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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 14 (1921-1922)

Heft: 10

Rubrik: Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizer. Wasserwirtschaftsverbandes

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: 23.07.2025

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

Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizer. Wasserwirtschaftsverbandes

No. 6 **25. Juli 1922** ***

Ergebnisse der Abdichtungsversuche mit Lehm in der Versuchsanlage „Manegg".

I. Teil.

Von W. Hugentobler, Ingenieur der Abdichtungskommission des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes.

Die Abdichtungskommission des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes hat in der Manegg bei Zürich eine Versuchsanlage eingerichtet, welche für die Vornahme von Untersuchungen mit Abdichtungsmaterialien ausgerüstet und zur Ausarbeitung von Arbeitsmethoden für die Abdichtung von Stauseen, Staudämmen, Kanälen etc. bestimmt ist. Sie besteht in der Hauptsache aus einem offenen Bassin, in dem die Methoden der Selbstdichtung geprüft werden und aus einem Druckzylinder, welcher die Untersuchung verschiedener Abdichtungsmaterialien für Stauseenabdichtung unter einem Wasserdruck bis zu 30 m ermöglicht. (Wir verweisen auf die Mitteilungen der Abdichtungskommission Nr. 1 vom 25. Februar 1920 und Nr. 2 vom 25. April 1921 mit den entsprechenden Abbildungen.)

Kleinere temporäre Installationen, wie offene Versuchsfelder, überdachter Eisenbetontrog etc. werden zur Beobachtung der Einwirkung der Atmosphärilien auf die Abdichtungsmaterialien verwendet.

In dieser, im Sommer 1920 dem Betriebe übergebenen Versuchsanlage sind bisher insbesonders Versuche mit Lehm als Abdichtungsmittel ausgeführt worden und es sollen im Folgenden die dabei gemachten wichtigsten Erfahrungen kurz mitgeteilt werden.

I. Versuche im offenen Bassin.

Das mit einer 10 cm dicken, armierten Betonschale ausgekleidete offene Bassin besitzt eine Tiefe von 2,50 m, eine Bodenfläche von 8 m², eine Wasserspiegelfläche bei maximaler Füllung, von 82 m², und einen maximalen Inhalt von 110 m³. Zur Vornahme von Abdichtungsversuchen wurden der Boden und die Böschungen mit einer Schicht Kies von 15 bis 20 cm Dicke bedeckt, welche sodann noch mit einer Sandschicht von 5 cm Dicke bestreut wurde. Die Böschungen des Reservoirs erhielten Neigungen von 1 : 1½, bezw. 1 : 2 und 1 : 1. Die Kiesschicht der Böschung von 1 : 1 musste mit Hilfe von etwas Zementmörtel vor dem Abrutschen geschützt werden, eine Sandaufstreuung auf dieser steilen Kiesböschung war nicht möglich.

Da für die Versuche mit Selbstabdichtung durch Einschwemmen der Abdichtungsmaterialien das Bassin vollständig mit Wasser gefüllt sein musste, war es notwendig, anfänglich die Leerlaufleitung mittelst des Leerlaufschiebers zu schliessen. Die fortschreitende Wirkung der Abdichtung konnte dadurch beobachtet werden, dass durch Öffnen dieses Schiebers dem in der porösen Kiesschicht sich angesammelten Sickerwasser der Abfluss durch die Leerlaufleitung ermöglicht und am Auslaufende diese Wassermenge genau gemessen wurde.

Der erste vorgenommene Versuch bezweckte eine Selbstabdichtung des Bassins mittelst Lehmeinschwemmungen.

Der aus der Lehmgrube Giesshübel gewonnene, gelbe Lehm wurde in zerkleinertem Zustande mit Karretten in den sog. Schwemmtrog eingeschüttet und dort mit Hydrantenwasser von 7 Atm. Druck bespritzt (Abbildung 1). Das Lehmwasser wurde vom Schwemmtrog durch einen mit vielen Bodenlöchern versehenen Holzkanal in das Bassin eingeleitet, wobei es durch Verschieben des Kanales einerseits und durch beliebiges Öffnen und Verschliessen einer Anzahl Bodenlöcher anderseits möglich wurde, das Lehmwasser gleichmässig über die ganze Wasserfläche des Bassins zu verteilen. Durch Umrühren des Wassers mit einer grossen Kelle suchte

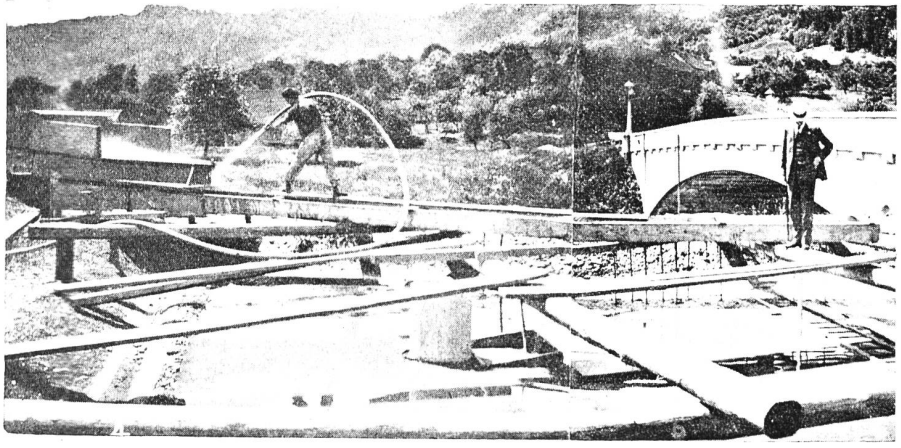

Abb. 1. Einschwemmung von Lehm ins offene Bassin.

man ein möglichst gleichmässiges Absetzen des Lehmes auf die Böschungen und den Boden zu erzielen.

