Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 121/122 (1943)

Heft: 4

Artikel: Eine neue Bewertungsweise für Luftschalldämmung, besonders bei Leichtbauweisen

Autor: Furrer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-53031

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: 06.01.2026

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

INHALT: Eine neue Bewertungsweise für Luftschalldämmung, besonders bei Leichtbauweisen. — Rekonstruktion des Umleittunnels am Pfaffensprung des Kraftwerks Amsteg der SBB. — Allgemeiner Leichtbau und Leichtmetalle. — Aerodynamische Wärmekraftanlage. — Fussgänger-Durchgang am Stadtturm in Baden. — Mitteilungen: Ueber Spannbetonrohre. Die erste Trolleybuslinie in Genf. Die Ausnützung von Kleinwasserkräften und ihre Bedeutung für die Energiewirtschaft. Persönliches. «Der Typ» und «die Type». Persönliches. — Nekrologe: Alfred Blaser. — Literatur. — Wettbewerbe: Strassenbrücke Sulgenbach-Kirchenfeld über die Aare. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 121 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 4

Eine neue Bewertungsweise für Luftschalldämmung, besonders bei Leichtbauweisen

Von P.-D. Dipl. Ing. W. FURRER, Bern

Es ist allgemein bekannt, dass die Luftschalldämmung einer Einfachwand umso grösser ist, je grösser das Wandgewicht ist. Alte Häuser mit dicken, schweren Mauern zeichnen sich daher in der Regel auch durch gute Schallisolation aus. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden die Mauern, besonders aber nichttragende Trennwände, im Laufe der Zeit ständig schwächer bemessen, und als Folge traten immer häufiger Belästigungen durch ungenügende Schalldämmung auf. Infolge der heute herrschenden Rohstoffknappheit wird ein möglichst leichtes Bauen noch mehr zur zwingenden Notwendigkeit, da durch leichte Trennwände naturgemäss auch die Tragkonstruktionen der Gebäude knapper bemessen werden können. Durch zusammengesetzte Wände, die aus mehreren leichten Schalen bestehen, lässt sich sehr viel Gewicht sparen, ohne dass die Schalldämpfung geopfert werden muss.

Es ist klar, dass die Konstruktion einer zusammengesetzten, mehrschaligen Wand komplizierter ist, als der Bau einer Einfachwand. Die konstruktiven Schwierigkeiten steigen mit der Anzahl der Schalen, da sogenannte Schallbrücken zwischen den einzelnen Wandteilen die Schalldämmung der ganzen Wand erheblich herabsetzen. Es wurden nun einige Versuche an zwei- und dreischaligen Trennwänden durchgeführt, die ganz aus einheimischem leichtem Material aufgebaut sind, um festzustellen, welche Dämmwerte praktisch auf diese Art erreicht werden können.

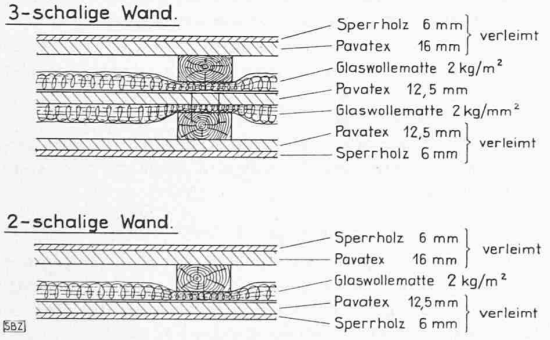

Abb. 1. Schematischer Aufbau von Leichtbau-Trennwänden

Als Baustoffe wurden gewählt: Holzfaserstoffplatten (z. B. Pavatex), Glaswolle und Sperrholz. Abb. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer zweischaligen und einer dreischaligen Wand. Die Schalldämmungen dieser Wände hat man nach dem üblichen Verfahren gemessen, d. h. es wurden Muster von etwa 2 m² Fläche zwischen zwei Hallräume eingebaut und die Schalldrücke auf beiden Seiten bestimmt, wenn in einem der Hallräume ein Lautsprecher mit einem Heulton erregt wurde. Die Schalldämmung D eines solchen Musters ist dann durch den folgenden Ausdruck gegeben:

$$D = 20 \log_{10} \frac{p_1}{p_2} - 10 \log_{10} \frac{A_2}{F} \text{ Decibel (db)}$$

