

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 10

Artikel: Beiträge zum Problem der Abdichtung von Druckstollen
Autor: Studer, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40858>

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

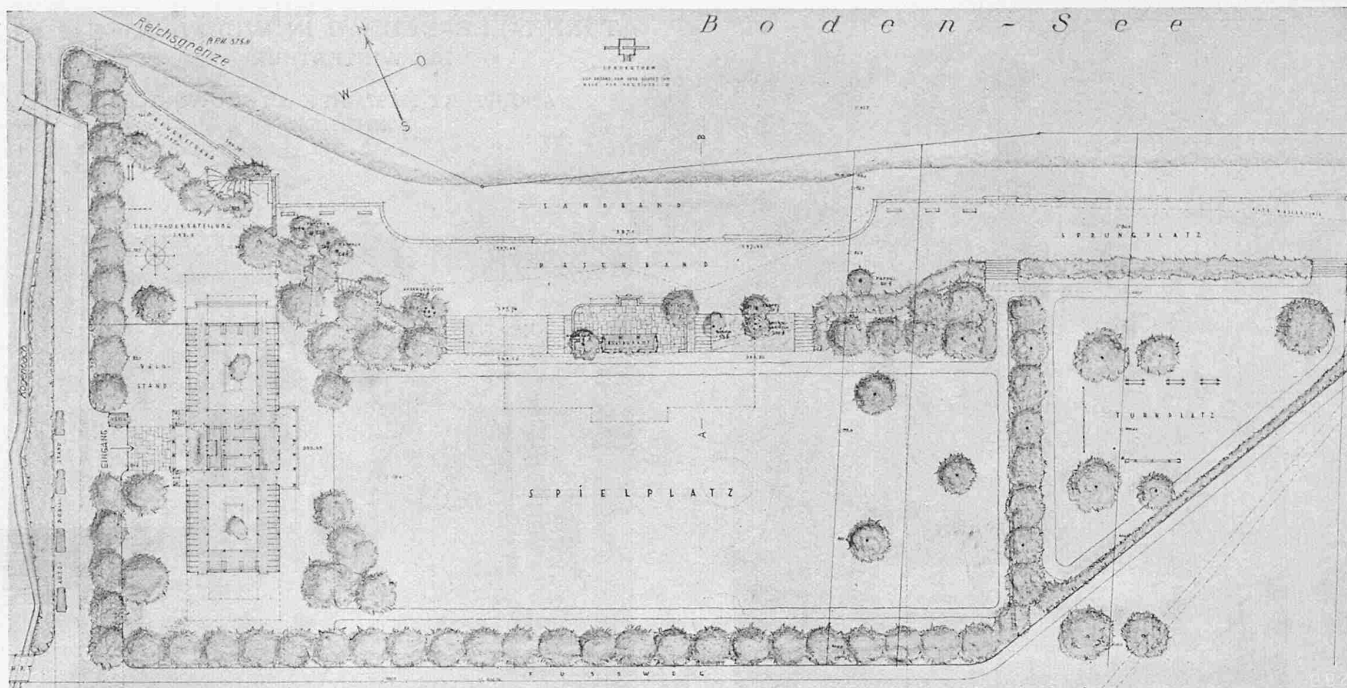
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

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: 30.03.2025

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



Gesamtplan der Strandbad-Anlage, Masstab 1:1250. — Darunter Profil A-B, Masstab 1:800.

Wettbewerb für eine Strandbad-Anlage in Kreuzlingen am Bodensee.

Vergangen Herbst kam in Kreuzlingen ein auf vier eingeladene thurgauische Architekten beschränkter Wettbewerb zum Austrag, der die Projektierung einer Seebad-Anstalt und einer Strandbad-Anlage zum Ziele hatte. Der Wettbewerb war, um dies vorweg zu nehmen, genau gemäss den Grundsätzen des S. I. A. dotiert mit einer Gesamt-Preissumme von 2800 Fr., wovon je 400 Fr. feste Entschädigung für jedes eingereichte Projekt und 1200 Fr. für je zwei Preise (Seebad und Strandbad).

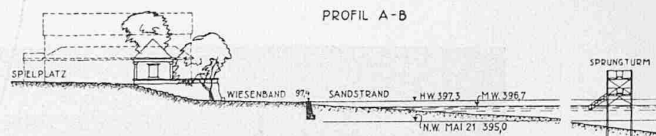
Das Ergebnis für die *Seebadanstalt* bietet kein weiteres Interesse, sodass wir uns hier auf Wiedergabe der bezügl. allgemeinen Bemerkung des Preisgerichts beschränken:

I. Seebadanstalt: Die Aufgabe wurde wesentlich erleichtert durch den im Jahre 1921 von der Gemeinde Rorschach durchgeführten Wettbewerb für eine Seebadanstalt.¹⁾ Allgemein ist zu bemerken, dass die Zugänge zu den Schwimmbassins mit zwei Rampen gegen Landseite und zwei Leitern gegen Seeseite genügen. Auf der Männerseite ist neben dem Abort ein Pissoir erforderlich. Die Bedürfnisanstalten sind möglichst in die Nähe des Eingangs zu legen. Die Ausschmückung der Aussenseite mit Fenstern ist praktisch und ästhetisch unnötig und erhöht die Baukosten.

Für das *Strandbad* steht ein von alten Bäumen belebtes Gelände zur Verfügung; der vorhandene Baumbestand ist im oben dargestellten Plan in den unregelmässig verteilten Bäumen erkennbar. Wir fügen den Bildern die allgemeinen Bemerkungen des Preisgerichts zum Strandbad, sowie die besonders zum Entwurf „Chogebach“ (Name des das Areal zur Linken begrenzenden Baches) bei:

II. Strandbad: Genügende, leicht zu findende Pissoiranlagen sind hier eine unumgängliche Notwendigkeit! Für die Einzäunung sollte aus naheliegenden Gründen von Holzkonstruktionen abgesehen und dafür z. B. Eisenbeton mit Grünbekleidung gewählt werden.