Vom 19. April bis zum 14. Mai 1921 wurden rund 2 m^3 Lehm eingeschwemmt. Bis zum 19. Mai hatte sich das Wasser im Bassin vollständig geklärt, der Lehmniederschlag war also vollzogen. Nach Öffnen des Auslaufschiebers zeigte sich aber, dass das Bassin noch keineswegs vollständig abgedichtet war, vielmehr konnte eine Wasserdurchlässigkeit von durchschnittlich 1 Liter pro Sekunde beobachtet werden. Am 25. Mai, nach erfolgter Entleerung des Bassins, wurden die Lehmdicken genau gemessen und es konnte festgestellt werden, dass sich der Lehm auf den Böschungen nur in einer Mächtigkeit von 1 bis 2 cm abgelagert hatte, während der Bassinboden einen Lehmbelag von 30 bis 50 cm Dicke aufwies. Dieser letztere besass noch eine dickflüssige Konsistenz, während der Belag der obern Böschungen, welcher beim langsamen Entleeren des Bassins früher ausgetrocknet war, schon Netzrisse aufwies und von der Sandunterlage abblätterte. Es zeigte sich, dass nach Bildung einer dünnen Lehmhaut auf den Sandböschungen auch bei fortgesetzter Lehmeinschwemmung die Dicke des Lehmbelages der Böschungen nicht mehr zunahm, sondern dass der Lehm hierauf gegen die tieferliegenden Teile des Bassins abrutschte und so die dicke Bodenschicht bildete. Abb. 2 und 3.)

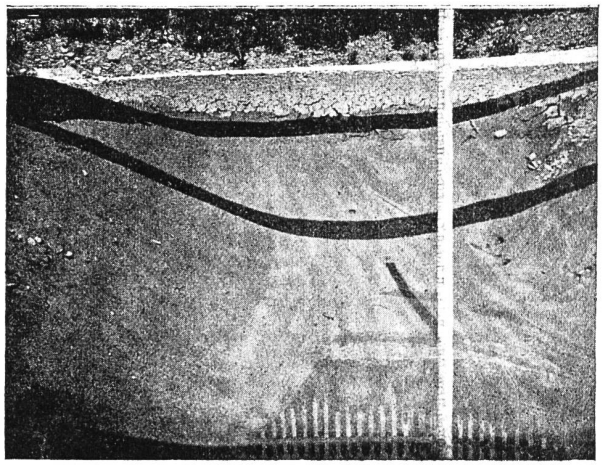

Abb. 2. **Lehmböschung im offenen Bassin, nach Ablassen des Wassers, oben bereits gerissen.**

In einem weiteren Versuche handelte es sich darum, festzustellen, ob

1. bei einer erneuten Lehmeinschwemmung der zerrissene Lehmbelag auf der Sandböschung wieder homogenisiert würde, und
2. wie sich eine nicht mit Sand abgedeckte Kiesböschung bezüglich der Lehmeinschwemmung verhalte.

Letztere Untersuchung war auf derKiesböschung mit der Neigung 1 : 1 nicht möglich infolge der stattgefundenen Zementmörtelbeimischung. Deshalb wurde eine Böschung 1 : $1^1/_2$ teilweise abgedeckt und mit einem reinen Kiesbelag versehen. Es erfolgte hierauf eine neue Einschwemmung von zirka 1 m^3 Lehm. Die dann vorgenommene Öffnung des Leerlaufschiebers ergab eine gleiche Undichtigkeit wie vorher, nämlich einen Wasserverlust von zirka 1 Liter pro Sekunde, was darauf schliessen lässt, dass durch die zweite Lehmeinschwemmung der zerrissene Lehmbelag der Sandböschungen keine erneute Abdichtung erfahren hat.

