

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 31

**Artikel:** Unterirdische Krankenhaus-Schutzbauten  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61965>

#### 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:** 27.01.2026

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

( $Q_T$  Turbinenwassermenge,  $\Delta h$  Differenzdruck,  $c$  Konstante) lag zwischen  $0,502 \leq n \leq 0,519$ . Der grösste Differenzdruck ergab sich zwischen den Messstellen am Sporn und in der Stützschaufel; er betrug bei voller Oeffnung der Turbine  $\Delta h = 1,8$  m.

Die an allen Turbinen geeichte Differenzdruck-Messeinrichtung wird in Zukunft zur Betriebskontrolle und laufenden Bestimmung der Turbinenwassermenge dienen.

### 3. Versuchsergebnis

In Bild 7 wurde das Ergebnis der Messungen zusammengestellt, wobei über der Wassermenge  $Q_T$  der Turbinenwirkungsgrad  $\eta_T$ , die Turbinenleistung  $N_T$ , die Leitapparatoeffnung  $a_o$  und der Laufradwinkel  $\varphi$  aufgetragen wurden. Diese Darstellung hat gegenüber der sonst noch üblichen Auftragung des Wirkungsgrades über der Leistung und einer weiteren Aufzeichnung von Leistung und Wassermenge über der Leitschaufelöffnung u. E. den Vorteil besserer Anschaulichkeit und Uebersicht. Aus Bild 7, in das auch der garantierte Wirkungsgrad für  $H = 11,0$  m eingetragen wurde, ersieht man, dass die Garantie um 1,5 bis 2,8 % überschritten wird. Der etwas stärkere Abfall der Wirkungsgradkurve im Bereich grösserer Wassermenge, der aber schon ausserhalb des Garantiebereiches liegt, ist auf Kavitationseinflüsse zurückzuführen.

Wenn auch die Garantiewerte durchwegs überschritten werden, so ist es doch von Interesse, die Grösse des Messspiels nach den neuen Deutschen Abnahmeregeln für Wasserturbinen (in Vorbereitung) zu bestimmen. Unter Messspiel  $f$  wird die wahrscheinliche Abweichung vom wirklichen Wert verstanden. Als Richtwerte werden angegeben:

Wassermenge durch Flügelmessung  $f_Q = \pm 1,5\%$   
 Fallhöhe durch Abstich  $f_H = \pm 1\%$   
 Leistung bei Messung der Klemmenleistung  $f_N = \pm 1\%$

Für den Turbinenwirkungsgrad ergibt sich damit ein Messspiel von

$$f_\eta = \pm \sqrt{f_Q^2 + f_H^2 + f_N^2} = \pm 2,1\%$$

Zur Bestimmung der Grenzen, innerhalb deren der Wirkungsgrad liegen darf, ist dieses Messspiel mit dem tatsächlich erzielten Wirkungsgrad zu multiplizieren. Hätte man z. B. bei  $140 \text{ m}^3/\text{s}$  nur einen Wirkungsgrad von 89 % gemessen (tatsächlich wurden 92,1 % erreicht), so wäre die Garantie doch noch erfüllt, da  $0,89 (1 + 0,021) = 0,909$  oder 90,9 % ergibt, der Garantiewert hier aber nur 90,6 % beträgt. Im übrigen glauben wir, dass das Messspiel im vorliegenden Fall tatsächlich erheblich kleiner ist, als auf Grund der Richtwerte berechnet wurde.

In das Diagramm, Bild 7, wurde auch die Kurve der Modellwirkungsgrade eingetragen, die ab  $175 \text{ m}^3/\text{s}$  in die Garantiekurve übergeht. Ein Vergleich der Modellwirkungsgrade mit den tatsächlich erzielten Werten ist im vorliegenden Fall von besonderem Interesse, da die Modellturbine, was selten zutrifft, der Grossausführung in allen wasserberührten Teilen vom Einlauf bis zum Auslauf vollkommen ähnlich war. Aus dem Vergleich der Wirkungsgradkurven, Bild 7, ersieht man, dass die beiden Kurven annähernd parallel laufen. Die Maxima liegen fast bei der gleichen Wassermenge und betragen 90,1 bzw. 92,3 %. Auf Grund dieses letzten Wertes lässt sich aus den Modellversuchen schliessen, dass der höchstmögliche Wirkungsgrad der Grossausführung, der bei der maximalen Fallhöhe von 12,2 m liegt, rd. 93 % beträgt.