Ueber den Entwurf „Chogebach“ äussert sich das Preisgericht wie folgt: Das Projekt zeichnet sich ausser seiner künstlerischen Fassung durch zwei Gedanken aus: 1. Die Bucht mit ihrem Bestand an Bäumen wird möglichst unberührt gelassen und nur das Notwendigste an Ausgleich geschaffen. 2. Das Zellengebäude mit den Verwaltungsräumen am Eingang wird als Dominante auf die grosse Sportwiese bezogen und das Restaurant mit Ausblick auf See und



Sportwiese an den Abhang gelegt. Das Projekt leidet jedoch an allzuweit getriebener Grosszügigkeit. Das Zellengebäude mit seinen Höfen, dem basilika-artigen Mitteltrakt und Terrassen ist zu verschwenderisch. Diese Anlage kann aber mit verhältnismässig kleinem Personalbestand verwaltet werden. Der Eventualvorschlag für die Lage der Kasse ist abzulehnen.

Die Prämierung hatte folgendes Ergebnis:

I. Seebadanstalt:

1. Rang (450 Fr.), Entwurf von Arch. Herm. Weideli, Zürich.
2. Rang (250 Fr.), Arch. Theodor Scherrer, Kreuzlingen.

II. Strandbad:

1. Rang (300 Fr.), Entwurf von Arch. Herm. Weideli, Zürich.
2. Rang (200 Fr.), Arch. Hermann Fischer, Kreuzlingen.

Beiträge zum Problem der Abdichtung von Druckstollen.¹⁾

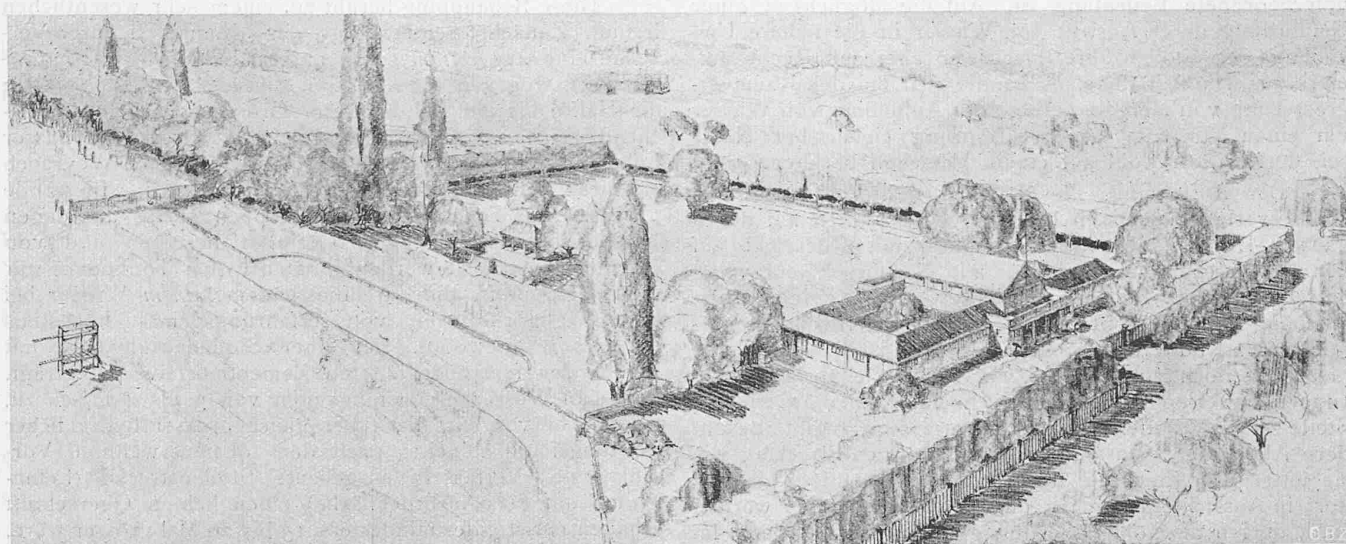
[Die nachstehenden Ausführungen bringen wir unsern Lesern um so lieber zur Kenntnis, als es sowohl Ing. A. Feller wie uns von Anfang klar war, dass seine „Beiträge“ einer fachmännischen Kritik rufen würden. Inzwischen hat er ihnen durch Veröffentlichung auch in andern Zeitschriften so grosse Verbreitung gegeben, dass ihre Diskussion als unumgänglich nötig erscheint. Redaktion.]

Das Bestreben von Ing. A. Feller, dem immer noch ungelösten Druckstollen-Problem auf dem Wege des praktischen Versuchs beizukommen, kann nach meiner Auffassung, der ich schon an anderer Stelle dieser Zeitschrift Ausdruck gegeben habe, nur sehr begrüsst werden. Da indessen praktische Versuche, wenn sie zu einem einwandfreien oder doch genügend überzeugenden Ergebnis — positiver oder negativer Richtung — führen sollen, so breit als nur möglich angelegt werden müssen und damit unter Umständen sehr beträchtliche Kosten verursachen, darf an sie erst herangetreten werden, wenn vor allem aus das Grundsätzliche dieser Versuche genügend überlegt ist;