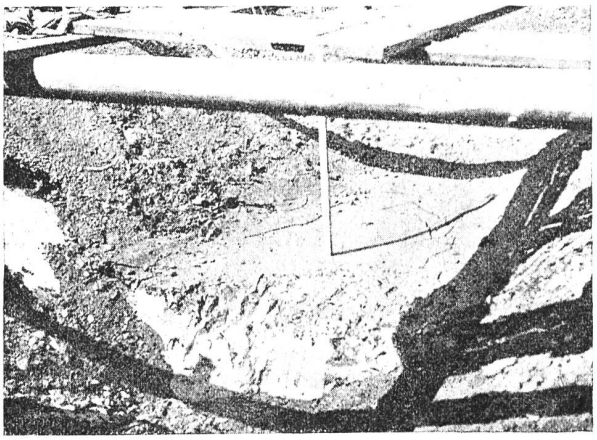

Abb. 3. **Lehmschicht am Boden des offenen Bassins.**

Am 29. Juni, nach fünf trockenen sonnigen Tagen war der Lehm auf der Sandunterlage schon wieder vollständig netzartig zerrissen, während die neue Kiesböschung mit dem in sie eingedrungenen Lehm ganz intakt blieb. Die am 5. Juni aufgenommene Photographie (Abb. 4) zeigt den Unterschied in der Oberfläche dieser Böschungen, links die kompakt gebliebene Kieslehm- und rechts die zerissene Sandlehmböschung. In den beiden Versuchsböschungen wurden Probeschlitze geöffnet, um das Eindringen des Lehmes in den Sand und den Kies zu untersuchen. Während der Lehm nicht in den Sand eingedrungen war, sondern sich nur auf dessen Oberfläche abgesetzt hatte, konnte in dem Kiesbelag der Lehm bis zu einer Tiefe von 10 cm nachgewiesen werden, die Kieskörner wurden durch den Lehm betonartig zusammengebunden. Die bereits getrocknete Oberfläche des Lehmbetons zeigte schon eine steinharte Struktur, die untern Partien waren noch feucht und zum Teil porös. Der Lehm war also nicht vollständig in den Kiesbelag eingedrungen. Dies erklärt sich daraus, dass das Schlemmwasser im Bassin infolge des geschlossenen Leerlaufschiebers, stagnierte. Diese Versuchsanordnung entspricht aber noch nicht genau den tatsächlichen Vorgängen in der Natur, wo infolge der Durchlässigkeit des Untergrundes eine natürliche

Strömung des mit Lehm vermischten Wassers stattfindet. Zufolge dieser Strömung dringt aber der Lehm in bedeutend grössere Tiefen in den Kies ein.

Wir behalten uns vor, in nächster Zeit Versuche in dieser Richtung noch durchzuführen, um uns den tatsächlichen Verhältnissen in der Natur möglichst anzupassen.

Der zweite vorgenommene Versuch im offenen Bassin bezweckte die Abdichtung mit Lehmaufspritzungen.

Um das Eindringen des Lehmes in den Sand und das Anhaften von Lehm am Sande noch näher zu beobachten, wurde auf die mit reinem Flußsand bedeckten Böschungen des offenen Bassins eine dickflüssige Lehmschlemme aufgesprizt. Man bediente sich dazu eines Zementinjektionsapparates (System „Wolfsholz"), der auf einem fliegenden Gerüst in der Mitte des Bassins montiert war und mit welchem man den Lehmbrei unter einem Drucke von 3 bis 5 Atm. auf die Böschungen und den Boden aufspritzen konnte. (Abb. 5.) Der Versuch hatte nicht den gewünschten Erfolg. Der Lehmbrei musste ziemlich dünnflüssig sein, um unter Druck durch den Schlauch und die Ausspritzöffnung desselben gepresst werden zu können, was zur Folge hatte, dass das auf den Sand aufgespritzte Lehmwasser zum grössten Teil über die Böschungen nach dem Bassinboden abfloss, den Sand zwar lehmig färbte, aber nicht in denselben eindrang. Es konnte durch dieses Vorgehen nur ein 1—3 mm dicker Lehmüberzug auf dem Sande erzeugt werden, welcher, einer schnellen Austrocknung ausgesetzt, nach kurzer Zeit schwindrissig wurde und vom Sande abblätterte, weshalb man von einer weitern Verfolgung dieser Abdichtungsmethode absah.

II. Offene Versuchsfelder.

1. Versuchsfelder zur Beobachtung der Einwirkung von Kälte auf den Lehm.

Am 22. November 1920 wurden drei Versuchsfelder von je 1 m² Fläche und 10 cm Höhe, eingefasst durch einen Holzrahmen, mit plastischem, gelbem Lehm vom Giesshübel eingestampft, wobei man Feld 1 ganz unbedeckt liess, während Feld 2 eine Erdüberschüttung von 20 cm Höhe und Feld 3 eine solche von 40 cm Höhe erhielt. Bis zum 28. Dezember, also 36 Tage lang, betrug die Aussentemperatur — 1 bis — 12° C., bei vollständiger Trockenheit der Luft. Die Oberfläche von Feld 1 war am 28. Dezember etwas blasig, netzrissig und der Lehm leicht blättrig bis pulvrig.

Der Januar war warm und trocken, Ende Januar trat leichter Regen ein, wodurch die Oberfläche von Feld 1 wieder ihr ursprüngliches, homogenes Aussehen erlangte.

Der Februar war wiederum trocken und kühl. Die Untersuchung der Felder am 2. März 1921 ergab folgendes Resultat:

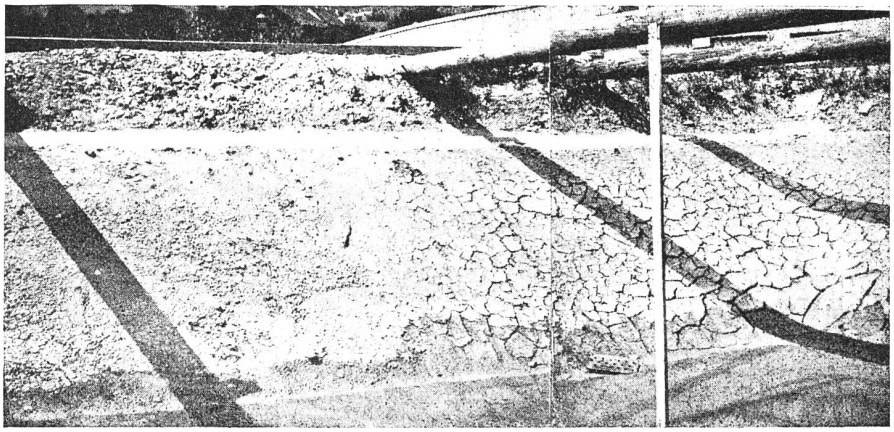

Abb. 4. **Links: kompakter Lehmbeton, rechts: gerissener Lehmbelag auf einer Sandböschung im offen Bassin.**

Feld 1 zeigte verschiedene Risse von 1—2 mm Breite und 2—3 cm Tiefe. Die ganze Oberflächenschicht auf 3 cm Dicke war feinblättrig, pulverig, der 4. cm noch leicht abbröckelnd, während darunter der Lehm seine ursprüngliche Kompaktheit bewahrt hatte. Der pulverige Oberflächenlehm konnte von Hand abgestrichen werden, er war vollkommen trocken.

