Beiträge zum Problem der Abdichtung von Druckstollen

Autor(en): **Feller, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85/86 (1925)**

Heft 18

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-40213

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.

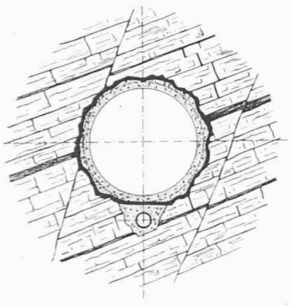
Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Beiträge zum Problem der Abdichtung von Druckstollen. — Von der Friedhof-Ausstellung in Bern 1925. — Doppelschrauben-Dieselmotorboot „Rheinfelden". — Miscellanea: Die elektrischen Lokomotiven für gemischten Zahnrad- und Adhäsionsbetrieb der Chilenischen Transandinischen Bahn. Ein neuer Baustahl. Moderne Abwasserklärung in Betonringschächten. Eternit-Röhren für Wasser- und Gasleitungen. Der Schweizerische Rhone-Rhein-Schiffahrtsverband. Hölzerne Druckleitungen. — Nekrologie: Georg Philip Skipworth. Simon Simonett. Rudolf von Erlach. — Literatur: Elektrische Festigkeitslehre. Die Wälzlager. Literar. Neuigkeiten. — Eidgenössische Materialprüfanstalt an der E. T. H. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender der E. T. H. S. T. S.

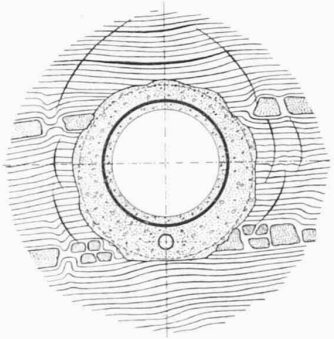
Band 86. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 18

Fig. 1



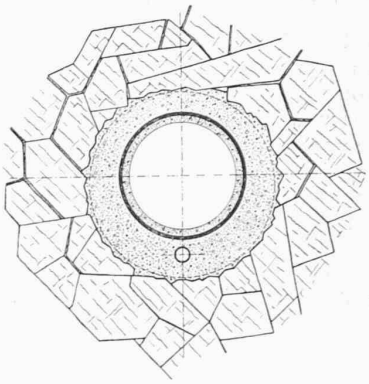
Druckstollen in standfesten, zerklüfteten oder porösen Gesteinsarten (Sedimente, Eruptivgestein, Kristalline Schiefer)

Fig. 2.



Druckstollen in „treibenden", wenig standfesten, undurchlässigen Gesteinsarten (Sedimentschichten aus Mergel, Ton, Gips oder Anhydrit)

Fig. 3.



Druckstollen in nicht standfesten Gesteinsarten (Sedimente, Kristalline Schiefer), in Verwitterungszonen und Ablagerungen (Moränen, Flussgeschiebe, Bergstürze, Gehängeschutt).

Beiträge zum Problem der Abdichtung von Druckstollen.

Von Ing. A. FELLER, Zürich.

Beim Bau von Druckwasser-Leitungsstollen im Gebirge hat der Ingenieur zwei Hauptaufgaben zu lösen: Das Ueberwinden des äussern Gebirgsdruckes, wenn sich solcher zeigen sollte, was gleichbedeutend ist mit der Sicherung des Bauwerkes gegen Einsturzgefahr, sodann das Verhüten auch des kleinsten Wasserverlustes, weil für ihn das kostbarste Gut eben das Wasser ist.

Der zweiten Aufgabe kommt überragende Bedeutung zu, da sie bei allen Druckstollen auf deren ganze Länge gelöst werden muss. Anders steht es mit der ersten, indem sich der Bauingenieur nur streckenweise vor dieses Problem gestellt sehen wird. Ob nur die eine Frage, die nach der Dichtung, oder auch die andere nach der Sicherung vorliegt, ergibt sich aus den angetroffenen geologischen Verhältnissen. Es soll nun an drei Beispielen mit verschiedenen geologischen Annahmen gezeigt werden, wie durch den Aufschluss des Gebirges beim Stollenvortrieb die Fragen entstehen und zu beantworten sind.