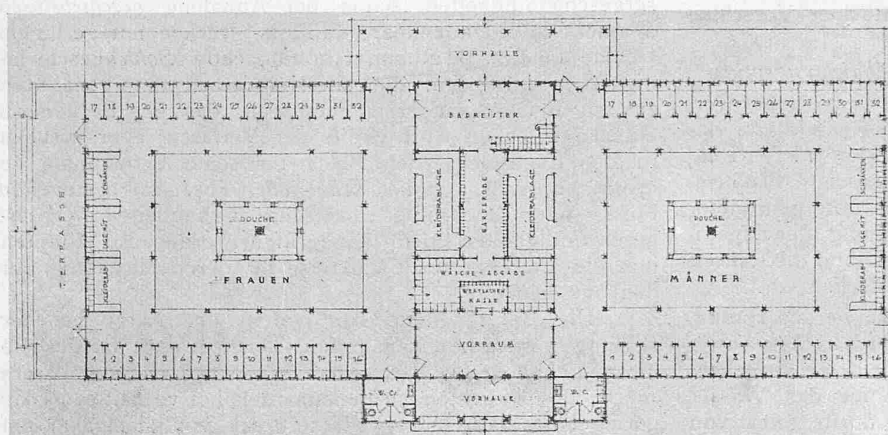
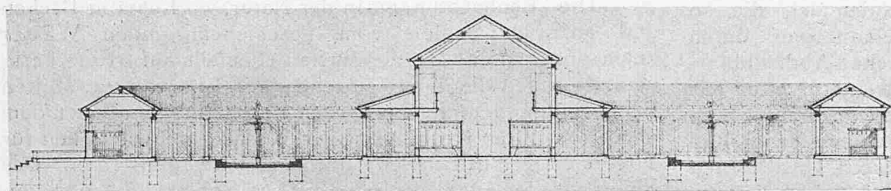
¹⁾ Darstellung jener Entwürfe siehe Band 79, S. 151 (25. März 1922). Red.

¹⁾ Vergl. Band 86, S. 217 (Nr. 18 vom 31. Oktober 1925).

WETTBEWERB FÜR EINE STRANDBAD-ANLAGE IN KREUZLINGEN AM BODENSEE.



1. Rang. Entwurf von Arch. Hermann Weideli, Zürich und Kreuzlingen. — Fliegerbild der Anlage aus Norden.



Grundriss und Längsschnitt des Zellen- und Verwaltungsgebäudes. — Masstab 1:400.

wenn von vornherein ernste und berechtigte Zweifel in dieser Hinsicht bestehen, so erscheint dieser Zeitpunkt noch nicht als gekommen. Die weitere Vermehrung der Zahl gewagter, weil im Grundsätzlichen nicht genügend abgeklärter Versuche birgt aber die Gefahr in sich, dass schliesslich auch der langmütigste, kapitalkräftigste, fachmännisch oder wirtschaftlich interessierteste Geldgeber das Zutrauen verliert und dass dann das Kind mit dem Bade ausgeschüttet wird, indem überhaupt solche Versuche als unnütze Probeleien betrachtet und abgelehnt werden. Sehen wir deshalb zu, dass wir den Kredit, der gerade mit Bezug auf klare, praktische, d. h. im Grundsätzlichen nicht hauptsächlich oder ausschliesslich auf theoretischer Ueberlegung beruhende Versuche auch heute noch offen steht, in vorsichtiger Weise in Anspruch nehmen.

Diese Sorge ist es, die mich veranlasst, an den Vorschlägen des Kollegen A. Feller mit den folgenden Ausführungen eine gewisse Kritik zu üben, in der Hoffnung, dass diese Anlass geben möge zu einer nutzbringenden

Diskussion über diese Vorschläge. Sollten sich hierbei die nachfolgenden kritischen Ausführungen in irgend einem Punkte als ungenau oder unzutreffend erweisen, so ist der Schreiber für Gegenkritik natürlich dankbar, weil auch diese nur abklärend wirken kann.

*

Der Verfasser der eingangs erwähnten „Beiträge“ bezeichnet in sehr treffender Weise als *die beiden Hauptaufgaben beim Bau eines Druckstollens*:

1. die Sicherung gegen Beanspruchung vom Gebirge her,
2. die Abdichtung des Stollens zur Verhütung von Verlusten an Triebwasser.

Die erste dieser beiden Aufgaben ist von vielen Wasserbau-Ingenieuren bis vor wenigen Jahren noch als *quantité négligeable* behandelt worden. Auch heute noch wird ihr von dieser Seite da und dort noch wenig Beachtung geschenkt, weil bei einem Druckstollen die Beanspruchung einer Stollenauskleidung durch den inneren

Wasserdruck gegenüber der Beanspruchung durch das Gebirge in der Regel überwiegt und weil diese rein tunnelbauliche Angelegenheit dem eigentlichen Wasserbau-Ingenieur etwas ferner liegt. Es erscheint daher als durchaus nicht überflüssig, sondern als sehr notwendig, immer wieder auf die Bedeutung dieser Frage aufmerksam zu machen, wie Feller es tut. Wieso er aber dabei in den Fällen, die durch seine Abbildungen 2 und 3 dargestellt werden, zu der gegebenen Dimensionierung der *äusseren* Betonauskleidung gelangt, ist nicht erklärlich, da diese Dimensionierung den statischen Verhältnissen durchaus nicht entspricht (vergl. Band 86, Seite 217).

Wenn der Verfasser mit Bezug auf die zweite der genannten Aufgaben, die eigentliche Hauptaufgabe beim Bau eines Druckstollens (oder, wie der Verfasser zutreffender sich ausdrückt, eines Druckwasserstollens), als einzigen Grund für die Abdichtung den hydraulischen Wert des Wassers bezeichnet, so weist er damit den Gefahren, die das Zutreten von Wasser aus dem Stollen für den

Hang zur Folge haben kann, entgegen seinen bezüglichlichen Äusserungen am Schluss der Veröffentlichung, nur sehr untergeordnete Bedeutung zu. Auf die Möglichkeit einer Gefährdung durch Austritt von Wasser in die nähere Umgebung der Stollenröhre macht er aber mit Recht aufmerksam. Die Annahme, es handle sich bei der Raumvergrößerung von Mergeln infolge der Aufnahme von Wasser um einen Vorgang, dessen Ursprung chemischer Natur sei, dürfte doch wohl auf einem Versehen beruhen.

