

# Zur Berechnung von Druckschächten

Autor(en): **Büchi, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77/78 (1921)**

Heft 8

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37222>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

die Zuleitung des obren Trebsenbaches. An das Wasserschloss schliessen zwei Druckleitungen an, deren Weite von oben nach unten von 2500 mm  $\Phi$  auf 1850 mm  $\Phi$  abnimmt; diese führen das Triebwasser der Zentrale I zu, die im Rötentäli zwischen der bogenförmig ausholenden Talstrasse und der Aa oberhalb der Rempenbrücke Platz findet. In dieser Zentrale werden vier Maschinenaggregate zu je 20 000 PS installiert. Die Anlage arbeitet, je nach dem Seestande, mit Bruttogefällen zwischen 260 und 215 m; das mittlere Nettogefälle beträgt 231 m. Beide Zentralen erhalten vertikalachsige Spiral-Francisturbinen für 500 Uml/min. In der Zentrale I sind zudem drei Pumpenaggregate vorgesehen für 3, 2 und 1 m<sup>3</sup>/sek Leistung, die den Sommerabfluss der untern Einzugsgebiete von 30,2 km<sup>3</sup> in das Staubecken hinauf zu fördern bestimmt sind. An die Zentrale ist ein Schalthaus angebaut.

Unmittelbar an die Zentrale I im Rempen schliessen sich die Anlagen der untern Stufe an, und zwar zunächst ein Pufferungs- und Ausgleichbecken von 368 000 m<sup>3</sup> nutzbarem Inhalt. Dieses „Rempen-Becken“ wird im Flusslauf der Aa selbst erstellt durch eine etwa 30 m hohe Stau-mauer, die unmittelbar oberhalb der Einmündung des Trebsenbaches quer über das Tal errichtet wird. Der Abfluss des untern Trebsenbaches wird durch einen kurzen Stollen noch in dieses Becken geleitet (Abbildung 7). Der Ueberlauf geschieht über die Mauer selbst durch Saugüberfälle von 60 m<sup>3</sup>/sek Leistungsfähigkeit. Zum Spülen des Beckens sind zwei Grundablässe von 2,50  $\times$  2,50 m vorgesehen, die auch bei abgesenktem Becken 60 m<sup>3</sup>/sek abzuführen vermögen.

An das rechte Widerlager dieser Sperre schliesst sich die Wasserfassung für die untere Anlage unmittelbar an, die Sohle der Zuleitung liegt 16,0 m unter dem höchsten Wasserstande im Rempenbecken. Die Zuleitung ist ebenfalls als Druckstollen ausgebildet, mit Ausnahme der Kreuzung mit dem Trebsenbach, die mittels eines Aquäduktes erfolgt. Der Stollen durchfährt den rechten Talhang und mündet in das Wasserschloss der untern Anlage in der Nähe der „Eisenburg“ oberhalb Siebnen. Dieser untere Stollen wird 2400 m lang; zur Erleichterung der Ausführung sind zwei Zwischenfenster vorgesehen. Er ist, wie der obere, für 30 m<sup>3</sup>/sek Wasserführung vorgesehen und bemessen (Eisenbetonröhre von 3,50 m  $\Phi$ ).

Vom Wasserschloss führen wieder zwei Rohrstränge von 2600 mm bis 2100 mm  $\Phi$  das Triebwasser zur untern Zentrale. In dieser Zentrale II sind vier Maschinenaggregate zu 15 000 PS vorgesehen; das Bruttogefälle beträgt 194,20, das mittlere Nettogefälle ist 181 m. Das Unterwasser der Turbinen wird in einem kurzen Ablaufkanal dem Aabach zugeleitet; dessen Bett wird vertieft, um auch die Gefällstufe der Anlage von Wirth & Cie. ausnützen zu können. Neben der untern Zentrale befindet sich die Transformatoren- und Schaltanlage, in der die Energieerzeugung beider Zentralen zusammengefasst und in die verschiedenen Fernleitungen übergeführt wird; die Anlage Siebnen erhält aus diesem Grunde bedeutende Dimensionen.

Die Kosten des baureifen Projektes werden auf Grund eines detaillierten Voranschlags zu insgesamt 94 Mill. Fr. angegeben; hierin sind inbegriffen alle Bauten und Einrichtungen bis zur Hochspannungs-Ausführung in Siebnen, einschliesslich Bauzinsen und 10% für Unvorhergesehenes. Unter Annahme eines Aufwandes von 8 1/2 bis 10% für Verzinsung, Amortisation und Betrieb, sowie unter Berücksichtigung der Kosten für Fremdenenergie zum Pumpen ergeben sich die Stromerzeugungskosten zu 7,7 bis 9 Rappen für die kWh reiner Winter-Tageskraft, deren Mangel in gegenwärtiger Zeit so schwer empfunden wird.