Die Wirkungsgradmaxima von Modell und Grossausführung lassen sich bekanntlich durch Aufwertungsformeln, von welchen eine ganze Anzahl bekannt wurde, in Zusammenhang bringen<sup>3)</sup>. Fast alle diese Formeln gelten für den hydraulischen Wirkungsgrad, ebenso wie der in Bild 7 eingetragene Modellwirkungsgrad der hydraulische Wirkungsgrad ist, da die Lagerreibung bei den Modellversuchen durch ein besonderes Messverfahren ausgeschaltet werden konnte.

Nachfolgend wurde der Gesamtwirkungsgrad der Grossausführung aus dem hydraulischen maximalen Modellwirkungsgrad  $\eta_{hM} = 90,1\%$  mit Hilfe der bekanntesten Aufwertungsformeln berechnet. Für den mechanischen Wirkungsgrad wurde hierbei 99,5 % angenommen. Die übrigen für die Berech-

3) Eine recht ausführliche Zusammenstellung findet sich bei Pantelli, Aufwertungsformeln für Turbomaschinen, Z. VDI Bd. 95 (1953), S. 97/100.

nung benötigten Grössen sind  $D_M = 0,712$  m;  $D_A = 6,28$  m;  $H_M = 3,5$  m;  $H_A = 11,0$  m. Tabelle 1 zeigt die nach der Grösse des erhaltenen Turbinenwirkungsgrades geordneten Werte.

Tabelle 1. Turbinenwirkungsgrad  $\eta_T$  der Grossausführung in %

Formel von	$\eta_T$	Formel von	$\eta_T$
Ackeret	91,7	Gregorig	94,2
Canaan (Voith)	92,1	Stauffer	94,5
Hutton	92,5	Moody	94,6
Pfleiderer	93,2	Fromm	94,6

Wie man sieht, liegen die mit der Formel von Canaan

$$\eta_{hA} = 1 - \frac{1}{2} (1 - \eta_{hM}) \left( 1 + \sqrt[4]{\frac{D_M}{D_A}} \sqrt{\frac{H_M}{H_A}} \right)$$

bzw. der Formel von Hutton<sup>4)</sup>

$$\eta_{hA} = 1 - (1 - \eta_{hM}) \left( 0,3 + 0,7 \sqrt[5]{\frac{D_M}{D_A}} \sqrt{\frac{H_M}{H_A}} \right)$$

errechneten Werte dem bei den Messungen erhaltenen höchsten Wirkungsgrad von 92,3 % am nächsten. Die Rechnung bestätigt ausserdem die bereits von anderer Seite ausgesprochene Vermutung, dass die bekannte Formel von Ackeret etwas zu kleine Werte liefert.

Schliesslich soll noch erwähnt werden, dass nach dem vorliegenden Versuchsergebnis eine Uebertragung des optimalen Zusammenhangs zwischen Lauf- und Leitradstellungen vom Modell auf die Grossausführung auch bei völliger Aehnlichkeit beider nicht möglich scheint. Es wurden im gemessenen Bereich Abweichungen der Leitradöffnung bis zu 7 % bei dem gleichen Laufradwinkel festgestellt, was hier wegen des flachen Verlaufes der Propellerwirkungsgradkurven allerdings nur einer Wirkungsgradminderung von 0,6 % entspräche.

Adresse des Verfassers: Dr. Ing. habil. Hans Eschler, Töging am Inn (Bayern).