Der Auffassung, die Aufgabe der Verhütung von Wasserverlusten müssen bei allen Druckstollen auf deren ganzen Länge gelöst werden, muss, mit Rücksicht auf deren wirtschaftliche Folgen, mit Nachdruck entgegengetreten werden. In massigem Urgestein, das keine zusammenhängenden, vom Stollen bis an die Oberfläche hinausreichenden Klüfte und Spalten aufweist, ist diese Aufgabe nicht erst noch zu erfüllen, wie schon vieljährige Erfahrungen beweisen und wie übrigens Ing. Feller an anderer Stelle seiner Veröffentlichung einigermassen zugibt. Besondere Abdichtungs-Massnahmen in derartigen Strecken, wie sie unter dem Eindruck der Ritom-Vorkommnisse da und dort in Aussicht genommen oder sogar geschaffen worden sind, dürfen als völlig überflüssig bezeichnet werden. Im übrigen kann aber der Äusserung des Verfassers nur beigegeben werden, dass bei geschichteten Gesteinen auch im günstigsten Fall eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich Wasserdurchlässigkeit vorhanden ist, die so oder anders beseitigt werden muss. Kann dies durch zuverlässige und wirtschaftlich erträgliche Abdichtungs-Massnahmen geschehen, so ist deren Anwendung wohl das empfehlenswerteste Mittel. Führt aber deren Durchführung wirtschaftlich zu weit, so ist sie nicht gerechtfertigt und man wird sich entweder mit einer gewissen Unsicherheit abfinden oder sich durch Abpressversuche Klarheit zu verschaffen trachten, wie das bis jetzt auch geschah.

Wenden wir uns nun dem eigentlichen Vorschlag Fellers zu, der

„Anwendung von Lehm und Ton als Abdichtungsmittel“.

Der Verfasser berührt zunächst die Frage einer vermuteten *chemischen* Einwirkung des Triebwassers auf das vom Stollen durchfahrene Gestein („Korrosion [?! Der Ref.] des Kalkes“). Diese Frage ist für das behandelte Problem, wenn überhaupt, doch von so durchaus untergeordneter Bedeutung, dass eine bezüglichliche „Beruhigung der Ingenieure“ mit dem Hinweis auf die „Erfahrung und die Lehren der Geologie“ nicht im Geringsten erforderlich ist.

Dass ein Stollen wasserdicht gemacht werden könnte, wenn die Ausbruchfläche unausgekleideter Strecken, sowie die unverputzte Betonoberfläche ausgekleideter Strecken, „mit einem plastischen, klebrigen und für das Wasser undurchlässigen Stoff überzogen würde“, dürfte selbst von Laien nicht bestritten werden. Die Forderung der Wasserdurchlässigkeit ist aber gleichbedeutend mit der Forderung der Unzerreissbarkeit dieses Ueberzuges. Als hierzu geeigneten Stoff bezeichnet der Verfasser „Lehm und Ton, wie er in Ziegeleien oder Tonwarenfabriken gebraucht wird“; er begründet seinen Vorschlag mit dem Hinweis auf das Walten der Natur bei der Bildung von Mooren, Sümpfen, Teichen, Seen, Quellen, und schliesst daraus, dass ein auf die Ausbruchfläche eines Stollens aufgebrachter Lehmmantel in *ruhendem* Wasser unverändert bleiben werde. In *fließendem* Wasser wird er sich anfänglich im Wasser etwas lösen (soll wohl heissen „ablösen“) und es trüben; das Mitschleppen dieses gelösten, fein verteilten Schlammes wird aber den Turbinen nicht schaden, sofern nur sandfreier Lehm verwendet wurde.“ — Viel eher, als mit dieser Selbstverständlichkeit, wird man sich mit der sehr überraschenden Behauptung des Verfassers beschäftigen müssen, „eine Beschädigung des Mantels aus Lehm durch das raschströmende Wasser sei bei der hohen Klebrigkeit des Lehms von 2000 kg/m² (nach Kommerell) wohl ausgeschlossen“, welche Behauptung er zu belegen sucht mit „Beobachtungen in der Natur, wo

Lehm in Bächen und auf Fluss-Sohlen vom geschiebeführenden Wasser kaum angegriffen wird“.

Diese Behauptung beruht auf einem sehr wesentlichen Irrtum. Zunächst sei bestätigt, dass Kommerell durch Versuche eine *Zugfestigkeit* von nassem Lehm von 0,2 kg/cm² feststellt, wogegen die Kohäsion dieses Materials nur etwa die Hälfte bis ein Drittel dieser Grösse erreicht. Entsprechend seiner sehr geringen Zugfestigkeit erträgt nasser Lehm nur eine sehr geringe Schleppkraft (nach Weyrauch ist diese Schleppkraft „die Kraft, mit der das fließende „Wasser die Teilchen zu verschleppen sucht, aus denen „Sohle und Wände eines Gerinnes bestehen und von „denen sie bedeckt werden“), nämlich (bei Tonboden) nur die Schleppkraft, die durchfließendem *reinem* Wasser bei einer Geschwindigkeit von erfahrungsgemäss höchstens 0,2 m/sek innewohnt. Bei einer Stollenauskleidung mit Beton, der fein abgeglätteten Zementmörtelverputz trägt, lässt man Wassergeschwindigkeiten von 3 bis 4 m/sek zu, woraus hervorgeht, dass bei gleich grosser hydraulischer Leistungsfähigkeit eine nach dem oben erwähnten Vorschlag des Verfassers ausgebaute Stollenstrecke (Lehm-Mantel auf Fels-Ausbruchfläche) einen lichten Querschnitt erhalten müsste, der mindestens 15 bis 20 Mal grösser wäre, als der eines ausbetonierten und glatt verputzten Stollens, wenn eben eine Beschädigung des Lehm-Mantels durch das fließende Wasser nicht eintreten sollte!