Die Vorarbeiten, wie Umlaufstollen und Vorflutstollen im Schräh, Strassenbauten, Energieversorgung der Baustellen, Sondierungen u. dergl. sind bereits soweit gefördert, dass bei Baubeginn im Frühjahr 1921 die Stromlieferung gegen Ende 1924 sollte aufgenommen werden können.

## Zur Berechnung von Druckschächten.

Von J. Büchi, beratender Ingenieur, Zürich.

(Schluss von Seite 76.)

[Anmerkung der Redaktion. Infolge eines Versehens ist das am Schluss des letzten Abschnitts auf Seite 76 erwähnte Diagramm (Abb. 9) dort nicht mehr zum Abdruck gelangt, was wir hiermit nachholen.]

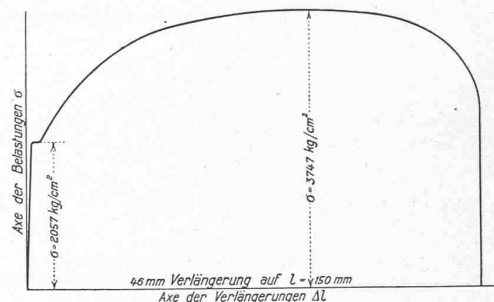


Abb. 9. Nach C. Bach „Elastizität und Festigkeit“ (1917), Seite 47.

### VI. Längs- und Rundnähte.

a) *Längsnähte.* Die Längsnähte wird man heute vorwiegend als geschweisste Nähte ausführen. Sie werden zu meist als mit Wassergas überlappt geschweisste, eventuell auch als autogen geschweisste (dreikantige) Nähte ausgebildet werden. Bei autogenem Schweißen wird man der Schweisstelle mit Vorteil eine leichte Verdickung geben, sodass dann die Festigkeit der Schweisstelle tatsächlich jene des vollen Blechs erreicht (siehe „Versuche mit autogen geschweissten Kesselblechen des Schweizer Vereins von Dampfkesselbesitzern, 1915“ von Obering. E. Höhn und Prof. F. Schüle). Jedenfalls erfolgt die Herstellung der Längsnaht in der Fabrik und sie kann mit aller Sorgfalt und Zuverlässigkeit ausgeführt werden. Die Rohre können auch mit einem Probedruck abgepresst werden, der das Blech bis in die Nähe der Elastizitätsgrenze beansprucht. Solange also die Beanspruchung des Blechs mit Sicherheit unter der Elastizitätsgrenze liegt, z. B. bei 1600 kg/cm<sup>2</sup>, dürfte die geschweisste Längsnaht keinen Bedenken rufen.

Steigt aber die Beanspruchung des Blechs bis auf die Streckgrenze von rd. 2100 kg/cm<sup>2</sup> an, dann werden die Verhältnisse bedenklicher. Zwar wird die Festigkeit der Schweissnaht mit etwa 90% derjenigen des vollen Bleches erreicht und garantiert; aber dieses Resultat hängt eben doch von der Sorgfalt der ausführenden Organe ab und es ist nicht ausgeschlossen, dass an einzelnen Stellen, wo die Beanspruchung eben in die Streckgrenze hineinreicht, Undichtigkeiten auftreten. Die geringe Sicherheit der Verbindung besteht im wesentlichen nur noch darin, dass die Beanspruchung nicht über jene der Streckgrenze von rund 2100 kg (event. rund 2400 kg) hinausgehen kann. Denn bei der Streckdehnung wird sich das Rohr an die Umhüllung aus Beton und Fels anlehnen und diese Umhüllung wird einen Teil des Innendrucks aufnehmen und damit eine nennenswerte stärkere Blechspannung verhindern. Eine Prüfung der Rohre im Werk auf eine Beanspruchung bis in die Streckzone hinein verbietet sich aber aus naheliegenden Gründen. Das Eisenrohr weist daher wegen der Längsnähte bei einer Beanspruchung bis zur Streckgrenze keine nennenswerte Sicherheit mehr auf.