1. Es ist der Fall denkbar, wo der Stollen in hartem, gut geschichtetem Kalk liegt (Abb. 1). Der einzelne Block würde vorzüglichen Haustein liefern, aber das Ganze weist grössere oder kleinere Spalten auf, die ganz oder teilweise mit Calzit ausgefüllt sind. Von Gebirgsdruck ist keine Spur vorhanden, doch ist die ganze Schicht in höchstem Grade der Klüfte wegen wasserdurchlässig. Da das Gebirge standfest ist, würde ein Verpappen der Verbindungswege zwischen Spalten und Klüften oder grottenähnlichen Höhlungen und dem Stolleninnern genügen um dem Wasser den Ausweg zu sperren.

2. Der Stollen durchfährt auf weite Strecken nichts anderes als bunt gefärbte Mergel mit einzelnen, gebrochenen Sandsteinschichten (Abb. 2). Einmal bloss gelegt und in Berührung mit der feuchten Stollenluft gebracht, nehmen diese begierig Wasser auf. Sie quellen oder „treiben", wie man das nennt, und im ganzen Profil beginnt ein Abbröckeln. Die Verwitterung bemächtigt sich immer tieferer Schichten. Es entstehen Risse und grössere Schalen lösen sich ab. Starker Holzeinbau hält die gänzliche Verschüttung des Stollens auf. In einem als wasserundurchlässig bekannten Material ist nun gefährlicher Druck entstanden und erste Aufgabe des Ingenieurs ist, vor allem durch Einbauen eines kräftigen Druckprofils die Bewegung abzufangen. Dann müsste er später darauf sehen, dass kein Wasser die Mergel je erreichen kann. Die Kräfte, mit denen sich die treibenden Mergel die Raumvergrösserung erzwingen wollen, wird er kaum als Gebirgsdruck benennen, da ihr Ursprung chemischer Natur ist und ihre Zone von mehreren Metern Tiefe nur unter der Bedingung wachsen kann, dass die alten abgebrochenen Massen fortgesetzt, wie sie entstehen, weggeräumt werden, damit die Luftfeuchtigkeit auf neue Oberflächen einwirken kann. Sonst kommt die Bewegung bei gänzlichem Feuchtigkeitsabschluss zum Stillstand und das Druckprofil hat nur das Gewicht der nicht weit herum gelockerten Massen zu tragen. Es empfiehlt sich bei solchen geologischen Verhältnissen, unverzüglich das ganze Profil auszubrechen und durch Ausmantelung mit Beton oder Mauerwerk die Mergel vor dem Luft- und Wassereinfluss zu schützen, selbst dann, wenn der anfallenden Massen wegen kein Vortrieb mehr möglich sein sollte.

3. Angenommen seien Felsschichten, die beim Vortrieb sich als völlig dicht und trocken erweisen (Abb. 3) Nach einiger Zeit jedoch beginnt die betreffende Strecke Bewegungen zu zeigen. Grössere oder kleinere Massen würden einbrechen, wenn man nicht zu starkem Holzeinbau greifen würde. Dieser muss verstärkt werden und nur mit Mühe gelingt es, der Bewegung Einhalt zu tun. Der Stollenbauer redet nun von starkem Gebirgsdruck und meint damit das Gewicht der auf seinem Einbau liegenden grossen aufgelockerten Massen. Diese werden grösser oder kleiner sein, je nach dem Gefüge der zerrütteten Schicht, die sich blockförmig, breccienartig oder gänzlich zermalmt zeigen kann. Der Entstehung dieses Druckes liegt im Gegensatz zu Beispiel 2 eine rein physikalische Ursache zu Grunde, nämlich eine Störung des Gleichgewichtes, wie sie durch den Vortrieb eines Stollens eintreten muss, der auf eine allseitig eingespannte Schicht von an sich losem, aber zu einem Ganzen zusammengepressten Material trifft, das weder durch ein kieseliges, kalkiges oder toniges Bindemittel verkittet ist. Die Auflockerung würde sich sehr weit herum erstrecken und hauptsächlich nach oben, wenn die Verschiebungsmöglichkeiten der Felsstücke durch immer feiner werdende Spalten nicht vermindert würden, bis diese vollständig fehlen und wieder Gleichgewicht herrscht. Der Ingenieur hat hier als erste Aufgabe ein Druckprofil einzubauen, um die

bedrohte Strecke gegen Einbruch zu sichern, und als zweite, den Stollen abzudichten.