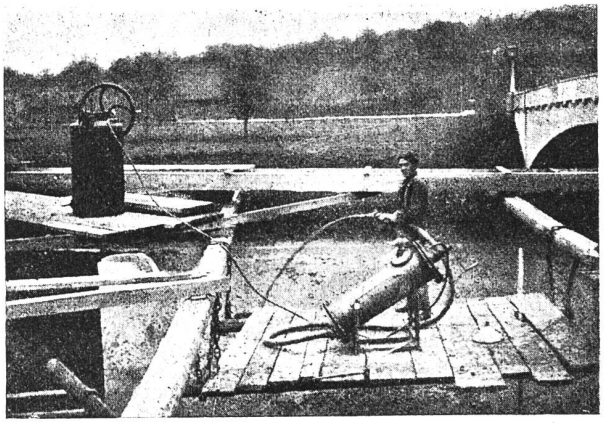

Abb. 5. **Lehmaufspritzung mit dem Wolfsholz'schen Zementinjektionsapparat.**

Bei Feld 2 und 3 mit der Erdüberschüttung war die Lehmschicht von den Temperatureinflüssen ganz unberührt geblieben. Es zeigten sich weder Schwindrisse, noch Abblätterungen.

2. Versuchsfelder zur Beobachtung der Einwirkung von Wärme, Nässe und Trockenheit auf den Lehm.

Auf einer horizontalen Fläche der Versuchsanlage wurden 5 mit Holzrahmen eingefasste Versuchsfelder eingerichtet, welche bei einem Ausmass von je 1 m^2 Fläche einen auf einer dünnen Sandunterlage eingestampften Lehmbelag von 10 cm Dicke erhielten. Es wurden die folgenden Lehmmischungen nebeneinander verwendet:

1. Reiner, gelber Lehm vom Giesshübel.
2. Derselbe Lehm mit Sand gemischt im Verhältnis von 1 Volumteil Sand zu 2 Volumteilen Lehm.
3. Reiner, grauer Lehm aus einer Lehmgrube in der Manegg.
4. Gelber Lehm vom Giesshübel, gemischt mit reinem Flußsand im Verhältnis von 1 Volumteil Sand zu 1 Volumteil Lehm.
5. Gelber Lehm vom Giesshübel, gemischt mit reinem Flusskies (Korngrösse 25 bis 40 mm) und reinem Flußsand im Verhältnis von 2 Volumteilen Kies zu 1 Volumteil Sand zu 1 Volumteil Lehm, sog. Lehmpuddle.

Der Lehm sämtlicher Versuchsfelder wurde in grubenfeuchtem Zustande eingestampft, Nr. 1 und Nr. 3 direkt aus der Lehmgrube kommend, Nr. 2, 4 und 5 nach Austrocknung der in dickflüssigem Zustande des Lehmes vorgenommenen Mischung an der Luft, bis die Konsistenz von Nr. 1 und 3 erreicht war.

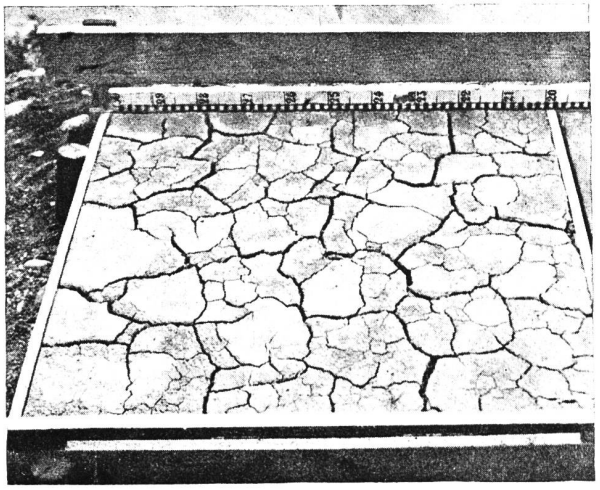

Abb. 6. **Versuchsfeld 1, reiner gelber Lehm.**

Sämtliche Versuchsmaterialien zeigten, der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt, schon nach wenigen Stunden Rissbildung. Während nun die Risse bei Feld Nr. 1 und 3 anfänglich eine Tiefe von nur 3 bis 6 cm aufwiesen, trat in Feld Nr. 2 eine Rissbildung bis auf die Sandunterlage ein. Bei Feld Nr. 4 und Nr. 5 konnte an einzelnen Stellen ein vollständiges Zerreissen nachgewiesen werden, eine durchgehende Trennung in einzelne Stücke, wie bei Feld Nr. 2 trat dagegen nicht ein. (Abb. 6, 7, 8, 9 und 10.)

Bei sämtlichen Versuchsmaterialien verkleinerten sich die Schwindrisse nach dem ersten grösseren Platzregen, indem der Lehm aufquoll und die Risse sich zum Teil durch Ablösen von Lehm an den Bruchflächen ausfüllten.