Die „Beobachtungen in der Natur, wo Lehm in Bächen und auf Fluss-Sohlen vom geschiebeführenden Wasser kaum angegriffen“ werde, dürften ebenfalls auf Irrtum beruhen, da ihnen die in der einschlägigen Literatur erwähnten Beobachtungen und empirischen Feststellungen, die zu dem oben genannten Mass zulässiger Wassergeschwindigkeit für Tonboden geführt haben, durchaus entgegenstehen. Das Nichtangreifen von Bach- und Fluss-Sohlen, die nur von Tonbeton gebildet werden, ist bei den vorhandenen Wassergeschwindigkeiten schon bei Annahme *geschiebelosen* Wassers völlig undenkbar, da Fluss-Strecken mit geringem Gefälle (wie z. B. Rhein, Rhone) schon *Sohlengeschwindigkeiten* aufweisen, die ein Mehrfaches der genannten zulässigen Geschwindigkeit betragen, das bei Bächen zu einem Vielfachen wird. Sollte der Verfasser aber wirklich in der Lage sein, den Beleg für seine Behauptung zu erbringen, dass *nur aus Lehm- oder Tonboden* bestehende Fluss- oder Bachsohlen bei den vorhandenen Wassergeschwindigkeiten nicht angegriffen werden, so könnten ihm die interessierten Fachkreise für deren Mitteilung nur dankbar sein.

Die Berufung auf das Walten der Natur bei der Bildung von Mooren, Sümpfen, Teichen usw. ist deshalb nicht stichhaltig, weil es sich hier meist um eine grössere Stärke des abdichtenden Lehmmantels bei verhältnismässig geringem — statischem — Wasserdruck, vor allem aber um ruhendes, so mindestens aber an der Sohle kaum bewegtes Wasser handelt.

Dass es dem Verfasser bei seinem Vorschlag selber nicht recht wohl ist, geht daraus hervor, dass er ihn nicht in die Praxis umzusetzen wagt, indem er selbst sagt, der Bestand eines völlig ungeschützten Lehm-Mantels *wäre* gewährleistet, „wenn man nicht da und dort mit mangelhafter Arbeit zu rechnen hätte und wenn die Klebrigkeit [gemeint ist diesmal wohl nicht die Zugfestigkeit oder Kohäsion, sondern die Adhäsion des Lehms am Felsen] nicht mit der Felsunterlage wechseln würde.“ Diese Unzulänglichkeiten sind es jedoch allein, die den Verfasser zu dem weiteren Vorschlag des Einbaues einer innern Schutzschicht aus Beton oder Holz (dieses bei bestehenden Stollen) veranlassen. Die Stärke dieser innern Schutzröhre aus Beton ist, wenn aus den Abbildungen geschlossen werden darf, zu $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{16}$ des lichten Durchmessers angenommen, würde also beispielsweise bei einem lichten Durchmesser von 3 m etwa 15 bis 18 cm betragen.

Wir gehen nun mit dem Verfasser durchaus darin einig, dass diese dünnwandige Betonröhre unter der Einwirkung des innern Wasserdruckes reissen wird, weil der

von Hand aufgebraachte Lehm an sich und wegen der Möglichkeit seines Ausweichens in Gesteins-Ecken, Spalten, Risse, die beim Aufbringen des Mantels nicht so vollkommen satt ausgefüllt werden können, nur einen verschwindend geringen passiven Gegendruck auszuüben im Stande ist. Die Schutzröhre würde deshalb bei Annahme einer Betonstärke von 20 cm und einer Beton-Zugfestigkeit von beispielsweise 10 kg/cm² schon bei einem Innendruck von weniger als 1 1/2 at reissen, sofern sie überhaupt nur auf Zug und nicht, infolge Spitzenlagerung, auch auf Biegung beansprucht würde, in welchem Falle Risse schon bei noch wesentlich geringerem Innendruck auftreten müssten. Was der Verfasser nunmehr erhofft, nämlich das Einpressen des Lehms in die Felsritzen und Spalten, sowie in die Betonporen des äusseren Betonmantels, wird gewiss zum Teil ebenfalls eintreten, ebenso sicher aber auch etwas, das der Verfasser nicht voraussetzt, nämlich einmal das Zerreißen des Lehm-Mantels neben Stellen, wo der Lehm stärker ausweichen kann. Vor allem aber wird infolge dieses Ausweichens (Nachpressen in grössere Spalten und Gesteins-Ecken, Kompression des nur von Hand eingebrachten Lehms) der Lichtraum erweitert; einer Vergrösserung des lichten Durchmessers um beispielsweise nur 3 cm, die leicht möglich ist, entspräche ja schon eine Gesamtrissweite von etwa 10 cm. Da die Röhre anfänglich voraussichtlich nur an wenigen Stellen ihres Umfanges reissen wird, so werden sich doch wohl nicht nur sehr feine Risse bilden, wie der Verfasser annimmt, sondern recht weite.