b) *Rundnähte.* Wie früher dargestellt, haben die Rundnähte der einzelnen Rohrstösse ganz erhebliche Spannungen in der Achsrichtung aufzunehmen. Denn bei der weitgehenden Zugspannung im Rohrfang sucht sich das einzelne Rohr zu verkürzen. Es kann dies aber, weil die Rohre in der Längsrichtung eingespannt sind, nicht tun. Im gleichen Sinn, nämlich der Bildung von Zugspannungen in der Achsrichtung, wirkt auch die Abkühlung des Rohrs. Solange nun die Tangentialspannung des Rohrs infolge des Innendrucks das Mass von etwa 1600 kg/cm<sup>2</sup> nicht überschreitet, wird auch die Spannung in den Rundnähten,

auf das volle Blech berechnet, schätzungsweise  $500 \text{ kg/cm}^2$  nicht überschreiten. Wenn aber das Rohr im Umfang bis auf die Streckgrenze von etwa  $2100 \text{ kg/cm}^2$  beansprucht wird, dann wird auch die Beanspruchung der Rundnaht in der Achsrichtung schätzungsweise gegen  $700 \text{ kg/cm}^2$  ansteigen. Die Herstellung dieser Rundnähte der einzelnen Stösse muss nun aber im Schacht selbst erfolgen, also unter äusserst schwierigen Bedingungen. Ein autogenes Schweissen des schräg liegenden Rohres im ganzen Umfang dürfte äusserst schwierig sein. Es wird vermutlich nur die Herstellung von Nietungen, z. B. von Nietmuffenverbindungen übrig bleiben, die dann mehrreihig herzustellen wären. Eine Prüfung auf Dichtigkeit der Rundnahtnietungen ist aber praktisch nicht möglich, weil man beim gefüllten Rohr diese Nietungen aussen nicht mehr besichtigen kann. Es bleibt also, falls man auf die hohe Zugbeanspruchung des Blechs im Rohrumfang von etwa  $2100 \text{ kg/cm}^2$  geht, die Gefahr bestehen, dass vor allem die im Schacht herzustellenden Rundnahtverbindungen undicht werden.

### VII. Entleerung des Rohrs.

Bei der Entleerung des Rohrs im Betrieb wird sich im allgemeinen das Eisenrohr, sofern es nicht über die Elastizitätsgrenze beansprucht wurde, ziemlich genau auf den Herstellungsdurchmesser zusammenziehen. Der umgebende Beton und Fels werden diesem Zusammenziehen zur Hauptsache ebenfalls folgen, solange sie selbst nicht über die Elastizitätsgrenze hinaus beansprucht wurden. Als dann wird das Rohr auch nach der Entleerung noch ziemlich gut im Betonrohr anliegen. Ein allfälliger äusserer Wasserdruck, vom Gebirgswasser oder von Undichtigkeiten des Eisenrohrs herrührend, wird das Rohr kaum zum Einbeulen bringen, weil das Rohr bogenartig in den Umhüllungsbeton eingespannt ist.

Anders wird die Sache, wenn um das Eisenrohr herum Hohlräume bestehen, oder wenn der Beton oder der Fels, infolge der Pressung über die Elastizitätsgrenze hinaus, zerdrückt worden sind. Als dann können beim Zusammenziehen des Eisenrohrs Hohlräume zwischen diesem und dem Beton verbleiben und ein äusserer Wasserdruck würde gefährliche Knickspannungen im Eisenrohr und damit Verbeulungen oder sogar Risse im Blechrohr verursachen können.

Das Entstehen eines Wasserdruckes aussen am Blechrohr hängt von verschiedenen Umständen ab. Es kann auch bei ganz dichtem Rohr eintreten, wenn sich das Gebirgswasser in den verbleibenden Hohlräumen des Beton oder zwischen Rohr und Beton oder zwischen Beton und Gebirge sammelt. Dieser äussere Wasserdruck wird in erheblich stärkerem Masse auftreten, wenn noch Undichtigkeiten des Blechrohrs bestehen, durch die bei dem grossen Innendruck ziemlich Wasser verloren gehen kann. Dieses austretende Wasser findet bei dichtem Gefüge des Gebirges nur schwer Abfluss. Um einen solchen äusseren Wasserdruck nach Möglichkeit zu begrenzen, wird man daher gut tun, die Seitenfenster, die ohnehin zur Ausführung des Schrägschachts nötig sind, als Entwässerungen in der Rohrumhüllung auszubilden. Als dann kann der Druck des Wassers nicht oder nicht nennenswert grösser sein als der vertikale Abstand dieser Seitenentwässerungen; er dürfte in der Regel erheblich geringer sein.

Ein dauernder Wasseraustritt aus dem Rohr kann, abgesehen von dem dadurch bedingten Wasserverlust, verhängnisvoll werden; denn das Gebirge wird alsdann in einer gewissen Zone mit Wasser durchtränkt, lehmige Fugen werden geschmiert und der Gleichgewichtszustand des Gebirges selbst und insbesondere auch jener einer allfälligen Schuttlagerung wird gestört, sodass Anlass zu Senkungen und Rutschungen gegeben ist.

