

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71/72 (1918)
Heft: 6

Artikel: Einfaches Verfahren zur Bestimmung der Axe der Brückengewölbe
Autor: Strassner, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-34711>

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

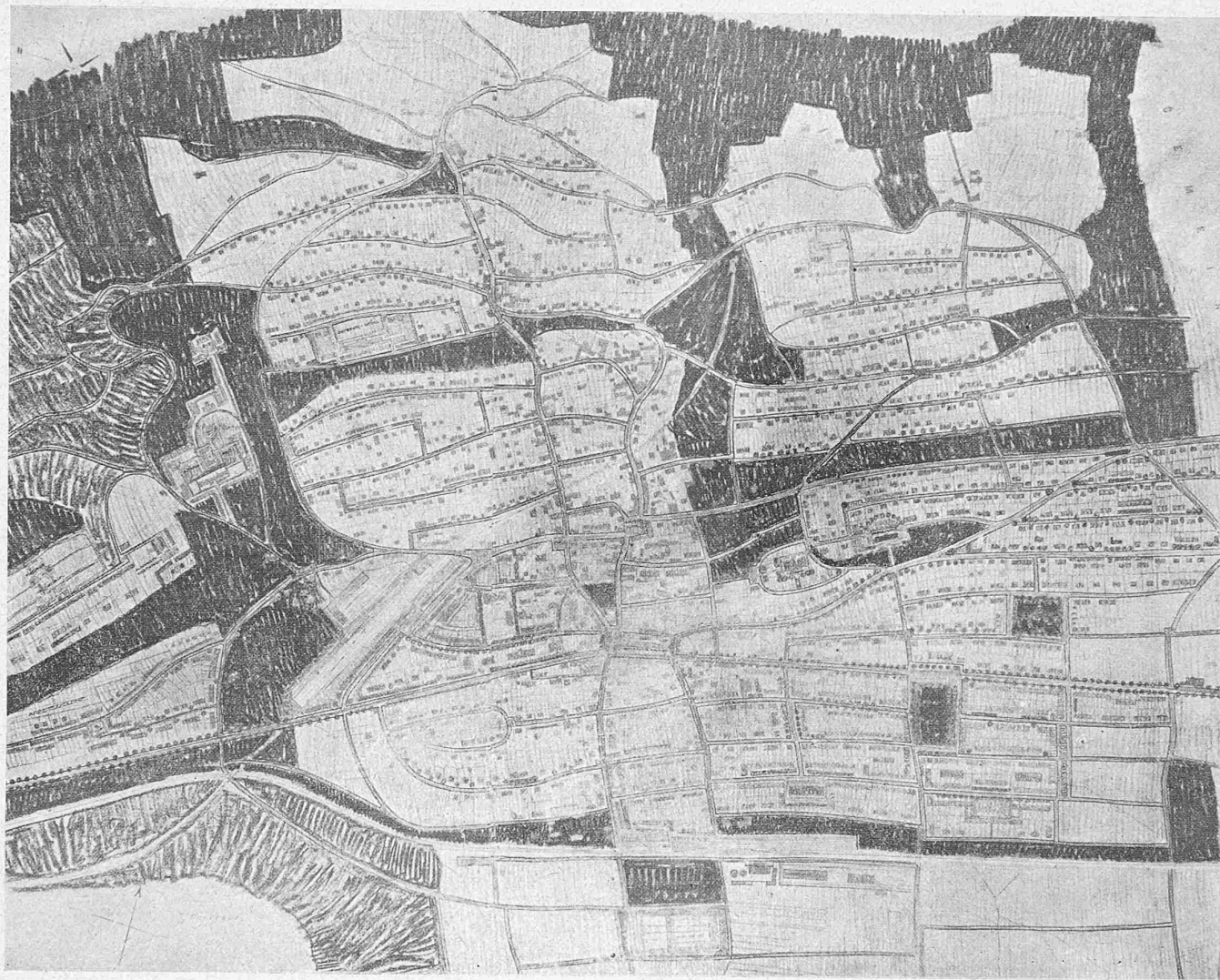
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 30.01.2026

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



III. Preis. Entwurf „Leueplatz“. — Verfasser: Moser, Schürch & v. Gunten, Architekten in Biel. — Masstab 1:14 000.

Anlage der Zugangstrassen ist nicht angestrebt. Die Zusammenlegung von Sport- und Badeplatz ist an sich richtig, dagegen der gewählte Platz gegenüber Südbahnhof als Badeanlage nicht geeignet.