Zufolge der Profilerweiterung wird sodann die zer-rissene Schutzröhre stärker auf den einspringenden Fels-zacken aufliegen, umsomehr, als der diese Zacken und Spitzen überragende Lehm-Mantel immer mehr ausgequetscht wird. Infolge dieser Spitzenlagerung werden die einzelnen Röhrenstücke in verstärkter Masse auf Biegung beansprucht und zerbrechen, wodurch die Zahl der einzelnen Bruchstücke vermehrt, ihre Grösse aber verringert wird. Diese vom Verfasser zutreffenderweise als „Schollen“ bezeichneten, von einander vollständig getrennten Bruchstücke würden nun tatsächlich in der Lehm-Masse kleben bleiben auch bei Entleerung des Stollens, wenn im Lehm-Mantel längs der ganzen Klebefläche genügende Zugfestigkeit des Lehms oder genügende Adhäsion des Beton am Lehm vorhanden wäre und diese Zug- oder Adhäsionskraft nur das Gewicht der Scholle aufzunehmen hätte.

Nun hat man aber einerseits nach der Ueberzeugung auch des Verfassers mit den erwähnten Mängeln und Unzulänglichkeiten bei der Ausführung des Lehm-Mantels zu rechnen, die sowohl die Zugfestigkeit und Adhäsionskraft des Lehm-Mantels hinter einer „Scholle“ stark vermindern können (die Adhäsion des Lehms am Felsen kann auch durch schweisendes Bergwasser stark beeinträchtigt werden!). Sodann aber muss mit dem Eindringen von Druckwasser, bei glatt-verputzter Innenleibung der Beton-Schutzröhre durch deren Risse im Zeitpunkt ihrer Entstehung, bei unverputzter Leibung unmittelbar durch den Beton hindurch, an der Berührungsfläche zwischen Beton und Lehm-Mantel gerechnet werden. Durch dieses Druckwasser würde örtliche Gegenwirkung gegen den Innendruck, folglich ebenfalls Biegebungsbeanspruchung der grösseren Bruchstücke der Schutzröhre hervorgerufen, sowie eine Verminderung der Klebefläche herbeigeführt. Diese Erscheinungen würden sich insbesondere im oberen Profilteil zeigen, wo mit einem innigen Anliegen der Betonröhre am Lehm-Mantel trotz Zement-Einspritzungen nicht gerechnet werden darf, also gerade in der Partie, in der das ganze Gewicht einer Scholle vom Lehm-Mantel getragen werden müsste. Es wird nun wohl eher Regel als Ausnahme sein, dass dieser Gegendruck, in Verbindung mit der Verkleinerung der Klebefläche, zum mindesten beim Leeren des Stollens das Ablösen von Schollen der Betonröhre in der oberen Profilhälfte zur Folge haben wird. Es ist aber auch durchaus möglich, dass dieses Ablösen während des Betriebes stattfindet, z. B. bei Druckschwankungen, oder wenn bei der Deformierung der Schutzröhre eine „Scholle“ sich so

dreht, dass sie vom fliessenden Triebwasser erfasst und nach und nach abgerissen werden kann. Der unvermeidbare Prozess der Lockerung des „Schollen“-Gefüges, unter dem Einfluss der genannten Faktoren, mag durch das Heraus-schaffen des zwischen die Schollen eingepressten Lehms unterstützt und beschleunigt werden. Was geschieht, wenn auch nur eine einzige Scholle sich löst, lässt sich nun leicht denken: der blossgelegte Lehm-Mantel wird durch das Triebwasser in verhältnismässig kurzer Zeit abgetragen; der Lehm wird, wenn auch zuerst noch in langsamerem Tempo, unter der flussabwärts benachbarten Scholle immer tiefer greifend herausgewaschen, wodurch wiederum deren Klebefläche vermindert und Gegendruck erzeugt wird; die „Schollen“ lockern sich immer mehr und reissen schliesslich ab. So ginge das Spiel weiter. — Ähnliche Vorgänge würden sich bei den durch die Abbildungen 2 und 3 einerseits und Abbildung 9 andererseits dargestellten beiden Fällen abspielen, wenn auch vielleicht nicht so rasch.

Bei dem durch Abbildung 9 angedeuteten Versuch einer Lösung des Problems der Abdichtung bestehender, undichter Stollen mittels *Holzverkleidung* würde wohl etwa folgendes zu erwarten sein: Wenn die keilförmigen Holzdauben ohne Fassung zu einer „Röhre“ zusammengesetzt werden, so wird diese Röhre durch den innern Wasserdruck erweitert und der Lehm zwischen den Dauben herausgepresst. Man hat sodann aber, wie die allgemeinen und besondern Erfahrungen bei Versuchen mit ähnlicher Holzverkleidung von Druckstollen lehren, besonders bei Weichholz, mit einem starken Werfen der Holzdauben zu rechnen, die zum Herausspringen einzelner Dauben aus dem Gefüge oder mindestens zur örtlichen Erweiterung der Fugen führen können, durch die wieder der Lehm stellenweise herausgequetscht würde. Dass bei innern Wasserdrücken von mehreren hundert Metern, wie sie heute schon bei vertikalen oder geneigten Druckschächten vorkommen (bis zu über 700 m), diese bei Anwendung einer Holzverkleidung nach Vorschlag des Verfassers zu befürchtenden Umstände in sehr verstärkter Masse auftreten müssten, liegt auf der Hand. Die vorgeschlagene Holzverkleidung muss deshalb als für Druckschächte noch weit weniger anwendbar erachtet werden, als für Druckstollen. —