Dabei bedeuten: p_1 und p_2 die Schalldrücke vor, bzw. hinter der Wand; F die Fläche des Musters; A_2 die Absorption des Empfangsraumes.

Neben den in Abb. 1 dargestellten Mustern wurden auf die gleiche Art noch gemessen: zwei Einfachwände aus Holz, 18, bzw. 45 kg/m² und eine gewöhnliche, unabgedichtete Türe.

Auf der Abb. 2 sind die gemessenen Schalldämmungen dargestellt. Es geht daraus hervor, dass die Schalldämmungen D der einzelnen Muster sehr verschiedene Frequenzabhängigkeiten zeigen und es kann dem Praktiker keineswegs zugemutet werden, anhand dieser Schalldämmkurven die Wirksamkeit einer Wandkonstruktion zu beurteilen. Daraus leitet sich sofort das Bedürfnis ab, die Schalldämmung einer Wand durch eine einzige Zahl zu charakterisieren. Man hat dafür den Begriff der «mittleren Schalldämmung D_m» geprägt, wobei D_m der planimetrische Mittelwert der Schalldämmkurve über dem logarithmisch aufgetragenen Frequenzbereich von 100 bis 3200 Hz ist. (In den D. I. N. 4110 wird der Frequenzbereich auf 100 bis 3000 Hz festgesetzt; die obere Begrenzung scheint dabei sehr willkürlich zu sein. 3200 Hz ist in dem Sinne logischer, als der Frequenzbereich dann gerade fünf Oktaven umfasst, womit sich auch die Festlegung der Messfrequenzen in Intervallen von halben Oktaven ohne weiteres ergibt.)

Die Berechnung von D_m aus den Resultaten der Abb. 2 ergibt das folgende Bild:

Muster	Gewicht	D_m
1. Gewöhnliche Türe undicht . . .	20 kg/m²	24,4 db
2. Einfachwand	18	30,1
3. Einfachwand	45	36,1
4. Zweischalige Wand	20	37,8
5. Dreischalige Wand	25	39,1

Aus dieser Aufstellung lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen: 1. Die Mehrfachwände ergeben trotz ihrem leichten Gewicht eine bessere Schalldämmung als die doppelt so schwere Einfachwand. 2. Die dreischalige Wand ergibt gegenüber der zweischaligen Wand nur eine relativ geringe Verbesserung. Dies beweist, dass mit Zunahme der Anzahl von Schalen die konstruktiven Schwierigkeiten rasch steigen, sodass mit drei Schalen

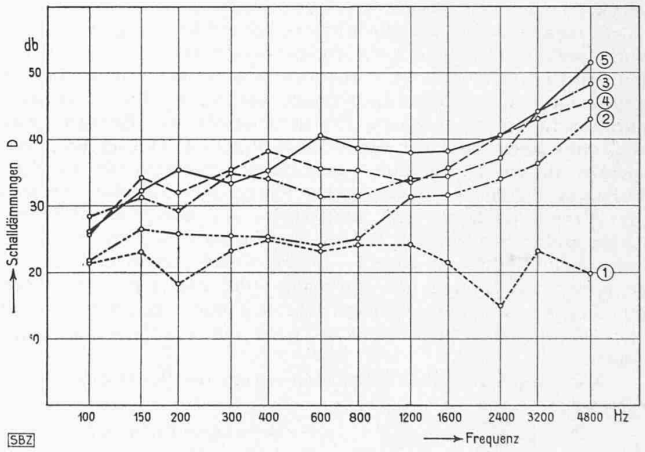

Abb. 2. Schalldämmkurven verschiedener Trennwände
1 Gewöhnliche, undichte Türe; 2 Einfachwand aus Holz, 18 kg/m²; 3 Desgl. 45 kg/m²; 4 Zweischalige Wand, 20 kg/m²; 5 Dreischalige Wand 25 kg/m²