Gestützt auf die vorstehende Beurteilung der Projekte wurden in einer ersten Sichtung folgende Entwürfe ausgeschieden: „Vo Gränche bi Gott“, „Grenchenberg“ und „Pro Grenchen“.

Bei weiterer Abwägung der Vor- und Nachteile der einzelnen noch verbleibenden fünf Projekte wurden von der Prämierung ferner ausgeschlossen: „Der Zeit gerecht“ und „Futurum“.

Die verbleibenden drei Projekte werden in folgende Rangordnung gestellt:

1. Rang. Motto: „Geld und Geist“.
2. „ „ „ „: „Alt und Neu“.
3. „ „ „ „: „Leueplatz“.

Da die Mehrzahl der Projekte beachtenswerte Vorschläge in dieser oder jener Richtung bieten, beschliesst das Preisgericht, jedem Verfasser ein Honorar von 800 Fr. zuzusprechen. Der Rest der Preissumme im Betrage von 5600 Fr. wird auf die drei in engster Wahl verbliebenen Projekte wie folgt verteilt:

Projekt „Geld und Geist“ (2400 Fr.) Arch. Hans Bernoulli, Basel.
Projekt „Alt und Neu“ (1800 Fr.) Arch. A. v. Arx und W. Real, Olten.
Projekt „Leueplatz“ (1400 Fr.) Arch. Moser, Schürch & v. Gunten, Biel.

Das Preisgericht empfiehlt den Gemeindebehörden für die weitere Bearbeitung des definitiven Bebauungsplanes als Grundlage das Projekt „Geld und Geist“ zu wählen.

Grenchen, 8. Dezember 1917.

Das Preisgericht:

Ing. Th. Schild, Präsident; Bauverwalter E. Brunner, Grenchen.
Stadtingenieur W. Dick, St. Gallen; Architekt H. Klausner, Bern;
Architekt O. Pfister, Zürich.

Einfaches Verfahren zur Bestimmung der Axe der Brückengewölbe.

Von Ingenieur A. Strassner, Frankfurt am Main.

In den meisten Fällen lässt man die Axe der Brückengewölbe mit der Stützlinie für Eigengewicht zusammenfallen. Bei solchen Gewölben ist es unmöglich, die Aufgabe der Formgebung vom Fleck weg zu lösen: man kennt, um die Belastung festzustellen, von vornherein die Stützlinie nicht und hat, um die Stützlinie einzuzeichnen, eben wieder die Belastung nötig. Es ist daher erforderlich, dass man den ziemlich umständlichen Weg der Versuchsrechnung einschlägt. Man nimmt eine Gewölbemittellinie zunächst nach Gutdünken an, wie man glaubt, dass diese endgültig ausfallen wird, und bestimmt dafür die Stützlinie, dann eine Stützlinie für die neue Belastung usw., bis Annahme und Ergebnis miteinander übereinstimmen, also Gewölbeaxe und Stützlinie zu einer Kurve zusammenfallen.

Das Gewölbegegengewicht wird vom Scheitel nach den Kämpfern zu stetig anwachsen. Im Folgenden wird eine Formel bezweckt, für den Fall, dass diese Zunahme in bezug auf die Gewölbeordinate y' (Ordinate bezogen auf die Scheitelwagrechte) eine Funktion vom ersten Grade ist. Dies trifft nämlich in vielen Fällen ausserordentlich genau zu. — Das Belastungsgesetz lautet (Abb. 1):

$$g_z = g + \frac{y'}{f} (g_k - g)$$

Dabei ist

g das Gewicht am Scheitel pro lfd. m ,
 g_k das Gewicht am Kämpfer pro lfd. m .

Am Scheitel ist $y' = 0$ und $g_z = g$,

am Kämpfer ist $y' = f$ und $g_z = g + g_k - g = g_k$.

Die Zunahme des Gewichts wird durch das zweite Glied ausgedrückt und ist, wie ersichtlich, zu y' proportional.