### VIII. Gebirgsdruck.

Im allgemeinen wird man einen Druckschacht in der hier zur Behandlung stehenden Grösse des Innendruckes nur dann ausführen, wenn er in gutes, standfestes und nicht druckhaftes Gebirge verlegt werden kann. Leichtere

örtliche Druckerscheinungen aber werden durch den Betonmantel des Rohrs, der aus praktischen Gründen wohl eine Stärke von mindestens  $50 \text{ cm}$  haben muss, im allgemeinen schadlos aufgenommen. Ist der Fels einigermaßen gebräuch, so wird man, wie aus den Berechnungen in Abschnitt II hervorging, schon mit Rücksicht auf den Innendruck erheblich grössere Betondimensionen wählen müssen. Diese Betonstärken werden aber im allgemeinen ohne weiteres ausreichend sein, um den Gebirgsdruck schadlos aufzunehmen.

Wo dagegen Gebirgsbewegungen, z. B. Senkungen oder Rutschungen des Felsens zu befürchten sind, kann natürlich von der Anlage eines Druckschachtes keine Rede sein. Denn einer solchen Bewegung würde weder das Eisenrohr noch die Beton-Ummantelung, noch eine armierte Beton-Ummantelung widerstehen, so stark man sie auch ausbilden wollte.

### IX. Rosten.

Es liegen dem Verfasser wenig Erfahrungen über das Rosten von einbetonierten Röhren grossen Durchmessers vor. An einer seit mehr als zehn Jahren einbetonierten Rohrleitung von grossem Durchmesser konnte er bis anhin Rosterscheinungen von Belang nicht wahrnehmen und zwar weder an den im Stollen einbetonierten Röhren, noch an den auf der Halde verlegten einbetonierten Röhren. Wenn die Rohre gut einbetoniert und gar mit Zementmörtel hinterpresst werden, so halten wir ein nennenswertes Rosten nicht für wahrscheinlich.

Das Rosten an der Innenfläche der Rohre dagegen findet bei den einbetonierten Röhren nach den Erfahrungen des Verfassers in gleichem Mass statt, wie bei den nicht einbetonierten Röhren. Man wird wohl mit einer Abrostung von  $1$  bis  $2 \text{ mm}$  im Verlauf von ein paar Jahrzehnten rechnen müssen. Dieses Abrosten bedeutet bei den grossen Wandstärken von offen verlegten Druckleitungen verhältnismässig keine starke Schwächung. Die Schwächung ist aber verhältnismässig stärker, wenn das Blech dünner gehalten ist, wie dies eben bei Druckschächten bezweckt und der Fall sein wird.

### X. Zusammenfassung.

Eine vergleichende Berechnung ist vorerst theoretisch nach den Angaben in Abschnitt II für ein Rohr von beispielsweise  $1,20 \text{ m}$  Durchmesser und für Druckhöhen von  $200 \text{ m}$ ,  $500 \text{ m}$  und  $800 \text{ m}$  ausgeführt worden. Die massgebenden Werte wurden für jede der drei angenommenen Felsqualitäten gesondert aufgetragen. Es ergeben sich daraus Diagramme, wie z. B. in Abb. 10 für die Felsqualität 2 ( $E = 100000 \text{ kg/cm}^2$ ,  $k_d = 15 \text{ kg/cm}^2$ ,  $k_z = 5 \text{ kg/cm}^2$ ) dargestellt sind. Die Diagramme für die Felsqualitäten 1 und 3 sind wegen Raummangel nicht wiedergegeben.

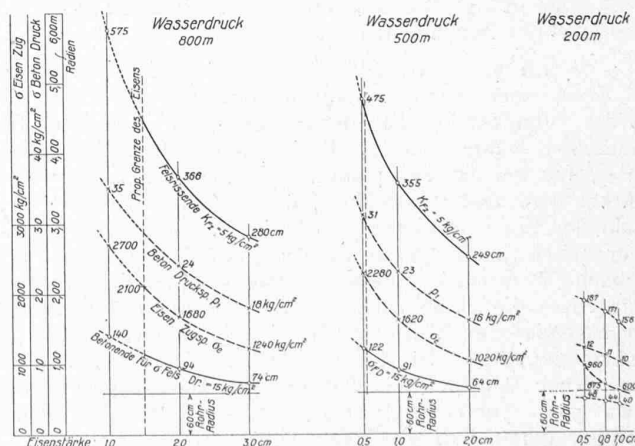


Abbildung 10.