Beim Wiedereintritt langer, warmer Sommertage trat die ursprüngliche Rissbildung von neuem auf, aber ausser bei Feld Nr. 1 erreichten weder die Breite noch die Tiefe der neuen Schwindrisse die Grösse der zuerst aufgetretenen. Bei Feld Nr. 1 konnte erst jetzt an einzelnen Stellen ein Zerreissen bis auf die Sandunterlage beobachtet werden.

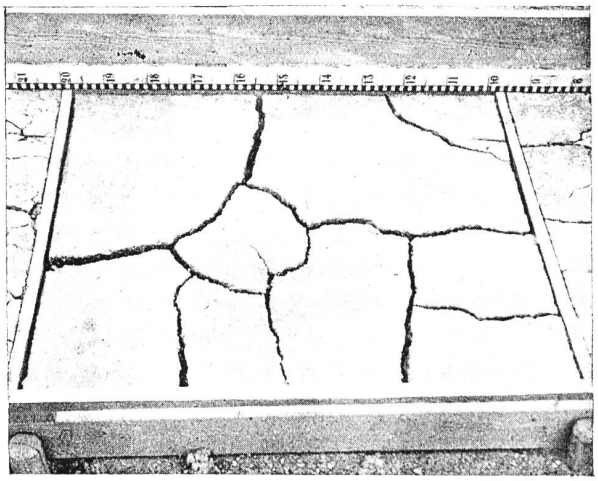

Abb. 7. **Versuchsfeld 2, sandhaltiger Lehm, 1 Sand : 2 Lehm.**

Im Monat September, mit einigen Regentagen und meist feuchten, nebligen Nächten, schlossen sich die Risse fast vollständig durch das Wiederaufschwellen des Lehmes, doch war die Lage der ursprünglichen Schwindrisse an der Unebenheit der Oberfläche des Lehmes noch leicht zu erkennen; eine eigentliche Homogenisierung war nicht mehr zu beobachten.

Ob diese Schliessung der Schwindrisse auch dann eintreten wird, wenn die beim Absenken eines Stausees gerissene Lehmschicht statt durch Regengüsse beim langsamen Ansteigen des Wasserspiegels wieder unter Wasser kommt, ist jedenfalls ganz von der Beschaffenheit des die Unterlage des Lehmes bildenden Materials abhängig. Ist diese sehr wasserdurchlässig, so wird das langsam steigende Wasser seinen Weg durch die den Lehm völlig durchsetzenden Risse finden und durch die Fliessbewegung dieselben trichterartig vergrössern, wogegen die nicht auf die ganze Dicke der Lehmschicht durchgehenden Risse sich voraussichtlich durch Aufschwellen des Lehmes wieder schliessen werden.

Die im kommenden Sommer vorzunehmenden Versuche sollen in der Weise ausgeführt werden, dass solche Versuchsfelder mit einer schützenden Decke aus Erd- und Kiesmaterial bedeckt werden, um zu beobachten, ob die Schwindrissigkeit durch diese Schutzdecken verhindert werden kann. Auch soll die Wirkung der künstlichen Ausfüllung der Schwindrisse näher untersucht werden.

III. Versuche im Betontrog.

1. Versuch: *Einschwemmen reinen Lehmes auf eine Sandunterlage und Beobachtung und Messung der Schwindung des Lehmes beim Eintrocknen.*

Um das Verhalten von eingeschwemmtem Lehm in bezug auf seine Schwindung beim Eintrocknen genau beobachten zu können, wurde ein Versuchstrog aus armiertem Beton hergestellt, dessen Grundfläche ein Ausmass von 2 m auf 2 m und dessen Wandungen eine Höhe von 40 cm erhielten. Über diesen Trog wurde ein dichtes Giebeldach aufgesetzt, welches sowohl die direkte Sonnenbestrahlung verhinderte, als hauptsächlich auch jeden Niederschlag von der Versuchsfläche fernhielt, den Winden und der Aussentemperatur aber ungehinderten Zutritt gestattete. Jede der vier Wandungen des Troges erhielt auf Bodenhöhe drei Auslaufröhrchen, welche mit Holzzapfen von aussen verschliessbar waren. Auf den Boden des Troges wurde eine gleichmässig verteilte Sandschicht von 5 cm Dicke als Unterlage für den eingeschwemmten Lehm aufgetragen.