Setzt man

$$m = \frac{g_k}{g},$$

so wird

$$g_z = g \cdot \left(1 + \frac{y'}{f} (m - 1)\right).$$

Im Falle man in der ersten Gleichung für g_z einführt $h = \frac{f}{m-1}$, stimmen die beiden Gesetze genau miteinander überein. Ersetzt man dementsprechend in der obigen Gleichung der Kettenlinie h durch $\frac{f}{m-1}$, so erhält man, wenn noch $\frac{l_1 H_g}{g}$ gleich k gesetzt wird, die Gleichung der Gewölbeaxe²⁾

$$y' = \frac{f}{m-1} (\cosh \xi k - 1).$$

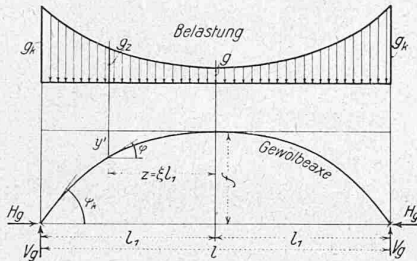


Abb. 1.

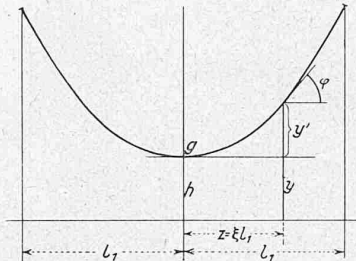


Abb. 2.

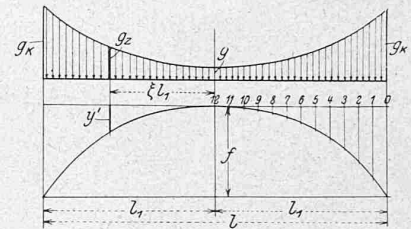


Abb. 3.

Um die diesem Belastungsgesetz zugeordnete Stützlinie zu finden, sei an die Gleichung der Kettenlinie erinnert¹⁾:

$$y = h \cdot \cosh \xi \frac{l_1 H_g}{g},$$

die mit $y' = h - y$ (Abbildung 2) die Form annimmt

$$y' = h \cdot \left(\cosh \xi \frac{l_1 H_g}{g} - 1\right).$$

Die Belastung hierbei ist an beliebiger Stelle (vergl. Abbildung 1):

$$g_z = \frac{g}{\cos \varphi} \text{ oder, da } \cos \varphi = \frac{h}{y},$$

$$g_z = g \cdot \frac{y}{h} \text{ oder, da } y = h + y',$$

$$g_z = g \left(1 + \frac{y'}{h}\right).$$

Demgegenüber haben wir beim Gewölbe die Belastung

$$g_z = g \left(1 + \frac{y'}{f} (m - 1)\right).$$

¹⁾ Siehe „Hütte“, 22. Aufl. (1915), Bd. I, S. 110.

²⁾ Die Ableitung dieser Gleichung erfolgte bereits in dem Werk des Verfassers „Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogenträger, Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin (kurz besprochen in Band LXIX, Seite 292, 23. Juni 1917. Red.), in etwas anderer

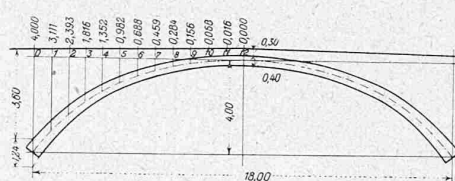


Abb. 4.

Für $\xi = 1$ muss sein

$$f = \frac{f}{m-1} (\cosh k - 1),$$

eine Forderung, die nur erfüllt sein kann, wenn k aus

$$\cosh k = m$$

bestimmt wird.

Weiterhin erhält man:

Neigungswinkel der Gewölbeaxe an beliebiger Stelle:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{dy'}{dz} = \frac{fk}{l_1(m-1)} \sinh \xi k$$

Neigungswinkel am Kämpfer ($\xi = 1$):

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{fk}{l_1(m-1)} \sinh k.$$

Gewölbege wicht von 0 bis ξ :

$$V = \int_0^\xi g_z dz \quad g_z = g \left(1 + \frac{y'}{f} (m - 1)\right) = g \cdot \cosh \xi k$$

$$V = g l_1 \cdot \int_0^\xi \cosh \xi k \cdot d\xi = g l_1 \frac{\sinh \xi k}{k}$$

Form. Vergl. auch Dr. Ing. R. Färber „Neues Verfahren zur raschen Ermittlung der Formen und der Normalkräfte in Gewölben“ Deutsche Bauzeitung 1915, Nr. 3.