Wenn man auch mit dem Verfasser durchaus davon überzeugt sein kann, dass durch das Einpressen von Lehm in Felsritzen oder in den Beton der äusseren Auskleidung eine gewisse Abdichtung erzielt würde, so muss andererseits festgestellt werden, dass von einer vollständigen, lückenlosen und damit genügenden Abdichtung nicht die Rede sein kann. Es ist bereits auf die Wahrscheinlichkeit aufmerksam gemacht worden, dass der Lehm-Mantel da und dort reisst oder ausgequetscht wird, sodass das Druckwasser durch ihn hindurch gelangen kann. An seinen schwächeren Stellen wird der Lehm-Mantel vom Druckwasser sehr wahrscheinlich durchstochen werden. Es sei hier an die wertvollen Versuche der Abdichtungs-Kommission des Schweizer. Wasserwirtschafts-Verbandes erinnert, insbesondere an deren letzte Berichterstattung in der „S. B. Z.“ vom 30. September 1922 (Band 80, Seite 153). Das Druckwasser wird seine Durchgangstellen sehr rasch erweitern. Gewiss kann durch die dabei herausgesägten Lehmteilchen eine Abdichtung der zunächst liegenden allerfeinsten Felsritzen herbeigeführt werden; die weniger feinen Ritzen und vor allem die Felsspalten, auf die es hier ja in erster Linie ankommt, werden aber das schlammige Wasser durchlassen. Damit läuft alles wieder auf die Frage hinaus, wieviele solcher Ritzen und Spalten das Gebirge aufweist, d. h. wie durchlässig es ist. Bei einem geringeren Grade der Wasserdurchlässigkeit vermag vielleicht dieses Einpressen und Einschlämmen von Lehm genügende Abdichtung herbeizuführen, wie ja Fälle bekannt sind, wo anfänglich undichte Druckstollen schon durch den im Triebwasser suspendierten feinen Schlamm teilweise gedichtet wurden.

Im Ganzen genommen kann die Verwendung von Lehm als Abdichtungsmittel nur zu Teilerfolgen führen — die da und dort, bei geringer Wasserdurchlässigkeit des

Gebirges, genügen mögen — weil die Erfüllung der vom Verfasser selbst aufgestellten, durchaus einleuchtenden Forderung, dass die abdichtende Haut undurchlässig, also unzerreissbar sein muss, nicht gewährleistet ist. Der Vorschlag des Verfassers kann deshalb schon im *Grundsätzlichen*: der Verwendung von Lehm als Abdichtungsmittel, *nicht* als Lösung des Druckstollenproblems angesprochen werden. Im Vorstehenden ist der Nachweis versucht worden, dass aber auch die *praktische Durchbildung* der Anwendung dieses Mittels an sich schon zu Misserfolgen führen muss. Die Voraussetzung zur Ausführung der vorgeschlagenen Versuche *im Grossen* erscheint daher, so interessant sie auch sein würden, als *nicht gegeben*. Die Versuche mit den vorgeschlagenen Lösungen müssten aber in ziemlich grossem Masstab durchgeführt werden, weil sie unter *betriebsmässigen* Verhältnissen (unter der Einwirkung der Schleppkraft des Triebwassers) durchzuführen wären, um zu schlüssigen Ergebnissen führen zu können. Die Vornahme von Versuchen in ruhendem Druckwasser wäre dagegen in kleinerem Masstabe möglich; ein gewisser, wenn auch für das Problem nur sehr beschränkter Wert würde auch solchen Versuchen innewohnen; sie dürften zum mindesten eine interessante Ergänzung von ähnlichen Versuchen darstellen, die von der Abdichtungs-Kommission des Schweizerischen Wasserwirtschafts-Verbandes ausgeführt worden sind.

Mit der Aeusserung: „Irtümllicherweise hat man die beiden Aufgaben der Sicherung und Abdichtung vermengt und sie durch Betonverkleidungen mit innerem Torkretmantel oder Zementmörtelverputz zu lösen gesucht“, schneidet der Verfasser eine Frage an, zu deren Erörterung der zur Verfügung stehende Raum bei weitem nicht ausreicht. Immerhin darf der Verfasser darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei dem heutigen Stand des leider immer noch nicht gelösten Druckstollenproblems die Anwendung eines eisenbewehrten innern Gunitmantels (ausser welchem noch Druck-Röhren aus Eisenblech oder andern Materialien in Frage kommen) immer noch weitaus die häufigste ist. Eine der jüngsten Ausführungen dieser Art ist die eben vollendete Auskleidung der untersten Partie des Ritomstollens (die als notwendige Ergänzung der Auskleidung dieses Stollens, nicht als „Reparatur“ im landläufigen Sinne aufzufassen ist).

Der Ansicht Fellers hinsichtlich des Wertes einer Drainage für die Bauausführung und zur Beobachtung der Wasserverluste kann man nur beipflichten. Die Drainageleitung muss aber in dem Sinne offen, d. h. praktikabel gehalten werden, dass sie bei allfälligen Reparatur- oder Ergänzungsarbeiten im Stollen wieder benutzt werden kann. Es wäre jedoch gefährlich, sie *dauernd* nach aussen voll geöffnet zu lassen, weil dies in den Fällen, wo Druckwasser in die Umgebung des Stollens und damit in die Drainageleitung gelangen kann, zu empfindlichen Wasserverlusten führen müsste. Was der Verfasser über die sorgfältige Einleitung von Bergwasser (Quellen) in die Drainage sagt, ist nichts neues, sondern das beim Druckstollenbau bisher allgemein Geübte.

Zürich, 15. Dezember 1925. Hans Stüder, Ing.

Korrespondenz.

Zum Artikel in Nr. 5 laufenden Bandes

Normalisierung des Antriebsmechanismus

elektrischer Schnellzugslokomotiven der S. B. B.

erhalten wir folgende Zuschrift:

Die Veröffentlichung in Nr. 6 der „S. B. Z.“ vom 6. Febr. 1926, von Prof. Dr. W. Kummer, betr. Normalisierung des Antriebsmechanismus elektrischer Schnellzugslokomotiven der S. B. B. enthält einige Bemerkungen, die der Ergänzung und Richtigstellung bedürfen. Wenn von der Ueberlegenheit des Einzelachsantriebes als des Getriebes *mit nur rotierenden Konstruktionsteilen* gesprochen wird, ist diese Definition unzutreffend, da ja auch beim sogenannten Stangenantrieb nur rotierende Konstruktionsteile vorhanden sind (im Gegensatz zum Antrieb der Dampflokomotiven). Andererseits ist auch der Buchli-Einzelachs-Antrieb nicht „stangenlos“. Der Unterschied dieser beiden

Antriebsarten besteht im wesentlichen darin, dass beim sogenannten Stangenantrieb die Trieb- und Kuppelstangen Kräfte zu übertragen haben, deren Grösse und Richtung während einer Radumdrehung wechselt, wobei unter Umständen sehr grosse Kräfte auftreten, die zerstörend auf die Antriebssteile einwirken können.