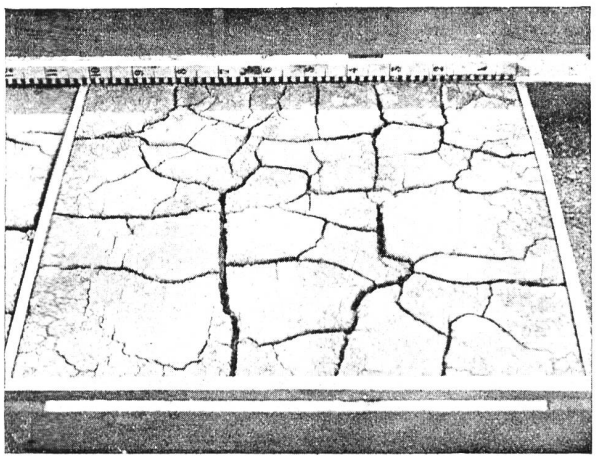

Abb. 8. **Versuchsfeld 3. Reiner grauer Lehm.**

In diesen Trog wurde nun bei geschlossenen Auslaufröhrchen unter zwei Malen (am 9. und 11. Mai 1921) Lehmwasser eingeschwemmt. Nachdem sich der Niederschlag des Lehmes vollzogen und das Wasser vollständig geklärt hatte, öffnete man die Ausläufe und liess das Wasser langsam abfliessen. Das Wasser hatte eine Tiefe von 20 cm über dem Lehmniederschlag, zur gänzlichen Entleerung brauchte es 45 Stunden. Es zeigte sich sofort eine Ablösung des Lehmes von den Betonwänden bei einer Fugenbreite von 1 bis 2 mm. Der Hauptwasserauslauf dürfte sich durch diese Randfugen vollzogen haben. Am 19. Mai war der Lehm noch breiweich, die Dicke der Lehmschicht betrug 12 cm. Am 23. Mai hatte der Lehm schon eine gallertartige Konsistenz und die Dicke der Schicht war bereits auf 10,5 cm zurückgegangen. Am 27. Mai, also 8 Tage nach der Wasserentleerung traten die ersten Schwindrisse auf, nämlich zwei ausgeprägte Risse von 25 cm Länge, 0,1 bis 0,2 cm Breite und mehreren cm Tiefe. Am 31. Mai war der Lehm schon ziemlich zäh, es konnten neben den erstaufgetretenen viele kleinere neue Risse beobachtet werden; die ersten beiden hatten bereits eine Länge von 60 cm resp. 1,40 m, bei einer Tiefe von 6 bis 8 cm und einer Breite von 0,5 bis 0,8 cm.

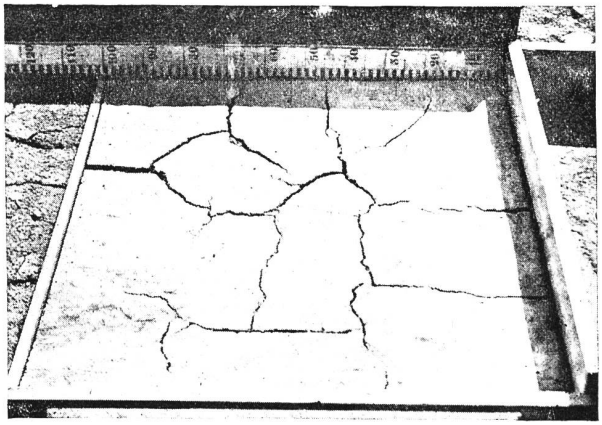

Abb. 9. **Versuchsfeld 4. Sandhaltiger Lehm 1 : 1.**

Am 2. Juni reichten die Risse an einzelnen Stellen bis auf die Sandunterlage. Am 8. Juni zeigte sich bereits eine ausgesprochene Zerstückelung der Lehmschicht in einzelne von einander vollständig getrennte Teile. (Abb. 11) Von jetzt an nahm die Erhärtung und Austrocknung der einzelnen Lehmstücke schnell zu. Die Fugen vergrösserten sich bis auf 12 cm Breite, die Dicke der Lehmschicht betrug noch 8,5 cm. Am 29. Juni konnten die steinhart gewordenen Lehmstücke von der Sandunterlage abgehoben und ihre Struktur genau untersucht werden. (Abb 12). Die untersten 5 mm waren von sandiger Beschaffenheit, dann folgten 25 mm reiner Lehm, dann wieder 5 mm sandiger und zu oberst nochmals 30 mm reiner Lehm. Die beiden sandhaltigen Schichten entsprachen jeweilen den untersten Ablagerungen der beiden zeitlich getrennten Einschwemmungen. Die schwereren sandigen Bestandteile des eingeschwemmten Lehmes lagerten sich zu unterst ab, bei der zweiten Einschwemmung unmittelbar über dem durch die erste Einschwemmung gebildeten Lehmniederschlag. Beim Austrocknen der Lehmstücke folgte dann ein Auseinanderklaffen des Lehmes in diesen Schichtfugen, wie aus Abb. 12 deutlich ersichtlich ist.

Ein eigentliches Eindringen des Lehmes in die Sandunterlage konnte nicht nachgewiesen werden. Die einzelnen Lehmstücke hoben sich zum Teil an den Enden frei vom Sande ab.

Durch genaues Messen der Rissbreiten und Längen wurde die Oberflächenschwindung der Einschwemmungsfläche berechnet und es ergab sich eine Schwindung von 33%.

Um das Verhalten dieses steinharten Lehmes im Wasser zu beobachten, legte man einige Lehmstücke in einen Wassertrog. Nach kurzer Zeit der Benetzung lössten sich an der Oberfläche staubfeine Lehmpartikelchen ab, fielen auf den Boden des Troges und bildeten einen ganz lose aufgeschütteten Lehmniederschlag rund um das Lehmstück herum. Der Zerfall setzte sich fort, bis das ganze Lehmstück vollständig aufgelöst war. Der Lehmniederschlag wurde beim Berühren, d. h. beim leichten Zusammendrücken zu einer schlammigen Masse. Zum gänzlichen Zerfall eines Lehmkubus von 6 × 6 × 6 cm Seitenlänge brauchte es etwas weniger als eine Stunde Zeit.