bereits die praktische Grenze erreicht sein dürfte. Selbstverständlich könnten mit dem nötigen Aufwand auch vier- und mehrschalige Wände mit noch weit höheren Dämmungen gebaut werden, die Grenze ist hier lediglich durch die Kostenfrage gezogen.

Man muss sich nun weiter überlegen, ob die Angabe der mittleren Schalldämmung D_m überhaupt zur Kennzeichnung einer Trennwand genügt. Man kann ja für sehr verschiedene Kurven den gleichen Wert D_m erhalten und dann fragt man in erster Linie nach den praktischen Auswirkungen einer bestimmten Schalldämmung. Es sind daher schon wiederholt Versuche unternommen worden, direkt die Störlautstärke hinter der Wand aus der Schalldämmung zu berechnen, indem bestimmte mittlere Lautstärken für Sprache und Musik angenommen werden, woraus unter Berücksichtigung der Ohreigenschaften die sich einstellende Lautstärke im «gestörten» Raum berechnet werden kann[1]). Damit stellt sich aber dann die Frage nach der höchst zulässigen Störlautstärke, die sehr grossen Schwankungen unterworfen ist.

Es gibt nun noch ein anderes Kriterium für die Beurteilung der Störwirkung, nämlich die *Verständlichkeit*. Es ist eine be-

[1]) *J. Capek*, Akustische Zeitschrift Nr. 7 (1942), S. 152.

kannte Erfahrung, dass in einem Arbeitsraum unerwünscht übertragene Gespräche nur dann wesentlich stören, wenn sie verstanden werden können; Sprache, die so leise ist, dass sie unverständlich ist, wird als neutrales Geräusch empfunden, das sich aus den übrigen Geräuschen (Strassenlärm, Trittschall usw.) nicht mehr hervorhebt. Anderseits ist es oft auch für den «Störer» wichtig zu wissen, dass seine Gespräche auf der andern Seite der Wand nicht abgehört werden können, sodass die Einführung des Begriffes der Verständlichkeit in die Bauakustik sowohl vom Standpunkt des «Störers» wie auch des «Gestörten» als durchaus angebracht erscheint.

In der Telephonie ist es seit langem üblich, die Güte einer Verbindung durch die Verständlichkeit zu kennzeichnen. Man unterscheidet dabei hauptsächlich zwischen Laut-, Silben- und Satzverständlichkeit, drei Grössen, zwischen denen für jede Sprache bestimmt definierbare Zusammenhänge bestehen und die direkt gemessen werden können. Zu diesem Zweck werden eine Anzahl Laute, Silben oder Sätze über die zu messende Leitung gesprochen und es wird einfach festgestellt, ein wie grosser Bruchteil am andern Ende richtig verstanden wird. In Wirklichkeit sind diese Messungen etwas umständlicher, da es erstens eine sehr grosse Anzahl von Lauten, Silben oder Sätzen braucht, um zuverlässige Werte zu erhalten, und da es zweitens nötig ist, dafür eine besondere Gruppe von Leuten speziell einzuüben, um andere, zufällige Fehler zu vermeiden.

Bei Verständlichkeitsmessungen an Trennwänden würden nun noch weitere Schwierigkeiten auftreten, da man es hier, im Gegensatz zu Telephonleitungen, mit sehr kleinen Verständlichkeitswerten zu tun hat. Zudem könnten solche Messungen nicht im Laboratorium, d. h. in den eingangs erwähnten Hallräumen durchgeführt werden, da der grosse Nachhall die Ergebnisse fälschen würde und die akustischen Eigenschaften der beiden Räume vor und hinter der Trennwand für das Ergebnis wichtig sind.