Aus diesen Diagrammen ergeben sich dann die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten hauptsächlichsten Werte für die Dimensionierung von Eisenrohr und Beton und für die Beanspruchung dieser Materialien:



| Druckhöhe |                            |                    | Felsqualität |         |      |
|-----------|----------------------------|--------------------|--------------|---------|------|
|           |                            |                    | 1            | 2       | 3    |
| 800 m     | Eisendicke <i>s</i>        | mm                 | 21           | 21      | 21   |
|           | Betondicke <i>d</i>        | cm                 | min. 60      | min. 60 | 290  |
|           | <i>T<sub>e</sub></i> zug   | kg/cm <sup>2</sup> | < 1440       | < 1680  | 1225 |
|           | <i>T<sub>b</sub></i> druck | kg/cm <sup>2</sup> | > 32         | > 24    | 39   |
| 500 m     | <i>s</i>                   | mm                 | 11           | 11      | 11   |
|           | <i>d</i>                   | cm                 | min. 60      | min. 60 | 240  |
|           | <i>T<sub>e</sub></i> zug   | kg/cm <sup>2</sup> | < 1260       | < 1620  | 985  |
|           | <i>T<sub>b</sub></i> druck | kg/cm <sup>2</sup> | > 29         | > 23    | 34   |
| 200 m     | <i>s</i>                   | mm                 | 8            | 8       | 8    |
|           | <i>d</i>                   | cm                 | min. 60      | min. 60 | 85   |
|           | <i>T<sub>e</sub></i> zug   | kg/cm <sup>2</sup> | < 450        | < 675   | 290  |
|           | <i>T<sub>b</sub></i> druck | kg/cm <sup>2</sup> | > 14         | > 11    | 16   |

Hierbei ist vorausgesetzt worden, dass der Beton am Rohr und Fels satt anliege, bezw. satt hinterpresst werde. Eine Betonstärke von durchschnittlich 60 cm wurde als minimale Betonwandstärke angenommen, weil die Ausführung mit geringerer Wandstärke, insbesondere diejenige der Rundnähte des Eisenrohrs praktisch schwierig ist. Die Rechnung erfolgte insofern nur annäherungsweise, als die Erschwerung der Längskontraktion nicht berücksichtigt wurde. Auch konnten für den Elastizitätsmodul für Beton nur annähernde Annahmen gemacht werden und der Elastizitätsmodul für den Fels, sowie dessen Druck- und Zugfestigkeit musste innert weiterer Grenzen lediglich geschätzt werden. Endlich ist die Berechnung durchgeführt worden unter Annahme der Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes ( $\epsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma$ ) sowohl für den Beton als für den Fels, während für den Beton die Bachsche Gleichung gilt ( $\epsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma^n$ ). Auch musste für die Berechnung homogenes Material angenommen werden, was für den Beton nur beschränkt und für den Fels nur unter sehr günstigen Verhältnissen einigermaßen der Fall sein wird. In Abschnitt II wurde gezeigt, dass infolge der Unhomogenität des Beton- und Felsmaterials die Zugspannungen im Eisen eher etwas grösser werden als berechnet. Bei Anwendung des Bachschen Dehnungsgesetzes an Stelle des Hookeschen Gesetzes würden dagegen die Zugspannungen im Eisen etwas kleiner werden. Die Verhinderung der freien Längskontraktion im Eisen kann eventuell die Zugspannung im Eisen etwas erhöhen. Durch das Schwinden wird eine leichte Verminderung der Zugspannungen eintreten, während eine Temperatur-Reduktion eine leichte Erhöhung der Zugspannungen im Eisen ergibt. Endlich ist es wegen der inneren Rostgefahr nötig, den berechneten Wandstärken einen Zuschlag von 1 mm hinzuzufügen.

Wenn man nun verhindern will, dass Zugspannungen im Eisen über rund 1600 kg/cm<sup>2</sup> auftreten, wird man die in der vorstehenden Tabelle angegebenen Eisen- und Betonstärken wählen müssen. Es ist dabei selbstverständlich, dass man bei der Felsqualität 3 nicht etwa Betonwandstärken von 2,90 m ausführen wird. Man wird dort vielmehr den Beton armerien und in den Abmessungen schwächer halten, um an Ausbruch zu sparen. Dass man den Schacht so weit wie möglich in das Gebirge hinein setzen muss, dass die darüber liegende Felsschicht tatsächlich den ihr zugewiesenen Teil des Drucks aufnehmen kann, ist selbstverständlich. Ich schätze, dass hierfür bei dem grossen Druck von 500 bis 800 m eine Ueberlagerung von etwa 50 m bei vorzüglichem Fels und etwa 100 m bei weniger gutem Fels erwünscht sind.