Beim Buchli-Antrieb übertragen die beiden Stangen bei konstantem Motordrehmoment gleich grosse, *entgegengesetzt* gerichtete Kräfte. Die Kraftübertragung erfolgt also durch ein Kräftepaar, mithin durch Kräfte, die die Lager der Achse und des Triebzahnades nicht belasten.

Die Bemerkung, die A.-G. Brown, Boveri & Cie. habe 1917 gleichzeitig mit S. B. B.-Obermaschineningenieur Tschanz die Initiative zu Versuchen mit einem neuartigen Einzelachsantriebe ergriffen, ist insofern nicht ganz zutreffend, als es *O. Tschanz* war, dem das Verdienst gebührt, den Entwurf für einen Einzelachsantrieb (unter Zugrundelegung des Prinzips der Kreuzgelenkkupplung) schon 1916 ausgearbeitet zu haben. Im Verlaufe der hieran anschliessenden Verhandlungen mit Brown, Boveri & Cie. hat dann diese Firma einen eigenen Einzelachsantrieb, den Buchli-Antrieb, ausgearbeitet. Die beiden Antriebsarten wurden zur Erprobung an der sogenannten „Midi“-Lokomotive eingebaut, deren Indienstsetzung im Jahre 1918 erfolgte. Dieser erste Buchli-Antrieb war beidseitig ausgeführt worden. Bei den später bestellten Lokomotiven wurde der Buchli-Antrieb auf Anregung der Organe der S. B. B. nur noch einseitig ausgeführt und damit eine wesentliche Vereinfachung erreicht. Im Jahre 1922 wurde eine Versuchs-Schnellzugslokomotive der Bauart 1 B 1 - 1 B 1 (Serie Ae^{4/5}) geliefert, bei der im einen Triebgestell der Tschanz-Antrieb — neue Ausführung mit kurzer Gelenkwelle statt Hohlwelle — im andern Gestell der Buchli-Antrieb zur Anwendung gelangte, um beide Antriebsarten in einwandfreier Weise im Betrieb erproben zu können. Für die nächsten dringenden Bestellungen konnte allerdings das Ergebnis dieser Erprobung nicht abgewartet werden. In der Folge wurde dem B B C-Antrieb der Vorzug gegeben, weil er wesentlich einfacher und leichter ist als der Tschanz-Antrieb, der im übrigen sich gleichfalls bewährt hat.

Wenn die S. B. B. sich anlässlich der letzten Bestellung entschlossen haben, nur noch den einen Schnellzugtyp der Serie Ae^{3/4} zu bauen (als sogenannte Einheitslokomotive), so war für die Wahl dieser Bauart nicht nur der Buchli-Antrieb ausschlaggebend. Im Vergleich zum Einzelachs-Antrieb Westinghouse (mit Hohlwelle und Antriebsfeder zwischen Trieb- und Hohlwelle), der die Bauart mit Aussenrahmen bedingt, ist besonders auch der viel bessere Lauf (besonders in Kurven) der Lokomotive mit Innenrahmen (und zwar sowohl Einzelachs-Antrieb B B C als auch Stangenantrieb mit zwei Motoren) hervorzuheben.

Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, dass hinsichtlich Schleudergefahr der Einzelachs-Antrieb sich nach den Erfahrungen bei den S. B. B. nicht als ungünstiger erwiesen hat als der Stangenantrieb, sofern die Motoren parallel geschaltet sind.

Bern, 25. Februar 1926.

M. Weiss.

Die am 25. ds. Mts. an Sie gerichtete Einsendung des Ober-Maschineningenieurs der S. B. B., Bern, veranlasst mich zu einer Erwiderung nur insofern, als mir vorgehalten wird, ich hätte durch die Bezeichnung des Einzelachs-Antriebs als des Getriebes mit nur rotierenden Konstruktionsteilen eine unrichtige Definition verwendet, da ja auch beim sogenannten Stangenantrieb nur rotierende Konstruktionsteile vorhanden seien. Ich erwidere hierauf, dass die von Kurbeln geführten Kuppelstangen sich nur wie rotierend bewegen; weil ihre Fliehkräfte durch Gegengewichte an den Kurbeln ausgeglichen werden können, meinen dann die meisten Fachleute, die Stangenbewegung sei eine wirkliche Rotation und übersahen, zum langjährigen Schaden für den elektrischen Lokomotivbau, die viel wichtigere Tatsache der in den Stangen *hin- und hergehenden* elastischen Kraft. Durch meine Entdeckung, dass diese mit der Trägheitskraft der treibenden und der getriebenen Masse einen schwingungsfähigen Energieaustausch eingehe, für den ich schon 1914/15 die praktisch entscheidend gewordene Zahlengruppe 4—2—1 für das Verhältnis der Eigenfrequenz zu den erzwungenen Frequenzen geben konnte, muss doch wohl die Fiktion einer „Rotation“ der Kuppelstangen als beseitigt gelten, derart, dass der Einzelachs-Antrieb mit vollem Recht als *das* Getriebe mit nur rotierenden Konstruktionsteilen zu bezeichnen ist.

W. Kummer.