Im Jahre 1930 hat J. Collard eine Methode veröffentlicht[2]), mit der es möglich ist, Verständlichkeiten von Telephonstromkreisen rechnerisch zu bestimmen. Es wurde nun versucht, diese Methode auch auf Trennwände anzuwenden.

Ausgangspunkt ist die mittlere spektrale Energieverteilung von Sprache inbezug auf die Reizschwelle des Ohres, wobei diejenigen Frequenzbereiche besonders zu berücksichtigen sind, die hauptsächlich zur Verständlichkeit beitragen. Ein Laut kann nämlich in einem gewissen Frequenzbereich viel Energie besitzen, ohne dass diese für die Verständlichkeit wichtig ist. Dazu werden die von H. Fletcher[3]) gemessenen Beziehungen zwischen Verständlichkeit und übertragener Frequenzbandbreite einerseits und Verständlichkeit und Lautstärke der einzelnen typischen Laute anderseits benützt. Diesen Kurven ist eine mittlere Unterhaltungslautstärke zu Grunde gelegt, wobei jedoch der Abstand zwischen den Lippen des Sprechers und dem Ohr des Hörers nur 12,7 mm ($^1/_2$ inch) beträgt, wie das beim Telephon der Fall ist; die mittlere Schallintensität wird mit $J = 1\,\mu W/\text{cm}^2$ angegeben.

Aus diesen Angaben lässt sich sofort der Schalldruck p berechnen:

$$p = \sqrt{J c \varrho} \qquad c = \text{Schallgeschwindigkeit}$$
$$p = 20{,}6\,\mu b \qquad \varrho = \text{Luftdichte}$$

In einer neuern Arbeit von H. K. Dunn und S. D. White[4]) werden statistische Messungen an Unterhaltungssprache veröffentlicht. Der quadratische Mittelwert des Schalldruckes über eine längere Zeitdauer liegt dort in der Nähe von $1\,\mu b$ für 30 cm Entfernung; für einen Abstand von 1,27 cm würde dies $23\,\mu b$ ergeben, was mit dem obigen Wert gut übereinstimmt.

Wenn wir nun von Telephonleitungen auf Trennwände übergehen wollen, müssen wir diese von Collard aufgestellte Kurve umrechnen für den mittleren Schalldruck im Raum auf der einen Seite der Trennwand. Dazu müssen wir die Absorption dieses Raumes kennen und wir treffen die Annahme, dass wir die Trennwand zwischen zwei normalen Bureaux oder ähnlichen Arbeitsräumen einbauen wollen. Die Ausstattung solcher Räume ist ja weitgehend uniform, so dass unsere Annahme keine wesentliche Einschränkung der allgemeinen Gültigkeit unserer Betrachtungen bedeutet.

Die Abb. 3 zeigt die Nachhallkurven von drei normalen Bureaux verschiedener Grösse. Aus der Nachhallzeit T und dem Raumvolumen V bestimmt sich sofort die Absorption A nach der Beziehung:

$$A = \frac{0{,}16\,V}{T}$$

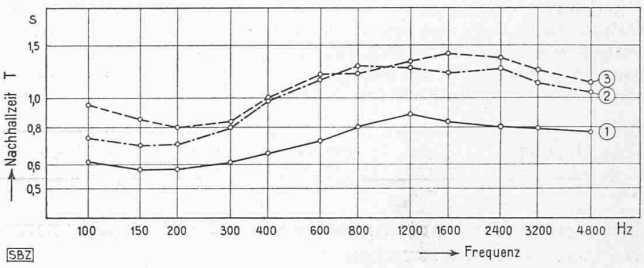

Abb. 3. Nachhallkurven von normalen Bureaux. — 1 Volumen 96 m³, Oberfläche 132 m²; 2 = V 167 m³, O 191 m²; 3 = V 203 m³, O 230 m²

wobei $A = \sum_1^n S_1 \ln(1 - \alpha_1)$ ist und auf diese Weise auch aus den einzelnen Absorptionsflächen S und ihren Schluckgraden α berechnet werden kann.