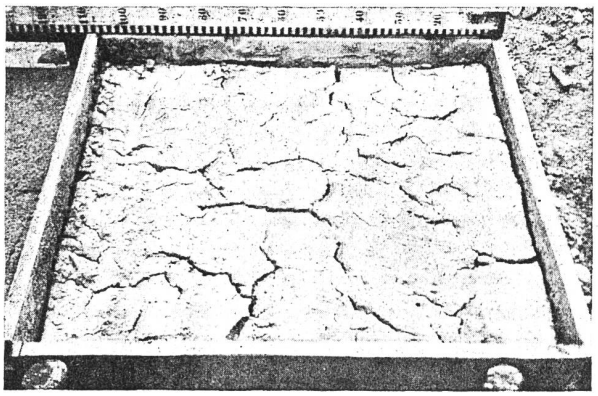

Abb. 10. **Versuchsfeld 5. Lehmpuddle.**

2. Versuch: *Einschwemmen von reinem Lehm auf eine locker aufgeschüttete Kiesschicht, zur Beobachtung des Eindringens des Lehmes in den Kies und des Verhaltens des so gebildeten Lehmbetons beim Austrocknen.*

Für diesen zweiten Versuch wurde in den Betontrog auf eine 3 cm dicke Sandschicht eine 25 cm hohe Schicht aus reinem Flusskies von 10 bis 40 mm Korngrösse locker eingeschüttet. Bei geschlossenen Auslaufröhrchen wurde sodann eine erste Lehmeinschwemmung vorgenommen, bis das Lehmwasser den Rand des Troges erreichte. Sobald sich der Lehm niedergeschlagen hatte, das Wasser also geklärt war, wurden die Ausläufe geöffnet und soviel Wasser abgelassen, bis eine erneute Lehmeinschwemmung möglich wurde. Nach der Klärung dieser zweiten Einschwemmung liess man alles Wasser abfliessen und konnte sofort beobachten, dass lange nicht aller Lehm in den Kies eingedrungen war, dass sich vielmehr über dem Kies eine zirka 10 cm dicke Lehmschicht abgelagert hatte. Das rührt, wie früher erwähnt, wohl davon her, dass das eingeschwemmte Lehmwasser im Trog die ganze Zeit in stagnierendem Zustande war, dass ihm also das Durchfliessen durch den Kies wegen den geschlossenen Röhrchen verunmöglicht wurde. Um das Verhalten des entstandenen Lehmbetons beim Austrocknen zu beobachten, wurde die Hälfte der Trogfläche von der Deckschicht aus reinem Lehm befreit. Ueber der andern Hälfte war die Lehmschicht auf dem Kies nach 20 Tagen vollständig zerrissen, die Risse hatten eine Breite von 2 bis 6 cm, zudem zeigte der Lehm an den Betonwänden eine Randfuge von 2 bis 3 cm Breite. Nach weiteren 10 Tagen war diese Deckschicht vollständig erhärtet und konnte in einzelnen Stücken von dem Kies abgehoben werden.

Abb. 11. **Betontrog. Risse in noch feuchtem Lehm.**

Der blossgelegte Lehmbeton hingegen zeigte weder an der Oberfläche irgend welche Risse, noch war eine Randablösung wahrnehmbar.

Er wurde hierauf auf eine Breite von 30 cm ausgehoben und es konnte dabei beobachtet werden, dass die Hohlräume der obersten 6 cm, sowie der untersten 6 cm der Kieslage reichlich mit Lehm gefüllt waren, während die mittleren Partien wenig lehmhaltig erschienen. Die obere Lehmbetonschicht war sehr hart, betonartig, die mittlere leicht abbröckelnd und die unterste noch feucht kompakt.

Abb. 12. **Betontrog. Vollständig ausgetrockneter Lehm.**

Bei der ersten Einschwemmung hatte sich ein grosser Teil des Lehmes in den untersten Kiespartien abgelagert, ein kleinerer Teil aber blieb in den Hohlräumen der mittleren und oberen Partien haften und verwehrte dem Lehm der zweiten Einschwemmung den Durchgang. Es musste sich dieser

deshalb in der obersten Kiesschicht und als diese einigermassen gesättigt war, über dem Kies als Deckschicht ablagern. Hätte man dem Lehmwasser eine wenn auch nur geringe Fliessbewegung nach unten ermöglicht, so wäre sicherlich sämtlicher Lehm in den Kies eingedrungen und hätte die Hohlräume vollständig ausgefüllt und einen homogenen Lehmbeton gebildet. Diesbezügliche Versuche sollen demnächst zur Ausführung gelangen.

IV. Zusammenfassung.

Die im Vorigen beschriebenen Versuche mit Lehm als Abdichtungsmittel haben in kurzer Zusammenfassung folgende Resultate gezeitigt:

1. Wird in ein Reservoir, Weiher, See oder Kanal, auf eine sandige oder sandartig feinkörnige Unterlage Lehmwasser eingeschwemmt, so wird sich der Lehm auf dem Sande niederschlagen, ohne wesentlich in denselben einzudringen, wobei bei gleichmässiger Verteilung des Lehmwassers auf die ganze Wasserspiegelfläche die Dicke des entstehenden Lehmbelages da am grössten wird, wo der Seegrund eben oder nur ganz flach geböscht ist, während auf steileren Böschungen ein Abgleiten des Lehmes nach den flacheren Partien eintritt.

2. Wegen der grossen Schwindrissigkeit des Lehmbelages beim Austrocknen, kann dieses Schwemmverfahren nur da mit Vorteil zur Anwendung als Abdichtungsmethode kommen, wo eine, wenn auch nur zeitweilige Absenkung des Wasserspiegels bis unter diese Abdichtungsschicht nicht eintritt, also in Kanälen und Stauseen unterhalb der niedrigsten Wasserspiegelhöhe.