Die Hyperbelfunktionen sind in der „Hütte“ enthalten sowie in den „Tafeln der Hyperbelfunktionen“ von Dr. Ligowsky, Berlin 1889.

I. Tabelle der Gewölbeordinaten (Werte $y' : f$).

| | Gewölbe punkt | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1,000 | 1,0000 | 0,8403 | 0,6944 | 0,5625 | 0,4444 | 0,3403 | 0,2500 | 0,1736 | 0,1111 | 0,0625 | 0,0278 | 0,0070 | 0 |
| 1,350 | 1,0000 | 0,8330 | 0,6830 | 0,5493 | 0,4312 | 0,3282 | 0,2400 | 0,1659 | 0,1058 | 0,0594 | 0,0264 | 0,0066 | 0 |
| 1,755 | 1,0000 | 0,8256 | 0,6714 | 0,5359 | 0,4179 | 0,3163 | 0,2300 | 0,1584 | 0,1007 | 0,0563 | 0,0250 | 0,0062 | 0 |
| 2,241 | 1,0000 | 0,8179 | 0,6593 | 0,5223 | 0,4043 | 0,3041 | 0,2200 | 0,1508 | 0,0954 | 0,0532 | 0,0235 | 0,0059 | 0 |
| 2,815 | 1,0000 | 0,8100 | 0,6473 | 0,5084 | 0,3908 | 0,2920 | 0,2100 | 0,1432 | 0,0903 | 0,0502 | 0,0221 | 0,0055 | 0 |
| 3,500 | 1,0000 | 0,8019 | 0,6348 | 0,4944 | 0,3771 | 0,2798 | 0,2000 | 0,1357 | 0,0852 | 0,0472 | 0,0208 | 0,0052 | 0 |
| 4,325 | 1,0000 | 0,7935 | 0,6220 | 0,4801 | 0,3632 | 0,2675 | 0,1900 | 0,1282 | 0,0801 | 0,0442 | 0,0194 | 0,0048 | 0 |
| 5,322 | 1,0000 | 0,7848 | 0,6089 | 0,4656 | 0,3491 | 0,2552 | 0,1800 | 0,1207 | 0,0751 | 0,0413 | 0,0181 | 0,0045 | 0 |
| 6,532 | 1,0000 | 0,7758 | 0,5955 | 0,4508 | 0,3350 | 0,2428 | 0,1700 | 0,1133 | 0,0701 | 0,0384 | 0,0168 | 0,0041 | 0 |
| 8,027 | 1,0000 | 0,7665 | 0,5816 | 0,4356 | 0,3205 | 0,2303 | 0,1600 | 0,1060 | 0,0652 | 0,0356 | 0,0155 | 0,0038 | 0 |
| 9,889 | 1,0000 | 0,7567 | 0,5672 | 0,4200 | 0,3059 | 0,2177 | 0,1500 | 0,0986 | 0,0603 | 0,0327 | 0,0142 | 0,0035 | 0 |

II. Tabelle für die Gewölbeaxe (hierzu Abb. 4).

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| $y' : f =$ | 1,0000 | 0,7777 | 0,5983 | 0,4539 | 0,3379 | 0,2454 | 0,1721 | 0,1148 | 0,0711 | 0,0390 | 0,0171 | 0,0042 | 0 |
| $y' =$ | 4,000 | 3,111 | 2,393 | 1,816 | 1,352 | 0,982 | 0,688 | 0,459 | 0,284 | 0,156 | 0,068 | 0,016 | 0 |
| | (4,000) | (3,102) | (2,380) | (1,804) | (1,342) | (0,976) | (0,685) | (0,458) | (0,284) | (0,156) | (0,068) | (0,016) | 0 |

Lotrechte Auflagerkraft:

$$V_g = g l_1 \frac{\sinh k}{k}$$

Wagrechte Auflagerkraft (Horizontalschub):

$$H_g = \frac{V_g}{\operatorname{tg} \varphi_k} = \frac{g l_1^2 (m-1)}{f k^2}$$

Kontrolle der Gleichung der Gewölbeaxe durch Differenzierung.

$$\text{Es ist } y' = \frac{f}{m-1} (\cosh \xi k - 1),$$

$$\frac{dy'}{dz} = \frac{f k}{l_1 (m-1)} \sinh \xi k,$$

$$\frac{d^2 y'}{dz^2} = \frac{f k^2}{l_1^2 (m-1)} \cosh \xi k.$$

Ferner hat man

$$\cosh \xi k = \frac{g z}{g}$$

$$\text{und aus der Gleichung für } H_g \quad k^2 = \frac{g l_1^2 (m-1)}{H_g f},$$

sodass durch Verbinden das Stützliniengesetz

$$H_g \cdot \frac{d^2 y'}{dz^2} = g z$$

herauskommt, womit der Beweis der Richtigkeit erbracht ist.

