelgefälle vom Stauspiegel gegen den Grundwasserstand eingestellt hat.

Für diese Dichtungsarbeiten wurden an Löhnen und Material im ganzen rd. 48 000 Fr. ausgegeben, umgerechnet auf den Damminhalt von rund 21 000 m<sup>3</sup> rund 2,20 Fr./m<sup>3</sup> Damm-Material. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um einen ersten Versuch handelt. In Hagneck waren die Verhältnisse zudem insofern ungünstig, als das Oberwasser nicht abgesenkt und die Dammläche auf der Wasserseite daher nicht beobachtet werden konnte. Es war deshalb nicht zu vermeiden, dass injiziertes Material ins Oberwasser austrat, wodurch Verluste entstanden, wie sie in Abb. 12 Mitte erkennbar sind, die anlässlich einer kurzfristigen Absenkung aufgenommen wurde. Diese ausgetretenen Zementmengen sind jedoch nicht verloren, indem die Geschwindigkeit im Oberwasser während der Ausführung sehr klein war und so das Material auf der Böschung noch abbinden konnte und nun zur Dichtung beiträgt.

Der Versuch der Dammdichtung mittels Zement-Einpressung ist somit vollkommen gelungen. Die Kosten waren verhältnismässig hoch, können aber bei gleichen Ausführungen durch Verwertung der bisherigen Erfahrungen vermindert werden.

### Architekt Frank Lloyd Wright.

Von Dr. SIEGFRIED SCHARFE, Halle a. d. S.

Der interessanteste und geistreichste Kritiker amerikanischer Architektur, der gleichzeitig als schöpferischer Künstler einen guten Namen hat, ist Frank Lloyd Wright, der Schüler von Louis H. Sullivan. Seine Theorien spiegeln vielleicht am besten das wider, was sich im gegenwärtigen Amerika an architektonischer Gestaltung sowie in der Formung einer amerikanischen Baugesinnung abspielt. Frank Lloyd Wright nimmt, um das allgemein vorauszusagen, eine eigentümliche Zwischenstellung zwischen modernem Radikalismus und modernem Kompromisslertum ein. Er kann nicht ohne weiteres als Radikalist bezeichnet, gelobt oder abgetan werden, und man tut ihm Unrecht, wenn man ihn mit einseitigen Kompromisslern auf eine Stufe stellt. Der Hauptgrund für die vorherrschende Verwirrung und Mannigfaltigkeit der Meinungen in der Beurteilung Wrights liegt offenbar in der Tatsache, dass Wrights Wirksamkeit nun schon über dreissig Jahre dauert. Er selbst hat sich in dieser Zeit gewandelt, und die Men-

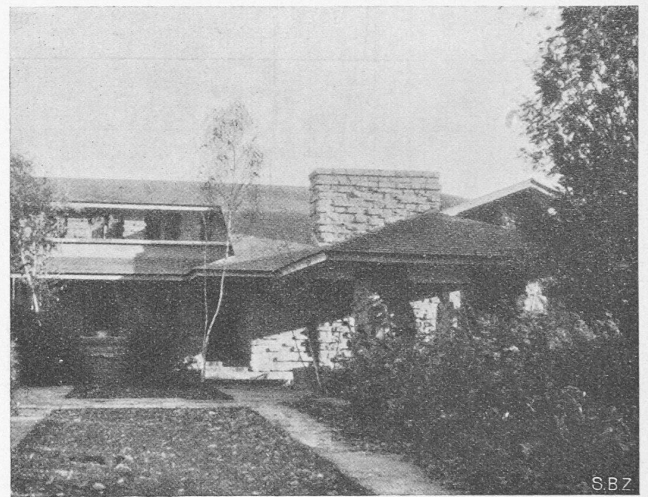


Abb. 3. Taliesin, eine Ecke vom Gartenhof aus.

schen, die vor dreissig Jahren über ihn urteilten, sind ebenfalls nicht die selben geblieben. So ergeben sich Verschiedenheiten des Urteils, oft ausserordentlich einseitig, die es schwer machen, Wrights Bedeutung richtig zu erfassen.

Im Mittelpunkt von Wrights Architekturtheorie, deren Begründung man namentlich in der Artikelserie „In the Cause of Architecture“ findet (vor allem *Architectural Record* 1927 und 1928), steht der Begriff „organisch“. Architektur soll ähnliche Qualitäten besitzen wie die organische Natur. Sie hat einen Lebensrhythmus wie Blumen oder Käfer oder irgendwelche anderen Lebewesen (The quality of life in „man-made“ things is at its in trees and plants and animals, and the secret of character in them which is again „style“ is the same). Sie ist also nicht tot, wie die geometrische Architektur der Klassizisten, die immer nur in mathematische aber niemals in organische Begriffe gefasst werden kann.

Organische Architektur hat ferner die Tatsache und Art der Organisation mit einem natürlichen Organismus gemeinsam. Es gibt keine überflüssigen Teile, sondern jedes Unterglied hat seine Funktion im Rahmen des Gesamtorganismus zu erfüllen, ist ein notwendiger Teil des Ganzen. Architektonische Organismen sind unteilbar und einheitlich in sich geschlossen. Organische Architektur wächst aus einer bestimmten Umgebung heraus. Auch darin liegt eine innere Notwendigkeit; man kann sie nicht überallhin verpflanzen, ohne dem Wesen und der Lebensfähigkeit des einzelnen Organismus Schaden zu tun.