3. In plastischem Zustand eingestampfter Lehm wird beim Eintrocknen schwindrissig. Je nach der Zusammensetzung des Lehmes, ob reiner, sandhaltiger, sand- und kieshaltiger, erreichen die Risse eine grössere oder geringere Breite und Tiefe. Beim Wiederbefeuchten des rissigen Belages tritt eine Schwellung des Lehmes ein, welche bei nicht durchgehenden Rissen eine Schliessung derselben erzeugen kann, eine vollständige Homogenisierung des Belages wird aber nicht mehr erreicht.

4. Wird Lehmwasser in eine locker aufgeschüttete Kiesschicht eingeschwemmt, so füllen sich die Poren des Kieses mit dem Lehme und es bildet sich der sogenannte Lehmbeton. Dieser zeigt auch ohne künstliche Überdeckung beim Trocknen keine Schwindrissigkeit und wird steinhart. Über das Verhalten des feuchten Lehmbetons gegen Frost und des trockenen gegen Wiedereintritt von Wasser sollen weitere Versuche den nötigen Aufschluss geben. Es ist bei der Einschwemmung des Lehmwassers darauf zu achten, dass diesem eine, wenn auch geringe Durchflussgeschwindigkeit durch den Kiesbelag ermöglicht wird, so dass sich der Lehm nicht zuerst in den obersten Kiesschichten niedersetzt und dem weiter eingeschwemmten Lehm das Eindringen in die Kieshohlräume verunmöglicht, sondern dass er sich von unten nach oben im Kiese ablagert und einen möglichst homogenen Lehmbeton bildet.

Ausfuhr elektrischer Energie ins Ausland.

Die Bernischen Kraftwerke A.-G. in Bern stellen das Gesuch um Erweiterung der bis 31. Dezember 1939 gültigen Bewilligung Nr. 53 vom 1. Juli/6. September 1921, gemäss welcher ihnen gestattet ist, aus ihren Werken elektrische Energie nach Frankreich an die Forces Motrices du Haut-Rhin S. A. in Mülhausen und an die Electricité de Strasbourg S. A. in Strassburg auszuführen.

Gemäss bisheriger Bewilligung ist den Bernischen Kraftwerken A.-G. gestattet, in der Zeit vom 1. März bis 30. November jedes Jahr max. 7500 kW auszuführen, und zwar so, dass eine Quote von höchstens 5000 kW während mindestens 180 Tagen, wovon an 150 Tagen zusammenhängend, und eine weitere Quote von 2500 kW durchschnittlich jährlich während nicht weniger als hundert nicht zusammenhängenden Tagen geliefert wird. Die Lieferung beginnt in der Regel anfangs April. Bei ungünstigen Wasserverhältnissen, Hoch- oder Niederwasser, sowie auf behördliche Verfügung hin kann die Energielieferung eingeschränkt oder eingestellt werden.

Während der Zeit vom 1. Dezember bis Ende Februar soll eine Lieferung unter allen Umständen unterbleiben.

Diese Bewilligung soll laut Gesuch wie folgt erweitert werden:

1. Die Bernischen Kraftwerke A.-G. sollen ermächtigt werden, in der Zeit vom 1. März bis 30. November jedes Jahres max. 13,500 kW statt wie bisher max. 7500 kW auszuführen, derart, dass eine Quote von 11,000 kW während mindestens 180 Tagen, wovon an 150 Tagen zusammenhängend, und eine weitere Quote von 2500 kW durchschnittlich jährlich während nicht weniger als 100 nicht zusammenhängenden Tagen geliefert werden soll. Die Lieferung soll in der Regel anfangs April beginnen. Bei ungünstigen Wasserverhältnissen, Hoch- oder Niederwasser, sowie auf behördliche Verfügung hin soll die Energielieferung eingeschränkt oder eingestellt werden.

In der Zeit vom 1. März bis 30. November jedes Jahres soll demgemäss eine Mehrausfuhr von max. 6000 kW gestattet werden, wobei diese Quote während mindestens 180 Tagen, wovon an 150 Tagen zusammenhängend geliefert werden soll.

Diese Mehrausfuhr soll am 1. April 1923 beginnen und auf die Dauer der bisherigen Bewilligung, d. h. bis 31. Dezember 1939 gestattet werden.

2. Die Bernischen Kraftwerke A.-G. sollen ermächtigt werden, in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar bei günstigen Wasserverhältnissen und nach Deckung des Inlandbedarfes eine Leistung von max. 10,000 kW auszuführen, wobei die täglich ausgeführte Energiemenge max. 200,000 kWh nicht überschreiten soll.

Die Bernischen Kraftwerke A.-G. verpflichten sich, in Fällen von Energieknappheit in der Schweiz aus den Zentralen der Elektrizitätswerke von Mülhausen und Strassburg über die bestehenden Hochspannungsleitungen Dampfenergie zu importieren, und dem schweizerischen Konsum zur Verfügung zu stellen, sofern und soweit die genannten elsässischen Werke mit Rücksicht auf die ihnen zur Verfügung stehenden Betriebsmittel und den Bedarf ihrer eigenen Verteilungsgebiete imstande sind, diese Energie zu liefern.

Der Export in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar soll vom 1. Dezember 1922 an und für die Dauer der bisherigen Bewilligung Nr. 53 gestattet werden.

Gemäss Art. 3 der Verordnung betreffend die Ausfuhr elektrischer Energie, vom 1. Mai 1918, wird dieses Begehren hiermit veröffentlicht. Einsprachen und andere Vernehmlas-