### Unterirdische Krankenhaus-Schutzbauten

DK 725.51:699.852

Die Probleme, die sich beim Bau derartiger Anlagen stellen, werden in Deutschland wieder neu studiert. So untersucht Dr.-Ing. H. H. Kress, Stuttgart, in «VDI-Z» 1955, Nr. 8, S. 243, verschiedene Ausführungsmöglichkeiten solcher Bauten für etwa 2500 Personen und zwar a) weitverstreute Einzelbunker von etwa  $10 \times 20$  m Grundfläche mit unabhängiger Lüftung (Umluftbetrieb und Kühlung mittels eines Kastengerätes), die sich namentlich für vorgeschoßene Kleinbetriebe eignen; b) eng zusammenhängende Einzelbunker, die insgesamt etwa  $150 \times 200$  m Grundfläche beanspruchen und von sieben zweckmässig verteilten Zentralen aus belüftet und klimatisiert werden; c) einen mehrgeschossigen Tiefbunker von  $44 \times 160$  m Grundfläche mit einer tief unten liegenden Lüftungsanlage und Frischluftfassung durch einen abseitsliegenden Lüftungsturm; diese Form ermöglicht einen fast normalen Betriebsablauf mit kurzen Wegen und bietet geringste Gefahr für Bunker-Psychose; d) das mehrgeschossige Schutzwölfe von quadratischem Grundriss mit 90 m Seitenlänge, das sich für Grossanlagen in kiesigem Grund eignet und dessen Bauausführung wirtschaftliche und zeitliche Vorteile bietet, während der Betriebsablauf gleich ist wie bei c). Der Verfasser macht ausführliche Angaben über Konstruktion, Bauvorgang und Baukosten, aus denen die Ueberlegenheit der Ausführung c) hervorgeht.

Bei allen derartigen Anlagen bilden Lüftung und Klimaregelung einen besonders wichtigen Aufgabenkreis, auf den Dr. Kress in «VDI-Z» 1955, Nr. 14, S. 429, eingeht. Die Gesichtspunkte sind teilweise die selben, wie sie bei uns für unterirdische Anlagen schon vor 15 Jahren entwickelt worden sind. Unter den Richtsätzen gibt Dr. Kress die Wärmedurchgangszahl von Wänden, Decken und Fussböden an den Fels mit

4) Hutton, Component Losses in Kaplan Turbines and the Prediction of Efficiency from Model Tests. Proc. I. Mech. E., Bd. 168 (1954), S. 743/762.

1 kcal/m<sup>2</sup> °C h an, was sich mit Beobachtungen in unserem Lande deckt. Wichtig ist die sorgfältige Berücksichtigung des Wärme- und Feuchtigkeitsanfalls in jedem einzelnen Raum durch Personen, Maschinen und Prozesse. Sie ist vielfach für die Luftzuteilung massgebend. In Operations- und zugehörigen Nebenräumen rechnet der Verfasser mit 10- bis 15fachem Luftwechsel pro h und 24 bis 27 °C, bei 40 bis 65 % relativer Feuchtigkeit, bei Krankenräumen mit 70 m<sup>3</sup>/h Frischluft pro Kopf bei 22 ° und 65 %. Ausführliche Tabellen orientieren im Falle von engmassierten Einzelbunkern über Frischluftbedarf, Wärme- und Feuchtigkeitsanfall. Bemerkenswert sind die Ueberlegungen betreffend Sondermaßnahmen für den Gasschutz, die für den Einsatz von Kampfstoff-

filtern erforderlichen baulichen Massnahmen, sowie die Berechnungen des Sauerstoff- und Aetzkalkbedarfs zur Lufterneuerung bei geschlossenem innerem Luftkreislauf. Die sehr hohen Kosten eines solchen Betriebs zwingen zur Ausnutzung aller Möglichkeiten, die im Sinne einer Senkung des Betriebsmittelverbrauchs wirken, wofür Vorschläge gemacht werden. Im Hinblick auf die zahlreichen unterirdischen Bauten, die auch in unserem Lande während und nach dem Krieg für militärische und zivile Zwecke erstellt worden sind, wird man ihre Anpassung an die sich stets ändernden Gefahrmomente und an die Anforderungen des innern Betriebs im Auge behalten und durch eigene Studien, namentlich auch in betriebs- und ausführungstechnischer Richtung, abklären müssen.