Man muss sich aber vor Augen halten, dass die vorstehenden Abmessungen und Beanspruchungen auch im Rahmen der gemachten Vorbehalte nur dann zutreffen, wenn das satte Anliegen des Betons am Rohr und am Fels durch ein sattes Hinterpressen wirklich gewährleistet ist. Ist dies nicht der Fall, dann kann die Zugbeanspru-

chung des Eisens bis auf den Wert  $\sigma = \frac{W \cdot r_1}{s}$  ansteigen, d. h. bei den gewählten Eisenstärken auf

2300 kg/cm<sup>2</sup> bei 800 m Druck  
 2700 " " 500 m "  
 1500 " " 200 m "

Der eben geschilderten Gefahr einer Ueberanstrengung des Materials sollte man sich meines Erachtens nicht aussetzen. Man sollte die Bleche vielmehr so bemessen, dass sie bei voller Aufnahme des innern Wasserdrucks, also ohne Mitwirkung der Beton- und Felshülle, nicht über rund 1600 kg/cm<sup>2</sup>, auf das volle Blech berechnet, beansprucht werden. Dabei sollte die Stärke-Bemessung des Beton gleichwohl nach den Grundsätzen der Berechnung von Ziffer II erfolgen. Praktisch werden dann der Beton und der Fels überall da mittragen und das Eisenrohr entlasten, wo der Beton dicht anliegt und dicht hinterpresst ist. Dieses Mitarbeiten von Beton und Fels trägt zur nötigen Sicherheit der ganzen Konstruktion bei. Zu der erhaltenen Wandstärke ist 1 mm Zuschlag für Rosten zuzufügen. Man erhält dann für den berechneten Druckschacht von 1,20 m lichter Weite Blechstärken von

31 mm bei 800 m Druck  
 20 mm " 500 m "  
 8 mm " 200 m "

Zum Vergleich sei noch die offen verlegte, aus prima geschweissten Rohren hergestellte Druckleitung herangezogen. Wenn man sich für diese Druckleitung auch nur einigermaßen mit dem gleichen Sicherheitsgrad begnügen will, wie ihn der Druckschacht bietet, so kann man die Rohre ruhig auf 1200 kg/cm<sup>2</sup> im vollen Blech beanspruchen, unter der Voraussetzung, dass dieser Berechnung die maximalen Pressungen (Stösse) an den einzelnen Stellen zu Grunde gelegt werden, analog wie im Druckschacht. Zu der dieser Beanspruchung entsprechenden Eisenstärke wird man noch 1 mm Zuschlag für Rosten hinzufügen. Bei offenen (oder in Erde verlegten) Druckleitungen wird man die Leitung von oben bis unten im allgemeinen in mehrere Parallelstränge zerlegen und diese Stränge im untersten Teil eventuell weiterhin aufteilen, um die günstigste Abmessung bezw. die billigsten Rohre zu erhalten, wobei natürlich der Unterbau und die Druckverluste bei der Unterteilung zu berücksichtigen sind. Die offene eiserne Rohrleitung hat hierbei den Vorteil, dass man die einzelnen Rohrstränge nur nach und nach, dem wachsenden Kraftbedarf entsprechend, ausbauen muss. Ein solcher etappenweiser Ausbau ist selbstverständlich beim Druckschacht nicht möglich. Dieser ist vielmehr von Anfang an für die volle Leistungsfähigkeit auszubauen, auch wenn diese Leistungsfähigkeit noch jahrelang nicht notwendig ist.

Unter der Annahme, dass auch die offen verlegte Leitung in einem Strang ausgeführt werde, ergeben sich unter der Zugrundelegung einer Beanspruchung von 1200 kg/cm<sup>2</sup> und unter Zufügung von 1 mm Wandstärke für Rosten, folgende Blechstärken:

Blechstärke 41 mm bei 800 m Druck  
 " 26 mm " 500 m "  
 " 11 mm " 200 m "

Das Gewicht der in mehrere Stränge unterteilten Rohrleitung ist bekanntlich theoretisch das gleiche, wie das Gewicht einer einfachen Leitung von gleichem Gesamt-Querschnitt. Praktisch wird das Gewicht um etwa 5 bis 10% grösser sein.

#### XI. Kostenvergleich.

Als Ergänzung der vorangehenden Ausführungen mag es von Interesse sein, die Kosten eines Druckschachtes mit denen einer offenen Druckleitung zu vergleichen. Ein solcher Vergleich hat natürlich nur einen beschränkten Wert, da sich die Verhältnisse von Fall zu Fall etwas ändern. Der Einfachheit halber ist der Vergleich auf Grund von Vorkriegspreisen aufgestellt. Hierbei wurden folgende Preis-Annahmen gemacht:

Handlanger Fr. 5,50 im Tag, ohne Werkzeug  
 Betonmaurer " 7,00 " " "  
 Mineur " 6,50 " " "  
 Sprenggelatine Ia. 3,50 Fr./kg fco. Baustelle, unteres Ende  
 Portlandzement 5,00 Fr./100 kg fco. Baustelle, unteres Ende  
 Bretter und Kantholz Fr. 65,00 für den  $m^3$   
 Felsausbruch im Druckschacht 45,00 Fr./ $m^3$   
 Umhüllungsbeton 1:8 = 55,00 Fr./ $m^3$   
 Zementinterpressung 60,00 Fr./ $m$   
 Flusseisenrohr, mit Nietmuffen im Schacht verlegt 70 Cts./kg  
 " geschweisst, mit Nietmuffen und Flanschen,  
 " offen verlegt 55 Cts./kg.