Das Ueberwinden des Gebirgsdruckes ist eine Aufgabe für sich, die zuerst zu erledigen ist. Erst nachdem die Stollenröhre vor äussern Gefahren allseitig gesichert ist, tritt vor den Bauleiter die nicht minder wichtige Frage der Abdichtung des geschaffenen Hohlraums, von der im folgenden allein die Rede sein soll.

1. *Die Anwendung von Lehm und Ton als Abdichtungsmittel.*

Wird nach seiner Fertigstellung der Stollen gefüllt, so ändern sich die physikalischen und chemischen Einwirkungen von Grund auf. An Stelle eines gasförmigen Mediums, das Träger von Wasserdampf und Bohrmehl war, wird jetzt die Stollenwandung einem flüssigen Medium, dem Wasser ausgesetzt, das von hoher Lösungsfähigkeit für eine Menge von Substanzen ist und seine physikalischen Zustände von Druck und Temperatur fortgesetzt ändert. Doch praktisch lehren die Erfahrung und die Geologie, zur Beruhigung der Ingenieure, dass es langer Zeiträume bedarf, bis eine Wirkung sichtbar wird oder gar Schaden bringt (Korrosion des Kalkes u. a.). In unserm gedachten Stollen, der in den Sedimentschichten der Alpen liegen soll, sind alle angetroffenen Mergel-, Gips- und Tonschichten mit Stampf- oder Gussbeton nach einem entsprechenden Druckprofil verkleidet und die Verkleidung im Scheitel mit Zementmörtel hinterpresst worden (Abb. 4). In gleicher Weise wurden mehrere Schichten behandelt, die bei der Alpenfaltung zerstört worden sind. Unverkleidet sind standfeste Kalk-, Sandstein- und Konglomeratfelsen geblieben, die sich aber stark zerklüftet wie die Kalke, oder porös wie die Sandsteine gezeigt haben. Könnten wir diese Felsoberflächen, ebenso den porösen Beton der verkleideten Schichten mit einem plastischen, klebrigen und für das Wasser undurchlässigen Stoff überziehen, so müssten wir einen wasserdichten Stollen erhalten. Sehen wir uns in der Natur um, wie sie es macht, wenn sie Moore, Sümpfe, Teiche, Seen, Quellen entstehen lässt. Untersuchen wir die geologischen Verhältnisse, so finden wir als abdichtende Unterlagen jene eigenartigen plastischen Massen wie Lehm, Ton, Mergel, Seekreide, eine Sorte von wässerigen, schmierigen Substanzen, die man als Kolloide bezeichnet. Prüfen wir nun die Möglichkeit der Anwendung dieser zähen, teigigen, wasserundurchlässigen Stoffe auch für den Stollenbau.

In Betracht kommt *Lehm* oder *Ton*, wie er in Ziegeleien oder Tonwarenfabriken gebraucht wird. Er ist verhältnismässig billig, weil er überall in der Natur zu finden ist, und bedarf keiner grossen vorausgehenden Behandlung mehr. Die sehr wechselvolle chemische Zusammensetzung lassen wir ausser Acht, weil sie eine Frage für sich ist. Hauptsache für uns ist die Eigenschaft, dass sich diese Substanzen unter Wasseraufnahme in sehr stark klebrige, plastische Kolloide umwandeln. Nur als solche sind sie für unsere Zwecke der Stollen-Abdichtung brauchbar. Sie lassen sich ohne viel Mühe auf jede gewünschte Schichtstärke verarbeiten, wobei die einzelnen Klumpen durch Kneten, Pressen, Abziehen zu einer fugenlosen, von Luftblasen freien Masse zusammenschliessen.

