

DIE BAUTECHNIK

11. Jahrgang

BERLIN, 27. Oktober 1933

Heft 46

Der bautechnische Teil der Kühlwasserversorgung des Kraftwerks der Mitteldeutschen Kraftwerk Magdeburg AG (Mikramag) in Magdeburg.

Von Rudolf Laube, Berlin-Charlottenburg.

Alle Rechte vorbehalten.

Im Zusammenhang mit der Durchführung des Mittellandkanals bis zur Elbe und der Herstellung des Elbabstiegs bei Magdeburg erschloß die Stadt Magdeburg nördlich der Stadt bei Roithensee ein Industriegelände. Die Durchführung der Arbeiten für den aus Abb. 1 zu erkennenden Zweigkanal mit den Industriebecken und die etwa 5 m hohe Auffüllung des Geländes bis über die HHW-Linie hinaus mit den durch die Baggerarbeiten anfallenden Bodenmassen geschah durch die Mittellandkanalhafen Magdeburg AG in Magdeburg.

Am Industriebecken I errichtete die Mikramag ein Kraftwerk, das in erster Linie für die an der gegenüberliegenden Seite des Industriebeckens zu erbauende Zinkhütte von Giesches Erben bestimmt ist.

Den Entwurf des Kraftwerks schuf die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Die nachstehenden Erörterungen beschränken sich auf den baulichen Teil der für die Niederschlagung des Dampfes der Turbinen erforderlichen Kühlwasserversorgung.

Das Kühlwasser wird aus dem Industriebecken I entnommen. Auf eine Rückführung des Wassers in den Zweigkanal oder in das Industriebecken I mußte verzichtet werden, da hierbei eine allmähliche Erwärmung der gesamten Wassermenge zu befürchten war und somit der Wirkungsgrad der Turbinen beeinträchtigt würde. Das Kühlwasser mußte daher unmittelbar in die Elbe zurückgeführt werden, und zwar derart, daß die Einleitung des Wassers nicht in den Bereich der Einfahrt zum Elbabstiegskanal fiel. Um eine die Schifffahrt störende Seitenströmung zu vermeiden, wurde nach Versuchen in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schifffahrt, Berlin, festgelegt, das Einleitungsbauwerk in dem ermittelten Abstände stromabwärts hinter der Mole anzuordnen, wodurch sich eine Kreuzung des Ausgußkanals mit dem Zweig- und Elbabstiegskanal ergab. Für die Führung und Ausbildung des Ausgußkanals waren mehrere Planungen, u. a. auch auf Rohrbrücken liegende Eisenrohrleitungen zwecks Wahl der wirtschaftlichsten Ausführung aufgestellt.

Auch die Untersuchung über etwaige Ausnutzung des vorhandenen Gefälles zwischen dem Wasserstande des Ausgußkanals und den Elbwasserständen durch den Einbau einer Wasserturbine bei gleichzeitiger Vernichtung der für die Schifffahrt schädlichen Energie zeigte keine wirtschaftlichen Vorteile.

Das Pumpenhaus wurde an der Kopfseite des Maschinenhauses in nächster Nähe des Industriebeckens I angeordnet. Das Kühlwasser wird mittels Pumpen durch Eisenleitungen durch den Kondensator gedrückt und bis zum Auslaufkanal (Abb. 1) geführt. Nach den verschiedenen Kostengegenüberstellungen ist die nachstehend beschriebene Ausführungsweise der Kühlwasseranlage die wirtschaftlich günstigste.

I. Schöpfstelle und Pumpenhaus.

Für den Endausbau des Werkes mit vier Turbinenaggregaten von je 22 500 kW sind 6 m³/sek Kühlwasser erforderlich. Infolge des 6,44 m betragenden Unterschiedes zwischen HHW und NNW mußten die Bauwerke so tief angelegt werden, daß bei NNW noch genügend Wasser für die Höchstleistung zuläuft. Bei Beginn der Bauarbeiten für das Kraftwerk zeigten Industriebecken und Zweigkanal infolge eines von der Elbe aus vorgenommenen Durchstiches dieselben Wasserstände wie die der Elbe. Für die Ausführung der Bauwerke war die Umschließung mit eisernen Spundwänden und eine Grundwasserspiegelsenkung notwendig. Oberkante Spundwand wurde auf Ord. + 42,50 gelegt, da die Pegelaufzeichnungen über diese Ordinate hinaus nur kleine Spitzen von kurzer Dauer aufweisen und etwa eintretende Überflutungen in Kauf genommen wurden. Infolge rechtzeitig getroffener Sicherheitsvorkehrungen hat die zweimalige Überflutung der Baustelle keinen Schaden angerichtet. Die Umschließung der Baugrube in der ausgeführten Art kann vom technischen Standpunkte aus gesehen als genügend und daher in wirtschaftlicher Hinsicht als richtig

bezeichnet werden. Bei NNW und Höchstleistung wird das Wasser mit 1,5 m/sek Geschwindigkeit durch den Grobrechen der in Abb. 2 dargestellten Schöpfstelle zugeführt. Hinter dem Grobrechen sind Schlitzrechen mit umlaufenden Bürsten angeordnet. Da angenommen ist, daß sich die Schwimmstoffe in den langen Schifffahrtskanälen bei der geringen Wassergeschwindigkeit absetzen, und nur verhältnismäßig reines Wasser vor die