Damit ergeben sich etwa folgende Preise für den laufenden Meter Druckschacht, bzw. Leitung von 1,2 m lichtem Durchmesser:

a) *Druckschacht.* Eisen und Beton nach der Berechnung in Abschnitt II abgemessen, mit voller Mitwirkung des Beton und Felsen gerechnet, Wandstärke 8 bis 21 mm.  
 eff. Druckhöhe . . . . . 200 m 500 m 800 m

|                             |           |       |       |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|
| Felsausbruch . . . . .      | Fr. 203.— | 203.— | 203.— |
| Betonumhüllung . . . . .    | " 186.—   | 186.— | 186.— |
| Zementeinpressung . . . . . | " 60.—    | 60.—  | 60.—  |

|                                                                                    |         |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| Eisernes Rohr 8 bis 11 bis 21 mm<br>260 bis 350 bis 680 kg/m<br>zu 70 Cts. . . . . | " 183.— | 267.— | 480.— |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|

|                                                             |         |       |       |
|-------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| Bauleitung, Aufsicht, Unvorhergesehenes etwa 20 % . . . . . | " 128.— | 144.— | 186.— |
|-------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|

|                                                     |           |       |        |
|-----------------------------------------------------|-----------|-------|--------|
| Totalkosten für den m, ohne Zugangstollen . . . . . | Fr. 760.— | 860.— | 1115.— |
|-----------------------------------------------------|-----------|-------|--------|

b) *Druckschacht.* Beton nach Berechnung in Abschnitt II abgemessen, Eisen aber nur mit etwa 1600 kg/cm<sup>2</sup> Beanspruchung gerechnet, ohne Mitwirkung des Beton und Felsen, Wandstärke 8 bis 31 mm.

eff. Druckhöhe . . . . . 200 m 500 m 800 m

|                             |           |       |       |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|
| Felsausbruch . . . . .      | Fr. 203.— | 203.— | 203.— |
| Betonumhüllung . . . . .    | " 186.—   | 186.— | 186.— |
| Zementeinpressung . . . . . | " 60.—    | 60.—  | 60.—  |

|                                                                                    |         |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| Eisernes Rohr 8 bis 20 bis 31 mm<br>260 bis 635 bis 955 kg/m<br>zu 70 Cts. . . . . | " 183.— | 445.— | 670.— |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|

|                                                         |         |       |       |
|---------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| Bauleitung, Aufsicht, Unvorhergesehenes, 20 % . . . . . | " 128.— | 176.— | 226.— |
|---------------------------------------------------------|---------|-------|-------|

|                                                     |           |        |        |
|-----------------------------------------------------|-----------|--------|--------|
| Totalkosten für den m, ohne Zugangstollen . . . . . | Fr. 760.— | 1070.— | 1345.— |
|-----------------------------------------------------|-----------|--------|--------|

c) *Offene Druckleitung,* auf Sockeln, mit Fixpunkten und Expansionstücken. Blechbeanspruchung 1200 kg/cm<sup>2</sup>, Wandstärke 11 bis 41 mm.

eff. Druckhöhe . . . . . 200 m 500 m 800 m

|                                                                                                                                           |           |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-------|
| Eisernes Rohr 11 bis 26 bis 41 mm, 350 bis 850 bis 1350 kg<br>Erhöhung infolge Unterteilung 358 bis 883 bis 1424 kg<br>zu 55 Cts. . . . . | Fr. 201.— | 503.— | 814.— |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-------|

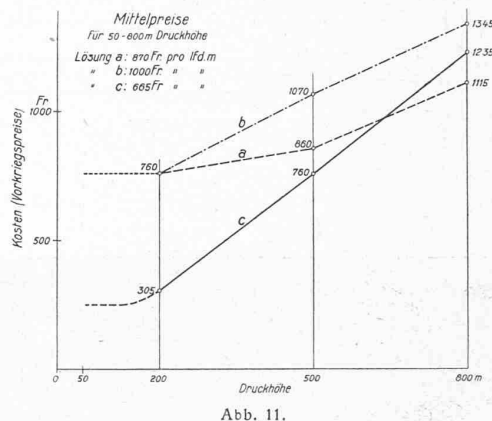
|                                         |        |       |       |
|-----------------------------------------|--------|-------|-------|
| Unterbau, 35 % der Rohrkosten . . . . . | " 70.— | 176.— | 286.— |
|-----------------------------------------|--------|-------|-------|

|                                                         |        |      |       |
|---------------------------------------------------------|--------|------|-------|
| Bauleitung, Aufsicht, Unvorhergesehenes, 12 % . . . . . | " 34.— | 81.— | 135.— |
|---------------------------------------------------------|--------|------|-------|

|                                          |           |       |        |
|------------------------------------------|-----------|-------|--------|
| Totalkosten pro m <sup>1</sup> . . . . . | Fr. 305.— | 760.— | 1235.— |
|------------------------------------------|-----------|-------|--------|