## Anwendung der Vorspanntechnik auf die Sanierung der SBB-Ueberführung bei Lachen

Von Dipl. Ing. E. Schubiger, Zürich, und Dipl. Ing. H. R. Wachter, Brückenbau SBB, Kreis III, Zürich

DK 624.624.004.6

Der auf dem Gebiet des vorgespannten Betons tätige Statiker fühlt sich bei seinem Spiel mit den Kräften um wertvolle Ausführungsmöglichkeiten reicher geworden. Ein neues Instrument ist in seine Hand gegeben, welches ihm erlaubt, Drucklinien abzulenken, Momentenflächen umzukehren oder Richtung und Grösse von Resultierenden nach Wunsch zu beeinflussen. Das Projektieren von Betonbauten ist um einen Freiheitsgrad erhöht und von starren Verhältnissen und gewissen eingebürgerten Formen gelöst. Aber auch beim Unterhalt und der Sanierung von bestehenden Bauwerken leistet die neue Technik wertvolle Dienste. Rissebildung oder unzulässigen Verformungen kann Einhalt geboten werden. Pfeilerneigungen oder Mauerkrümmungen infolge von exzentrischen Lasten können korrigiert werden. Beim nachstehend beschriebenen Beispiel wurden Fundamentverschiebungen und Widerlagerdrehungen nicht nur zum Stillstand gebracht, sondern durch Ueberspannen nach sorgfältigem Programm teilweise rückgängig gemacht.

Die Strassenbrücke über die SBB beim «Hirschen» in Lachen, Kt. Schwyz, wurde im Jahre 1940 nach Plänen von Ingenieur Maillart als Bogen erbaut, was sich damals wegen Eisenmangel sehr wohl rechtfertigte. Da schlechter Baugrund vorlag, wurde die Konstruktion als statisch bestimmter Dreigelenkbogen projektiert; seine Spannweite beträgt 40 m,

seine Stichhöhe 4,5 m. Kleine zu erwartende Fundamentbewegungen konnten keinen schädlichen Einfluss auf die Beanspruchungen ausüben. Bild 5 gibt die typische Form des letzten Bauwerkes, welches Maillart zu seinen Lebzeiten erstellt hat, wieder. Schon bald nach dem Ausrüsten stellten sich aber grosse Scheitelsenkungen ein. Die seit der Erstellung der Brücke eingetretene totale Senkung betrug 1953 annähernd 17 cm. Die allgemeine, vertikale Setzung der Fundamente unter der Last des Bauwerkes und der Zufahrtsdämme war daran mit etwa 5 cm beteiligt bei einer maximalen Kan tenpressung auf das Terrain von 3,9 kg/cm<sup>2</sup> unter Eigengewicht und 5,6 kg/cm<sup>2</sup> unter Verkehrslast in ungünstiger Stellung. Noch heute schreiten die Setzungen mit etwa 2 mm pro Jahr fort. Die stark exzentrische Lage der Resultierenden, die bis an den Kernrand der Fundamentsohle ausschlägt, bewirkte eine Drehung der Widerlager in ungünstigem Sinne. Gut zwei Drittel der Senkung rührten von einer horizontalen Auseinanderbewegung der Widerlager her, die schon im dritten Lebensjahr der Brücke etwa 2 cm betrug. 1943 erfolgte deshalb eine künstliche Hebung des Mittelgelenkes durch Einschieben von hydraulischen Pressen in die Scheitelfuge. Es gelang damals, eine vorübergehende Hebung von 4,5 cm zu erzielen. Für eine gründliche Sanierung kam nur der Einbau eines eisernen Zugbandes unter der Bahnlinie hindurch in Frage. Ohne Vorspannung wäre aber der Scheitel voraus-