Aus dem gegebenen Schalldruck p berechnet sich die Leistung W der Schallquelle (des Sprechers):

$$W = R\,\frac{F_0\,p^2}{c\,\varrho}$$

Der Richtfaktor R eines Menschen könnte aus Messungen von Dunn & Farnsworth[5]) genau berechnet werden. Da sein Einfluss auf das Endresultat gering ist, wird er näherungsweise zu 0,5 angenommen, was physikalisch bedeutet, dass die Quelle alle ihre Energie in eine Halbkugel strahlt; die ganze Kugeloberfläche wird mit F_0 bezeichnet. Aus der Leistung W erhält man direkt den mittleren Schalldruck p_1 in einem Raum mit der Absorption A:

$$p_1 = \sqrt{\frac{4\,c\,\varrho\,W}{A}}$$

W eingesetzt ergibt:

$$p_1 = \sqrt{\frac{4\,R\,F_0\,p^2}{A}}$$

Für A setzen wir einen mittleren Wert von 25 m² ein. (Mittelwert aus den Kurven der Abb. 3.) Damit ergibt sich

$$p_1 = p - 35\,\text{db}$$

Wie eingangs bereits ausgeführt wurde, besteht die Beziehung:

$$20 \log_{10} \frac{p_1}{p_2} = D + 10 \log_{10} \frac{A_2}{F}$$

Für A_2 setzen wir einen gleichen Arbeitsraum voraus ($A_2 =$ 25 m²) und als Fläche der Trennwand nehmen wir 15 m² an, sodass sich ergibt:

$$10 \log_{10} \frac{A_2}{F} \cong 2\,\text{db}$$

Diese Korrektur ist unbedeutend, A_2 und F können also stark schwanken, ohne das Resultat wesentlich zu beeinflussen.

Es ist nun noch zu berücksichtigen, dass die Hörschwelle durch Geräusche ansteigt (Verdeckungs- od. Maskierungseffekt). Dieses Ansteigen kann aus dem Hörspektrum berechnet werden[6]). Wir müssen also auch noch eine gewisse Störlautstärke annehmen. In einem sehr ruhigen Bureau (dies ist der ungünstigste Fall) muss man tagsüber mit etwa 30 phon Störlautstärke rechnen. Diese 30 phon werden erzeugt durch Strassenlärm (geschlossene Fenster), Trittschall aus dem obern Stockwerk, Korridor usw. Durch Schreibmaschinen o. ä. würde der Wert von 30 phon noch ganz wesentlich ansteigen. Diese Störlautstärke hat eine Reizschwellenerhöhung von etwa 15 db zur Folge, die wir ebenfalls als normal betrachten können.

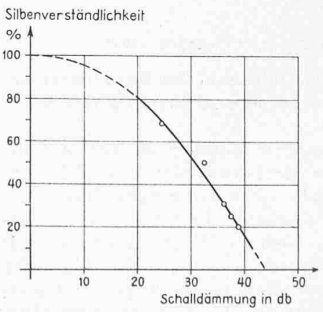

Abb. 4. Silbenverständlichkeit in Abhängigkeit der Schalldämmung einer Trennwand, berechnet für zwei normale Bureaux und 30 phon Störlautstärke

Die Berücksichtigung dieser drei Einflüsse gestattet die Umrechnung der erwähnten Kurve von Collard für unsern Fall und die Durchführung der Verständlichkeitsrechnung. Für Einzelheiten sei auf die bereits zitierten Originalarbeiten von J. Collard verwiesen. Die Rechnung ist für die fünf Typen von Trennwänden durchgeführt worden und die Abb. 4 zeigt die erhaltenen Silbenverständlichkeiten in Abhängigkeit der Schalldämmung. Eine

[2]) *J. Collard*, Electrical Communication (Deutsche Ausgabe) 7 (1929), S. 175 und 8 (1930), S. 141.