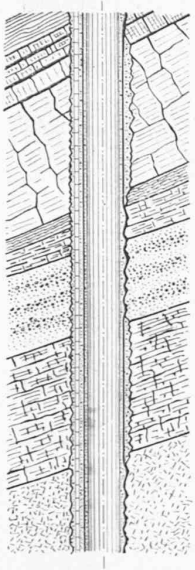
Lehm oder Ton zeigen im allgemeinen wenig Neigung zu chemischen oder physikalischen Veränderungen, mit Ausnahme ihrer Empfindlichkeit gegen Wasser. An der Erdoberfläche frei liegender lehmiger, also kolloidaler Boden gibt nur unter Widerwillen seinen Wassergehalt in der Sommerhitze ab, trocknet aus, reisst und wird hart. Wie aber der Regen eintritt, sind auch alsbald alle Erdsprünge verschwunden. Der Boden wird wieder weich, undurchlässig und über ihm sammelt sich das Regenwasser an. Wird der Lehm oder Ton demzufolge vor dem Austrocknen geschützt, so bleibt er weich, zäh, schmiegsam, dem Volumen nach konstant und absolut undurchlässig. Bessere Voraussetzungen zum Erfüllen dieser Bedingungen, so wie sie bei einem Druckwasser-Leitungsstollen vorliegen, kann man sich kaum wünschen. Es wäre daher angezeigt, mit umfassenden Versuchen über diesen neuen Baustoff zu beginnen, dessen sich unsere Lehrmeisterin Natur schon längst bedient damit das seiner ausgiebigen Verwendung leider entgegenstehende Misstrauen allmählich schwindet.

Von hohem Wert für uns ist die Beobachtung, dass der Lehm oder Ton kein Wasserfeind ist, wie die mannigfaltig auf den Markt kommenden Teer- und Asphaltprodukte. Weder die feuchten Felswände, noch die feuchten Beton-Verkleidungen in unserm Stollen brauchen also mit der Lötlampe vorgetrocknet zu werden, vielmehr kann man die knetbar weiche Masse in jeder Stärke sofort auftragen. Da dies von Hand geschehen kann und der Arbeiter die Felsoberfläche mit ihren Rissen, losem Gestein usw. vor Augen hat, bietet er nach einigem Anlernen Gewähr dafür, dass er alles sorgfältig verstreicht und mit seinem Material auch in die kleinsten Ecken gelangt. Durch Umhüllen der Spitzen und Kanten am Gestein mit Lehm, durch das Ausfüllen aller vorkommenden Hohlformen damit, verschwindet das Zackige, Eckige des Profils. Die Formen werden milder, wobei die Rauhigkeit abnimmt, was wiederum günstiger auf den Wasserdurchfluss wirken würde. Setzen wir eine bloss mit solchem Lehmmantel ausgekleidete Probestrecke von 100 bis 200 m Länge Wasserdruck von mehreren Atmosphären aus, so wird sich, wie vorauszusehen ist, keine Veränderung am wasserdichten Lehm zeigen. Denken wir uns aber den ganzen Stollen fertig und durchflossen von Wasser, so wird sich das gelbliche Dichtungsmittel im Wasser anfänglich etwas lösen und es trüben. Den Turbinen aber kann das Mitschleppen des fein verteilten Schlammes im Wasser nicht schaden, sofern nur absolut sandfreier Lehm verwendet wurde. Eine Beschädigung des Mantels durch das raschströmende Wasser ist bei seiner hohen Klebrigkeit von 2000 kg/m² (Kommerell, Statische Berechnung von Tunnelmauerwerk) wohl ausgeschlossen. Auch geben dieser Behauptung Beobachtungen in der Natur recht, wo Lehm in Bächen und auf Flussohlen vom geschiebeführenden Wasser kaum angegriffen wird.