Um die Bestimmung der Gewölbeaxe zu erleichtern, ist für verschiedene Verhältnisse von m (m = Gewölbengewicht am Kämpfer durch Gewölbgewicht am Scheitel) für 12 Gewölbepunkte (vergl. Abb. 3) die Tabelle I zusammengestellt worden.

Für Zwischenwerte von m hat man zu interpolieren. Die Tabelle ist so eingerichtet worden, dass die Werte von $y' : f$ im Gewölbeviertel sich von Hundertstel zu Hundertstel ändern. Für $m=1$ ist die Gewölbeaxe eine Parabel.

Bei Gewölben mit Hinterfüllung erhält man nach der obigen Tabelle die Axe besonders genau. Bei Gewölben von mittlern Spannweiten ab aufwärts ist es zweckmässig, im Interesse der Sicherheit die Axe noch einmal graphisch oder analytisch nach dem bekannten Verfahren zu kontrollieren bzw. richtig zu stellen. Hauptsächlich ist diese Kontrolle bei gegliedertem Aufbau geboten. Hierbei wird man auch besser für das Gewicht g einen Wert in Rechnung stellen, der sich aus dem Fahrbahnengewicht und dem Gewicht des Gewölbes am Scheitel (ausschliesslich für die Wölbtragkonstruktion) zusammensetzt.

In jedem Falle hat man bei dem obigen Verfahren den Vorteil, dass man gleich nach der ersten Kontrolle, der sich ergebenden geringen Aenderung der Gewölbeaxe wegen, unmittelbar die endgültige Gewölbeaxe erhält. Bei Brücken mit Hinterfüllung ist gewöhnlich aber auch schon die Kontrolle überflüssig.¹⁾

Das folgende Beispiel soll die Anwendung des Verfahrens erläutern und zugleich ein Bild für die ausserordentliche Zuverlässigkeit abgeben.

Beispiel. Es ist die Axe des in Abbildung 4 dargestellten Gewölbes zu bestimmen.

Gewicht des Wölbmaterials $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$,

Gewicht der Hinterfüllung $\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$

mithin

Gewicht am Scheitel $g = 0,40 \cdot 2,4 + 0,30 \cdot 1,7 = 1,47 \text{ t/m}$,

Gewicht am Kämpfer $g_k = 1,24 \cdot 2,4 + 3,68 \cdot 1,7 = 9,23 \text{ t/m}$ und

$$m = \frac{9,23}{1,47} = 6,28.$$

Man hat somit zwischen den Tabellenwerten $m = 5,322$ und $m = 6,532$ zu interpolieren und findet die in der Tabelle II festgestellten Werte.

Die Werte in Klammer bedeuten die unabhängig von dem obigen Verfahren in der bekannten Weise analytisch berechneten Gewölbeordinaten. Wie ersichtlich findet im mittlern Gewölbedrittel eine Abweichung überhaupt nicht

statt. In den äussern Dritteln entstehen nur geringe Unterschiede mit dem Höchstwert von 13 mm im Schnitt 2.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die erhaltenen geringfügigen Abweichungen grösstenteils darauf zurückzuführen sind, dass bei der durchgeführten analytischen Berechnung (beim gewöhnlichen Verfahren) die Schwerpunkte der Lamellen in der Mitte der lotrechten Teillinien angenommen worden sind. Bei einer streng durchgeführten Berechnung wäre die Uebereinstimmung noch vollkommener.

Woran leiden unsere Eisenbahntunnel, wie kann abgeholfen und wie vorgebeugt werden.

Von Ing. F. Rothpletz, Bern.¹⁾

Ein Gang durch unsere schweizerischen Eisenbahntunnel gibt bei aufmerksamer Beobachtung ein recht übersichtliches Bild über den Grossteil der Krankheiten, denen die Tunnel infolge der Verwitterung, des Einflusses der Gebirgswässer, der Lokomotivgase, der Erschütterungen durch Zugsverkehr, und wohl am meisten infolge des Gebirgsdruckes unterworfen sind.