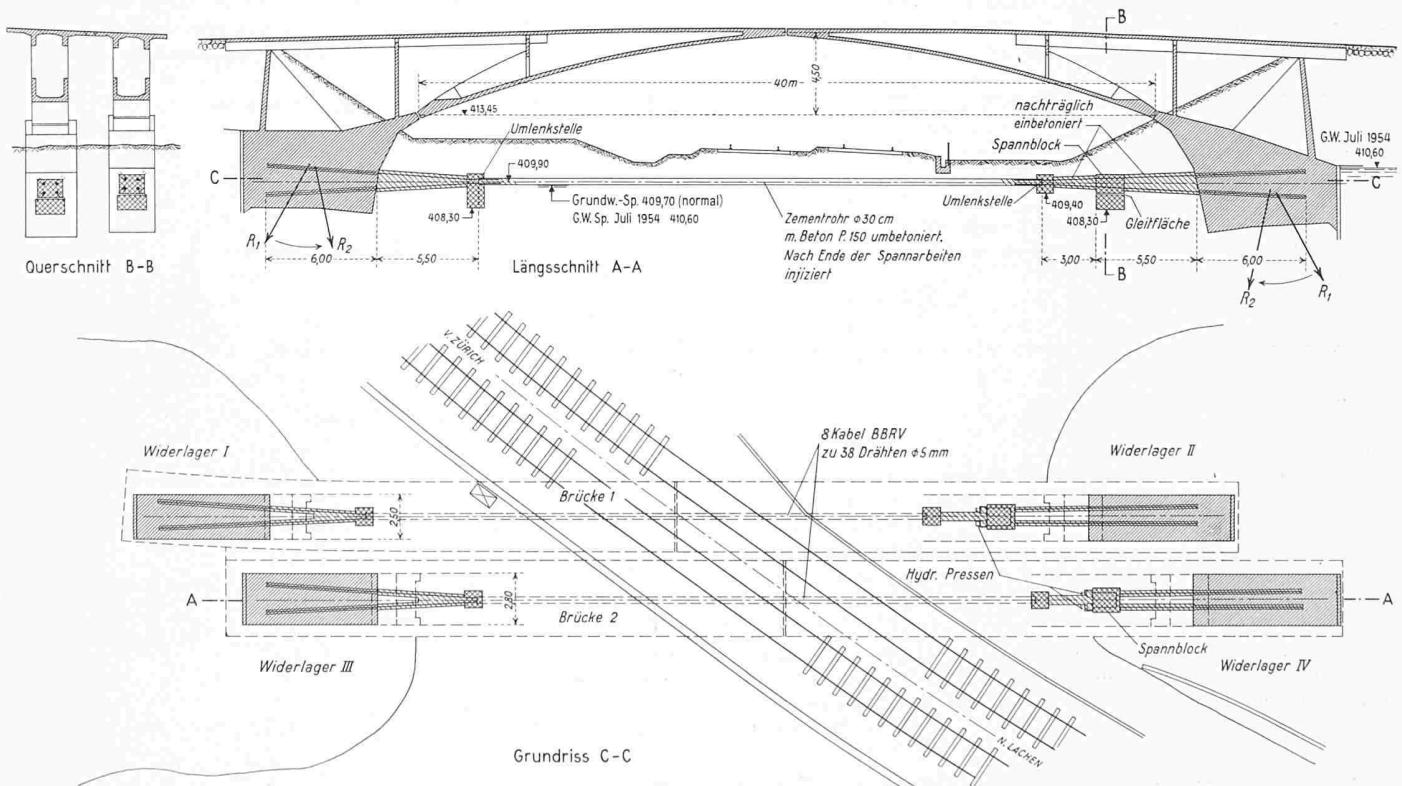


Bild 1. Strassenüberführung über die SBB bei Lachen. Fundamentverstärkung mit je vier Vorspannkabeln System BBRV. Uebersichtsplan 1:400