Von diesem Standpunkt aus betrachtet, könnte man vom Anbringen einer innern Stampf- oder Gussbetonschicht überhaupt absehen, wenn man nicht da und dort mit mangelhafter Arbeit zu rechnen hätte. Da ferner die Klebrigkeit nicht überall den Höchstbetrag erreichen wird, weil sie mit der Felsunterlage wechselt, werden wir die Lehmschicht mit Beton verkleiden und die Form auf das Kreisprofil als der geeignetsten für den Wasserdurchfluss schliessen. Die begrenzten Hohlräume im Scheitel des innern Betonmantels können wir leicht durch Zement-Injektion füllen, worauf der Stollen gebrauchsfertig ist. Selbstverständlich reisst unter dem Einfluss des Druckwassers der Beton, welchem Vorgang aber, da die Risse meist sehr klein sind, keine Bedeutung beizumessen ist, da er keine statische Aufgabe zu übernehmen hat. Gerade was erwünscht ist, wird nun eintreffen: unter der allseitigen Pressung, der der eingeschlossene Lehm ausgesetzt ist, fliesst er langsam in die feinsten Ritzen des Gesteins (Abb. 1), sie abdichtend, ebenso in die Betonrisse und -Poren (Abb. 2 u. 3), überall dem Wasser den Durchgang versperrend. Nach Jahren erst dürfte dieser Vorgang der Abdichtung seinen Abschluss finden, doch ist der Stollen schon bei Inbetriebnahme wasserdicht, weil er mit einer unzerreissbaren Lehmhaut ausgekleidet ist. Damit wäre durch das neue Verfahren eine weitere Lösung der zweiten Hauptaufgabe der Abdichtung gegeben. Preisermittlungen zeigten, dass ungefähr mit 9 bis 12 Fr. pro m² Felsoberfläche der Abb. 1 und mit 7 Fr. pro m² Betonoberfläche der Abb. 2 oder 3 zu rechnen ist. Diese Zahlen können sich in jedem einzelnen Fall verändern unter dem Einfluss des Abstandes von Lehmgrube im Flachland und Verbrauchsort im Gebirge, insofern sich in nächster Nähe kein Lehm findet.

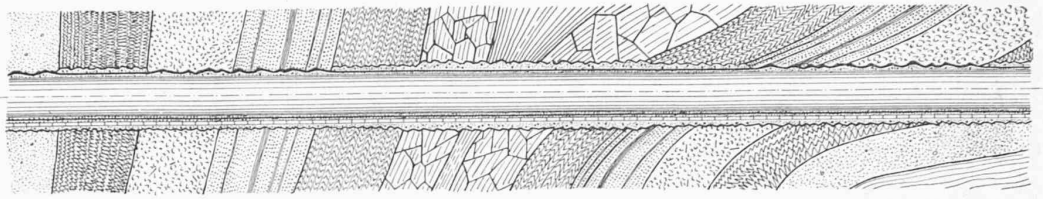
Aber nicht nur beim Bau neuer Stollen, sondern auch bei der Rekonstruktion durchlässiger alter Stollen lässt sich das beschriebene Verfahren vorteilhaft anwenden. Im Beispiel der Abb. 9 handelt es sich um eine nachträglich anzubringende Abdichtung, die gestattet, den Stollen wieder unter Wasserdruck zu setzen, nachdem man der zahlreichen

Fig. 5.



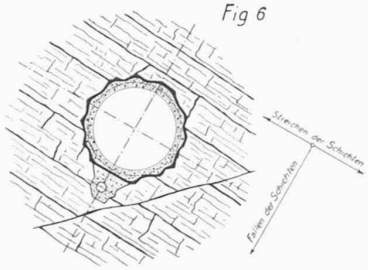
Vertikalschnitt durch einen Steigschacht mit richtig angelegter Drainage.

Fig. 4



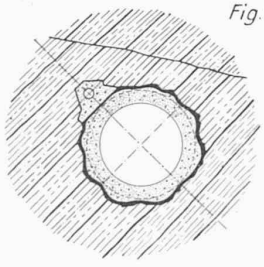
Schema für eine fertig ausgebaute Stollenstrecke.

Fig 6



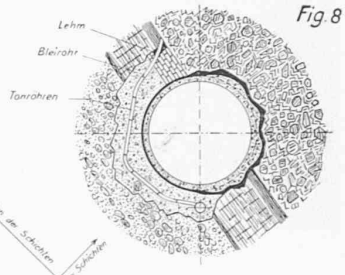
Horizontalschnitt durch einen Steigschacht in standfestem Gebirge unter Ausschluss von äusserem Wasserdruck; Drainage bleibt offen.

Fig. 7



Horizontalschnitt durch einen Steigschacht im Ufer des Stausees; durchlässiges Gebirge bei leerem Schacht äusserer Wasserdruck Drainage geschlossen

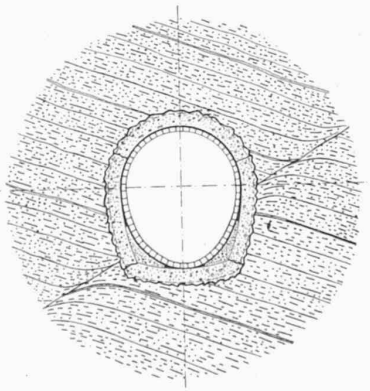
Fig. 8



Querschnitt durch einen Druckstollen mit richtig angelegter Wasserfassung ausserhalb des Profils.