[3]) *H. Fletcher*, Speech and Hearing, New York (1929).

[4]) *H. K. Dunn* und *S. D. White*, Journ. Acoust. Soc. America 11 (1940), S. 278.

[5]) *H. K. Dunn* und *D. W. Farnsworth*, Journ. Acoust. Soc. America 10 (1939), S. 184.

[6]) *H. Fletcher*, Journ. Acoust. Soc. America 9 (1938), S. 275.

Schalldämmung von 39,1 db, wie sie für die dreischalige Trennwand gemessen wurde und annähernd auch für eine sorgfältig gemauerte, verputzte, 12 cm-Backsteinmauer gilt, ergibt eine Silbenverständlichkeit von 20 %, während die gewöhnliche Türe mit 24,4 db Dämmung eine Silbenverständlichkeit von nahezu 70 % ergibt. Diese Werte stimmen mit der Erfahrung durchaus überein.

Der Frequenzgang der Schalldämmung hat auf die Verständlichkeit wenig Einfluss. Wenn die Verständlichkeit für eine Trennwand mit ebenfalls 39,1 db Dämmung, die aber im Gegensatz zum dreischaligen Muster frequenzunabhängig ist, gerechnet wird, so ergibt sich eine leichte Erhöhung von 20 auf 22 %, was praktisch unbedeutend ist.

Für die Bewertung von Silbenverständlichkeiten gelten ungefähr die folgenden Richtlinien, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass ein zusammenhängender Text das Ergänzen nicht verstandener Silben erleichtert:

75 bis	100 %	sehr gut
65 bis	75 %	genügend
unter	60 %	ungenügend
unter rd.	25 %	vollkommen unverständlich

Zusammenfassung. Es werden einleitend für einige Typen von Trennwänden in Leichtbauweise die Schalldämmungen gemessen. Anschliessend wird gezeigt, dass auch für die Bewertung von Trennwänden der Begriff der Verständlichkeit eingeführt werden kann, wie dies in der Telephontechnik seit langem üblich ist. Dadurch ergibt sich ein *anschaulicher Bewertungsmasstab*, da die Silbenverständlichkeit ohne weiteres als einfaches, praktisches Kennzeichen die Eigenschaften der Wand in Beziehung zum täglichen Leben bringt. Im Gegensatz dazu steht die bisherige Angabe der Schalldämmung in db, ein logarithmisches Mass, das den meisten Baufachleuten ungewohnt und nicht geeignet ist, ihnen eine praktische Vorstellung vom tatsächlichen Verhalten der Wand zu vermitteln. Es muss dabei allerdings in Kauf genommen werden, dass die Berechnung der Silbenverständlichkeit die Kenntnis der akustischen Eigenschaften der zu trennenden Räume, sowie der Geräuschlautstärke voraussetzt und dass ausser dem bisherigen Messverfahren noch eine zusätzliche Rechenarbeit erforderlich ist. Trotz diesen Komplikationen, die jedoch prinzipiell keine Schwierigkeiten bieten, scheint die Methode überall da wertvoll zu sein, wo es hauptsächlich auf die Dämmung von Sprache ankommt.

Rekonstruktion des Umleittunnels am Pfaffensprung des Kraftwerks Amsteg der SBB

Zu diesem Aufsatz von Dipl. Ing. K. Seidel[1]) erhielten wir von Dipl. Ing. *Hans Meyer*, Passwangstrasse 54, Basel, über den Bauvorgang an der Einbruchstelle folgende *Zuschrift:*

«Ing. Seidel schreibt, dass zwei Baumethoden in Frage standen: Ein senkrechter Schacht oder bergmännischer Abbau im Stollen. Diese zweite Methode kam dann zur Ausführung. Wiederholt macht Ing. Seidel aufmerksam auf die grossen Gefahren und Schwierigkeiten, unter denen die Arbeiten auszuführen waren. Diese lagen vor allem im Druck des gestauten Stollenwassers und in der Möglichkeit eines Nach-, d. h. Abrutschens des im Stollen liegenden Schuttes. Beide Momente sind begründet dadurch, dass nicht mit, sondern gegen das Gewicht gearbeitet wurde.