Die Totalkosten für den lfd. Meter Druckschacht bzw. Druckleitung sind im Diagramm Abb. 11 dargestellt. Das Diagramm zeigt, dass die Kosten der offenen Druckleitung für den betrachteten Fall bei niedrigeren Pressungen erheblich geringer sind, als die Kosten der Druckschächte. In der Zone von etwa 600 m Druck kostet die offene Druckleitung ungefähr gleich viel wie der Druckschacht a), in welchem auf die Mitarbeit des Beton und Felsen voll gerechnet worden ist. In der Zone von rund 900 m Pressung kostet die offene Druckleitung ungefähr so viel wie der Druckschacht b), in welchem auch die Mitwirkung

des Betons und des Felsens nicht gerechnet und die Beanspruchung des Eisens nicht über 1600 kg/cm<sup>2</sup> hinaus getrieben wird. Für die gesamte Leitung von 50 bis 800 m Druck erscheint im vorliegenden Fall die offene Druckleitung dem Druckschacht wirtschaftlich überlegen, selbst wenn man in den Preisansätzen eine gewisse Toleranz üben will.



Jedenfalls zeigt die Betrachtung, dass in jedem einzelnen Fall ein eingehender Kostenvergleich nötig ist. Beim wirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Lösungen ist ausserdem noch in Berücksichtigung zu ziehen:

1. dass die einzelnen Stränge der offenen Druckleitung dem Bedarf entsprechend nach und nach ausgebaut werden können;
2. dass die offenen Druckleitung an sich sicherer ist, weil sie weniger von der Güte der Bauarbeiten und der an Ort und Stelle ausgeführten Montagearbeiten abhängt;
3. dass die offene Leitung aussen fortlaufend revidiert und einzelne Stränge von Zeit zu Zeit auch innen geprüft werden können;
4. dass die Bauzeit für einen Druckschacht ohne Zweifel erheblich grösser ist, als für eine offene Druckleitung;
5. dass andererseits beim Druckschacht die Gefahr des Einfrierens nicht besteht und der Schutz gegen Steinschlag oder Lawinen natürlich ein praktisch vollkommener ist.

Zum Schlusse danke ich Herrn Ing. Paul Dittes, Direktor des Elektrisierungsamtes der d.-ö. Staatsbahnen in Wien, für die Erlaubnis zur vorliegenden auszugsweisen Veröffentlichung des Gutachtens.

## Wettbewerb für ein Bezirkspital in Biel.

(Schluss von Seite 77.)

Als Abschluss unserer Veröffentlichung in Nr. 6 und 7 geben wir den Schluss des Berichts des Preisgerichts nebst der Darstellung der wichtigsten Pläne der im III., IV. u. V. Rang prämierten Entwürfe.

*Projekt Nr. 16:* „Im Vogelsang“ II. Einfache, klare Gesamtanlage, ähnlich Projekt 1. Durch Annahme von nur zwei Stockwerken wird der Gebäudekomplex allzu weitläufig, was einen hohen Kubikinhalt und demnach hohe Baukosten bedingt und zudem für den Betrieb sehr erschwerend ins Gewicht fällt. Im einzelnen sind besonders die Anlage der Operationssäle und die Belichtung der Korridore als mangelhaft zu beanstanden (Seite 92).

*Projekt Nr. 11:* „Aesculapius“. Die Gruppierung des Verwaltungsgebäudes und der beiden Hauptpavillons unter sich ist gut gelöst, dagegen führt die vorgeschlagene Lage des Absonderungshauses und der künftigen Erweiterungsbauten zu keiner befriedigenden Gesamtanlage. Die Disposition der Hauptgebäude ist viel zu kompliziert und zu wenig klar. Die Anlage ist viel zu ausgedehnt und enthält zu viele Treppen. Der Baukubus ist denn auch ein bedeutender, trotzdem der Luftraum der Krankenzimmer dem Programm nicht entspricht. Die Küchenanlage mit grosser Freitreppe als Zugang ist erkünstelt und in dieser Form abzulehnen; Leichenkammer und Sezierraum gehören nicht an den Küchenkorridor. Die Lüftung und die Beleuchtung der Korridore in den