Risse wegen von einer Unterdrucknahme absehen und diesen als Freispiegelstollen benutzen musste. Die Arbeit, die vier Handlungen umfasst, würde mit dem Zerstören der Teeranstriche als erster beginnen, wenn solche vorhanden sind. Darauf hätte man dem vom Eisenbahnbau übernommenen Profil durch Ausbetonieren der Ecken eine für unsere Zwecke günstigere Form zu geben. Nach diesen Vorbereitungen trägt man die Lehmschicht auf und könnte nun einen Schutzmantel aus Beton wie bei neuen Stollen anbringen. Doch in diesem Falle empfiehlt es sich, um möglichst wenig Profilfläche einzubüssen, den Beton durch Holz zu ersetzen, das ungefähr halb so viel Stärke braucht. An Stelle der Betontritt also eine Holzverkleidung, deren wasserseitige Oberfläche infolge Wasserdurchtränkung schwammig wird und dem Wasser eine glatte, beinahe reibungslose Wandung bietet. Vom Holz, sowohl wie vom Lehm ist zu sagen, dass jedes für sich ein Dichtungsmittel darstellt, die in unserem Falle zusammenarbeiten, indem das Holz durch Quellen seine Fugen selbst dichtet und den dahinter steckenden Lehm presst und ihn in alle Risse, auch in die feinsten zwängt, sodass eine vollkommene Abdichtung entsteht.

Fig. 9



Rekonstruktion eines durchlässigen Druckstollens mit Hülfe einer innern Holzverkleidung auf Lehmunterlage.

Das Verfahren lässt sich auch für mehrere hundert Meter hohe Steigschächte (Abbildungen 5, 6 und 7) anwenden, die als Ersatz für gefährdete äussere oder schwierig zu erstellende Rohrleitungen erstellt werden. Da auch hier der Wasserdruck unbedenklich dem Felsen überwiesen werden kann, bleibt nur die Frage der Abdichtung übrig. Auch hier lässt uns der Lehm nicht im Stich. Für ihn, der unter Drücken von 20, 40 oder 80 t/m² steht, bieten die Risse aller Grössen die einzigen Richtungen des geringsten Widerstandes, da er sonst nirgends ausweichen kann. Das Wasser aber versperrt sich selbst diese einzig möglichen Auswege durch die Ritzen, indem wir es zwingen, den Lehm, der weich, zäh, teigartig ist und unter den hohen Drücken ins Fliessen kommt, vor sich her in die sichtbaren und unsichtbaren Brüche im Felsen zu schieben. Dass dieses Arbeiten in den beiden Schichten der ungleichmässigen Felsunterlage wegen manigfache Risse im Beton erzeugt, ist selbstverständlich. Schollenförmig wird der Mantel brechen, oder, in andern Worten ausgedrückt, die Kräfte bauen sich nach ihrem Willen die nötigen Gelenke ein, deren sie zum Herstellen eines sichern Gleichgewicht-Zustandes bedürfen. Der Vorgang ist ungefährlich, weil Verschiebungen von solchem Umfange, dass Betonschollen herausfallen, ausgeschlossen sind, dabei abgesehen von der Klebrigkeit von 2000 kg/m² bei einem Gewicht der Scholle von vielleicht 1000 kg/m².