Wenn ich Abb. 10 auf S. 124 betrachte, so frage ich mich, ob diese Arbeiten nicht vielleicht nach folgendem Programm mit weniger Schwierigkeiten und Gefahren (und möglicherweise billiger) hätten ausgeführt werden können: 1. Oeffnen des Tunnelgewölbes hinter den Dammbalken, bzw. Schützen. 2. Durch die Oeffnung Montage eines Pumpen-Aggregates auf Stollensohle. 3. Auspumpen des Tunnelwassers. 4. Angriff, Freilegung und Schliessung der Einbruchstelle nur von der Einlaufseite her. 5. Lösen und Verkleinern der festgeklemmten Felsblöcke. 6. Ausräumen, d. h. zum grossen Teil Ausschwemmen des Schuttes im Tunnel.»

Von Ing. Seidel erhalten wir hierzu nachstehende Aeusserung:

«Zu diesem auf den ersten Blick einleuchtenden Vorschlag sei folgendes ausgeführt. Das Vorgehen nur von der Einlaufseite her hätte die doppelte Bauzeit erfordert, und, da die während des Abbaues aus Sicherheitsgründen gebotene Tiefhaltung des Staubeckenspiegels im Sommer nicht möglich war, hätte die Einbruchstelle erst im zweiten Winter geschlossen werden können. Für das Ausschwemmen des Schuttes — nach Lösen und Zerkleinern der Blöcke — wäre demnach erst der darauffolgende zweite Sommer in Frage gekommen. In Anbetracht jedoch des im Aufsatz erwähnten erheblich verschlechterten Zustandes der Sohle hätte ein Ausschwemmen kaum gewagt werden dürfen. Voraussetzung wäre auch gewesen, dass die Sohle unterhalb der Einbruchstelle noch vorhanden sei, was indessen ganz unsicher war. Ihre allfällige Wiederherstellung und insbesondere die von Anfang an vorgesehene teilweise Sohlenerneuerung (vgl. Bd. 120, S. 127 rechts Mitte) hätte also erst im dritten Winter ausgeführt werden können. Damit wäre aber gegenüber der tatsächlichen Durchführung der Arbeiten, die im zweiten Winter beendet wurden, nicht nur keine Verbilligung erzielt worden, sondern es hätten auch die Erschwerungen im Betrieb ein ganzes Jahr länger gedauert.

Bei dieser Gelegenheit sei eine Präzisierung angebracht. Die knapp gehaltene Darstellung der Tunnelausräumung liess, wie der Vorschlag Meyers zeigt, den Eindruck aufkommen, als ob zu Beginn des Abbaues des Einbruchkegels noch der volle Druck des oberhalb angestauten Wassers vorhanden gewesen wäre. Das war aber nicht der Fall, indem eine teilweise Absenkung, wie beabsichtigt, während der Ausräumung in den letzten 35 m unterhalb der Einbruchstelle erreicht werden konnte. Das auf S. 126 unter Ziff. 7 erwähnte «behutsame Ausräumen» dieser bis 1,40 m unter Scheitel mit Geschiebe angefüllten Strecke bestand nach dem Vorschlag des Verfassers darin, dass nicht von unten her tunnelaufwärts, sondern zur Hauptsache auf die ganze Länge gleichmässig von der Oberfläche her abgegraben wurde. Hierbei tiefte man vorerst einen Abzugsgraben schrittweise je 20 bis 30 cm ein, und zwar auf der linken Tunnelseite, wo die kurze Blockstrecke des Einbruchkegels im oberen Teil nicht mit Schutt abgedichtet war. So wurde erreicht, dass der See oberhalb von ursprünglich 3,7 m auf weniger als 2 m Tiefe absank, womit die Durchbruchgefahr wesentlich vermindert war. Wie im Aufsatz erwähnt, gelang es dann nach Erstellung der zweiten Abbauwand, durch Ausräumen des Schuttes zwischen den Blöcken den See noch weiter auf 1 m Tiefe abzusenken und schliesslich ganz leer zu pumpen.»