Wenn der Arzt einen Kranken heilen will, muss er vor allem die Krankheit richtig erkennen, unzweideutig, sonst wird seine Heilmethode unter Umständen die Krankheit noch verschlimmern. Die Heilmethoden sind für die verschiedenen Krankheiten so ziemlich bekannt, die grösste Kunst des Arztes liegt demnach im Erkennen, im Stellen der *Diagnose*, wie er das nennt. Wenn ihm dann noch alle Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die der Fall erfordert, wird ihm die Heilung gelingen, wenn keine Komplikationen eintreten und nicht Altersschwäche oder überhaupt schwächliche Konstitution des Patienten vorliegt.

Die grösste Kunst des Ingenieurs ist es nun, eine richtige Diagnose zu stellen, die an dem Bauobjekt auftretenden Krankheiten richtig zu deuten, deren *Ursache* zu erkennen. Es wird ihm, wenn er das kann und ihm genügend Mittel, in diesem Falle Geld, zur Verfügung stehen, beim heutigen Stand der technischen Wissenschaft im allgemeinen nicht mehr schwer fallen, für Abhilfe zu sorgen. Um eine richtige Diagnose zu stellen, muss der Arzt den Aufbau des menschlichen Körpers und die Veränderungen und Merkmale kennen, die die Krankheiten in ihm hervorbringen. Er muss den Einfluss, den seine Behandlung auf den Körper hat, richtig beurteilen können, um zu wissen, ob der Kranke in dem Zustande, in dem er sich befindet, diese erträgt. So muss auch der Tunnelingenieur den Bau des Gebirges studiert haben, durch den der Tunnel führt, er muss wissen, welche Veränderungen die Einflüsse der verschiedenen Gebirgsarten am Körper unserer Tunnel, dem Mauerwerk, hervorbringen können. Und wie der Mensch auch durch äussere Einflüsse erkranken kann, so wirken auch auf das Tunnelmauerwerk äussere Feinde, die es im besonderen auf seine „Leibung“ abgesehen haben, und diese Erkrankungen können oft recht tiefgehende sein. Der Tunnel kann sich erkälten, wenn er nicht gut genug angezogen, „verkleidet“ ist; der Ingenieur nennt dies verwittern. Gase und Wasser können seine Gesundheit schädigen, seine Haut allmählich zersetzen. Die gewaltigen Erschütterungen der rastlos verkehrenden Züge greifen seine Nerven an, namentlich wenn er sowieso von etwas schwächlicher Konstitution ist. Selbst dem dahinter liegenden Gebirge wird es oft zu viel; aus dem von Natur nicht bösartigen Jungen kann durch Vernachlässigung ein wüster Geselle werden.

Die infolge der äusseren Einflüsse auftretenden Schäden sind kurz folgende:

Die Verwitterung der Mauersteine, seien es Natur- oder Kunststeine, und das Auswittern der Fugen. Bei kleinen Objekten liegt die Gefahr der Verwitterung auf der ganzen Länge vor. Auch grössere Tunnel von Kilometer-Länge können, je nach der Lage, durch und durch dem Einflüsse der äusseren Temperaturschwankungen unterworfen sein. Bei grossen Tunnels, die nicht ventiliert werden, dringt der Frost, je nach der Ueberlagerung und damit den Wärmeverhältnissen, nur bis einige 100 m in das Tunnelinnere. Ist jedoch eine künstliche Lüftung vorhanden, so geht die Gefrierzone auf der Eintrittseite von 500 bis 2500 m ab Portal, während auf der Austrittseite die warme Luft jedes Gefrieren verhindert. Am Hauenstein-Basistunnel liegt die Gefrierzone im Südschenkel zwischen Südportal und Km 2,500. Im Nordschenkel, in dem der

¹⁾ Vortrag gehalten im Bernischen Ing.- und Arch.-Verein am 27. Dez. 1917.

¹⁾ Betreffs der Bestimmung der „verbesserten Gewölbeform“, die von der Stützlinienform abweicht und bezweckt, dass am Scheitel des Gewölbes an der Leibung und am Rücken nur Druckspannungen von annähernd gleicher Grösse entstehen, siehe das in der Fussnote Seite 68 erwähnte Werk des Verfassers.