2. *Ueber systematische Abdichtung und Entwässerung.*

Es ist gezeigt worden, dass sich das neue Verfahren sowohl für horizontale, wie auch für vertikale Strecken der Wasserzuleitungsorgane eignen würde. Nun hat man aber in der Praxis von Auskleidung oder Abdichtung irgendwelcher Art der Stollen abgesehen, wo man glaubte, auf Wasserundurchlässsgkeit hoffen zu können. Sie scheint vorhanden zu sein, doch fragt es sich, ob der Ingenieur nicht einen Fehler in der Zeitrechnung begeht, weil das Wasser im Aufsuchen des Weges nicht nur Wochen oder Monate, sondern Jahre bedarf, bis es den Ausweg an die Erdoberfläche gefunden hat. Könnte man vielleicht die Abdichtung bei Stollen in Eruptivgesteinen, wie Granit, Diorit usw. weglassen, so wird die Sache doch bedenklicher bei Sedimenten wie Flysch, Schiefer, Kalk- oder Sandstein. Wird von einer Abdichtung abgeraten, weil sich das durchfahrene Gebirge als trocken erweist und für das menschliche Auge keine Spalten und Ritzen zu erkennen sind und die Geologen die Felsmassen als undurchlässig bezeichnen, so ist dagegen einzuwenden, dass wir im Grunde darüber nichts wissen, weil dem Auge nur Oberflächenformen und Verhältnisse sichtbar sind. Klüfte, entstanden durch Schub und Abkühlung in diesen grossen Eruptivmassen, sind denkbar und für in der Nähe vorbeifliessendes Stollenwasser auch erreichbar. Das Vorhandensein von Kristallhöhlen und Gängen, wenn auch selten vorkommend, gibt Anlass zu verschiedenen Bedenken. Will man alle Zweifel und Mutmassungen über Wasserverluste endgültig beseitigen, den Stollen dauernd unter Kontrolle haben, so muss man sich von der Natur unabhängig machen, d. h. man wird in unserem Falle, wie bei Sedimentgestein der Abb. 4 zu



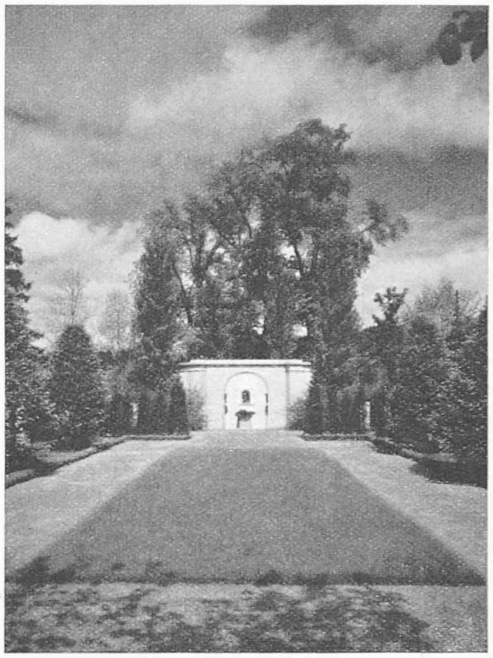


Abb. 1 und 2. Kolumbarium auf der Friedhofausstellung in Bern 1925.
Text hierzu und Clichés aus „Heimatschutz", Verlag Frobenius A.-G., Basel.

systematisch durchgeführter Abdichtung der ganzen Stollenlänge übergehen, unbekümmert um Gesteins- und Schicht-Beschaffenheit.

Von dem Zeitpunkt an, da der Stollenerbauer seine Stollen dem Betrieb übergeben hat, weiss er, normale Verhältnisse vorausgesetzt, über dessen Verhalten betreffend Dicht- oder Nichdichtsein nichts mehr zu sagen. Ein Gefühl der Unsicherheit muss jeden am Bau Beteiligten beschleichen, der die vorausgegangenen Spekulationen über Undurchlässigkeit mit erlebt hat. Beim Vortriebe hat man so viele verschiedene Gesteinschichten angetroffen, dass man unwillkürlich Vergleiche auf Undurchlässigkeit gezogen hat, d. h. man hält die einen für undurchlässiger als die andern, aber Bestimmtes weiss man nicht zu sagen. Die Unsicherheit wird noch weiter gesteigert durch die Anwendung eines nicht zugfesten Materials, wie es der Beton oder Zementmörtel in den Auskleidungen oder Abdichtungen darstellt. Die äussern Kräfte verlangen druckfestes Material, die innern zugfestes. Ein Material, das sich das eine Mal ziehen lässt, ohne zu zerreissen, das andere Mal drücken, ohne zu stauchen, gibt es nicht. Wir brauchen daher zwei Materialien. Irrtümlicherweise hat man die beiden Aufgaben der Sicherung und Abdichtung vermengt und sie durch Betonverkleidungen mit innerm Torkretmantel oder Zementmörtelverputz zu lösen gesucht. Das nachträgliche Verpappen der Betonporen mit Teerprodukten hat nur die Flächen zwischen den Rissen gedichtet, die Risse selbst aber nicht überbrückt.