*

Von Ing. Dr. *H. E. Gruner*, Basel, sind dem Verfasser folgende Aeusserungen zugegangen:

«Beim Durchlesen des Artikels sind mir verschiedene Erwägungen gekommen, von denen ich nachstehend sprechen möchte. Sie schreiben, dass in dem Tunnel bei Hochwasser eine mittlere Geschwindigkeit von 13 m/s herrscht. Gestützt hierauf frage ich mich, ob dabei nicht die zulässige Geschwindigkeit für einen Tunnel überschritten sei. Es entsteht hierdurch ein Druckpotential von 8 bis 9 m, also nahezu von 1 at, und ich habe den Eindruck, dass dadurch nicht nur Saugwirkung, sondern auch Kavitation sich bemerkbar macht. Aus der Saugwirkung und aus der Kavitation erklären sich gewiss die ständig erforderlichen Reparaturen, die zum kleinsten Teil auf schlechte Ausführung zurückgeführt werden dürften. Diese Erwägungen sind für Neuprojektierungen sehr wichtig. Auch an andern ähnlichen Stellen hat man in dieser Hinsicht schon Erfahrungen gemacht. So wurde beim Grundablass des Plessurwerkes die in ausgesucht hartem und zähem Gestein ausgeführte Schwelle jeweils in zehn Jahren so ausgewaschen und ausgekolkt, dass sie sich wieder dringlich reparaturbedürftig zeigt. Man entschloss sich also 1936, den Auslauf mit gusseisernen Abdeckplatten zu schützen, ähnlich wie beim Stauwehr Laufenburg in der Umgebung der Schwelle, und diese Verkleidung scheint sich bis jetzt gut gehalten zu haben.

Man fragt sich ja auch nach Durchlesen Ihres Artikels, ob es nicht vorteilhafter wäre, noch einen zweiten Stollen zu bauen, sodass die Geschwindigkeit auf die Hälfte herabgesetzt und dadurch an Reparaturkosten gespart würde. In dieser Hinsicht sind jedoch Ihre Ausführungen über die Kosten von Bedeutung, denn aus diesen geht hervor, dass trotz den ständigen Reparaturen der schwer belastete Tunnel im Betrieb noch billiger ist als die Erstellung eines zweiten Tunnels, da die Reparaturen schliesslich nur einen kleinen Prozentsatz der Baukosten pro Jahr betragen.»

Hierzu bemerkt Ing. Seidel folgendes:

«Nach dem Herausreissen von Steingruppen in der Tunnelsohle im Jahre 1935 wurde erwogen, ob nicht, ausser der nächstliegenden Anordnung eines Holzbohlenbelages, der von Ing. Gruner erwähnte und dem Verfasser bekannte Sohlenschutz mit Gusseisenplatten wie beim Stauwehr Laufenburg verwendet werden könnte. In Betracht gezogen wurden auch Panzerplatten, die damals von abgetakelten Kriegschiffen her ziemlich billig erhältlich gewesen wären. Ferner dachte man an satt aneinander gelegte umgekehrte alte Eisenbahnschienen, die ebenfalls ganz billig zur Verfügung gestanden hätten. Man war sich jedoch darüber klar, dass vor allem eine einwandfreie, dichte Unterlage erforderlich gewesen wäre, wozu nach den späteren Erfah-

[1]) SBZ Bd. 120, S. 123* (12. Sept. 1942).