Ueber den Wert oder Nicht-Wert der Drainage gehen die Meinungen auseinander. Man kann natürlich Rinnsale im Felsen zustopfen und das Wasser mag dann gehen wohin es will; ebenso kann es gehen mit Wasserverlusten von der Stollenseite her, die man ignoriert, bis grösserer Schaden aussen an der Erdoberfläche ein Nachspüren nach der Ursache verlangt. Damit geben wir aber die Herrschaft über die Natur auf, sodass ein vorsichtiger Ingenieur die Drainage einbauen und offen halten wird. Auch in Verbindung mit dem Bauvorgang leistet sie gute Dienste. Grundsätzlich wären Wasserzuflüsse in Röhren (Blei-, Ton- oder Zementröhren) abzufangen und in die Drainage zu leiten. Zu geschehen hat das so, dass man ausser Profil geht, schlitzartig aussprengt, die Rohre versetzt und einbetoniert. Darüber weg folgt dann die Lehm- und Betonschicht (Abb. 8). Am Ende der Drainage empfiehlt es sich, eine kleine Messvorrichtung und der Kalkausscheidungen wegen einen Syphon einzubauen, der Luftbewegung im Röhrensystem und somit Krustenbildung verhindern soll.

Die Beispiele der Abb. 5, 6 und 7 sollen die besondere Rücksicht auf die geologischen Verhältnisse bei Steigschächten zeigen. Richtig ist die Drainage nur angelegt, wenn sie die Fallinie der Schichtflächen im tiefsten Punkt trifft. Im Beispiel der Abb. 7 ist ein Sonderfall behandelt, wie er selten vorkommen wird: die durchlässigen Schichten des Ufers füllen sich mit Wasser. Darin liegende Stollen oder Steigschächte erhalten, wenn sie leer sind, starken äussern Wasserdruck, dessen Angriffspunkte auf dem Betonmantel nicht zu ergründen sind. Man wendet dann in solchen Zonen stärkere Druckprofile durchgehend an.

Beide Verfahren der Lehmabdichtung mit innerem Schutzmantel von Beton oder Holz sind vom Verfasser zum Patent angemeldet.

Von der Friedhof-Ausstellung in Bern 1925.[1])

Der „Heimatschutz" hat sich von jeher theoretisch in Wort und Schrift mit der Anlage von Friedhöfen und mit der Gestaltung von Grabzeichen befasst. In der Schweiz wiesen namentlich die Architekten Prof. H. Bernoulli und Prof. R. Rittmeyer nachdrücklich auf die Notwendigkeit hin, die Friedhöfe und die Grabzeichen würdiger zu gestalten. Auch einzelne Gruppen des schweizer. Werkbundes und besonders die Gewerbemuseen von Basel und Zürich halfen eifrig mit an der Hebung der Friedhofkultur. Die Bernische Vereinigung für Heimatschutz, unterstützt durch die städtischen und kantonalen Behörden und durch zahlreiche Gesellschaften, ging auf Anregung ihres einstigen Obmannes, Dr. h. c. Rudolf Münger, einen Schritt weiter und beschloss, in einer kleinen Friedhofanlage das praktisch durchzuführen, was vorher nur theoretisch gelehrt und im Bilde gezeigt werden konnte. Mit dem Vorstudium der Friedhofausstellung, dem Entwurf der Gesamtanlage und der künstlerischen Leitung wurde Arch. Hans Klauser betraut. Aufs tatkräftigste wurden seine Bestrebungen unterstützt durch Stadtgärtner Albrecht, der die Anpflanzung der gesamten Grünanlage und die Anordnung des Gräberschmuckes übernahm. Es sollten in dieser Friedhofanlage die Grabzeichen in den gärtnerischen Rahmen eingefügt werden. Dabei konnten leider die baulichen Arbeiten, mit Rücksicht auf die knappen Finanzen, nicht so ausgeführt werden, wie sie

[1]) Wir entnehmen Text und Bilder dieses Berichtes auszugsweise dem Juniheft d. J. der „Heimatschutz"-Zeitschrift mit frdl. Erlaubnis von Autor und Redaktion, deren bezügl. Bestrebungen die „S. B. Z." von jeher unterstützt hat, wo sie konnte. Red.