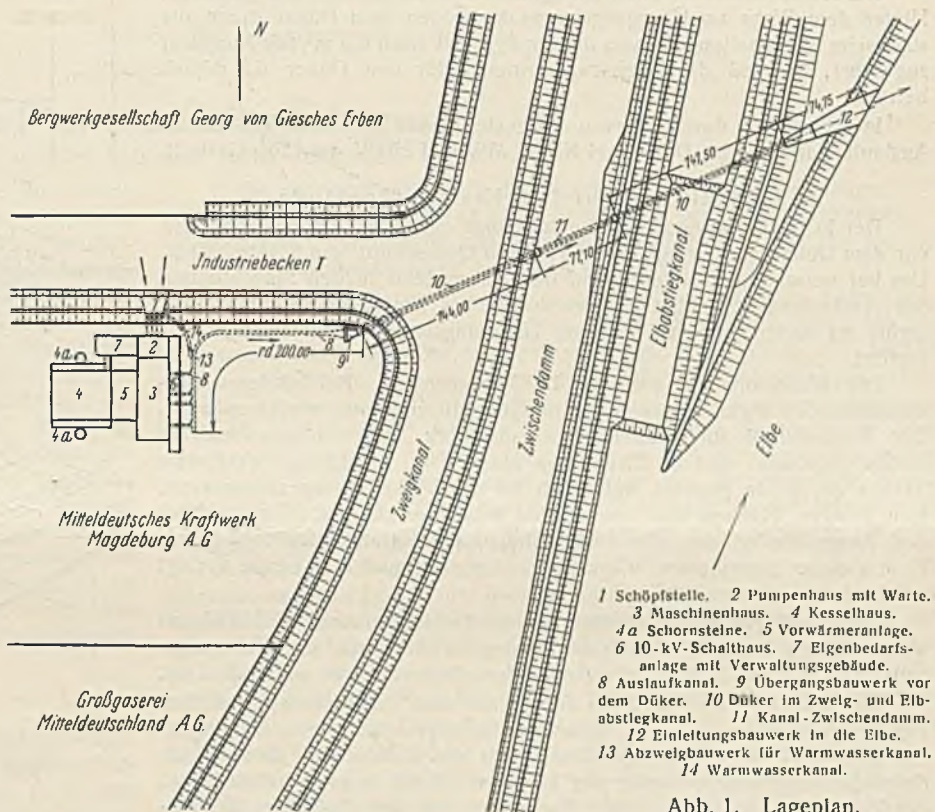


Abb. 1. Lageplan.

Rechen gelangt, wurde auf den Einbau weiterer Reinigungsvorrichtungen vorerst verzichtet.

Jedoch sind die baulichen Vorkehrungen so getroffen, daß Siebbänder oder Kiwasiebe jederzeit aufgestellt werden können. Sollte eine weitere Reinigung des Wassers notwendig sein, so soll durch das aufgestellte Kiwasieb geprüft werden, ob durch diese Apparate die erforderliche Reinigung des Wassers erzielt wird.

Die Bauwerke sind in Eisenbeton ausgeführt. Nur die Sohlen erhielten einen Zementestrich, während die Wände schalungsrauh blieben. Es wurde von vornherein großer Wert auf saubere Schalung und die Herstellung eines dichten Betons gelegt. Um einer Vereisungsgefahr des Rechens vorzubeugen, kann durch eine Rohrleitung von 80 cm Durchm. rücklaufendes warmes Kühlwasser vor den Grobrechen geführt werden, wo es aus dem offenen Gerinne vor dem Rechen abfällt (Abb. 2).

Daß bei hohen Elbwasserständen das Wasser durch die vorhandenen Öffnungen in den Raum über der Pumpenkammer und in die im Maschinenhaus liegenden Rohrkanäle eintritt, wurde in Kauf genommen, da hierdurch kein Schaden eintreten kann und eine wasserdichte Ausführung hohe Kosten bedingt hätte. Die nicht wieder zurückfließenden Wassermengen sammeln sich in einem Sumpf an Punkt a, von wo sie in die vorhandene Kanalisation übergepumpt werden (vgl. Abb. 2).

II. Auslaufkanal, Düker und Einleitungsbauwerk in die Elbe.

Die Höhe des Wasserspiegels im Auslaufkanal, die durch ein Wehr im Übergangsbauwerk vor dem Düker gehalten wird, ist im Mittel auf Ord. 43,70 festgelegt, damit die Heberwirkung ausgenutzt und beim Kraftwerkbetrieb Pumparbeit gespart wird. Bei höheren Wasserständen als MW

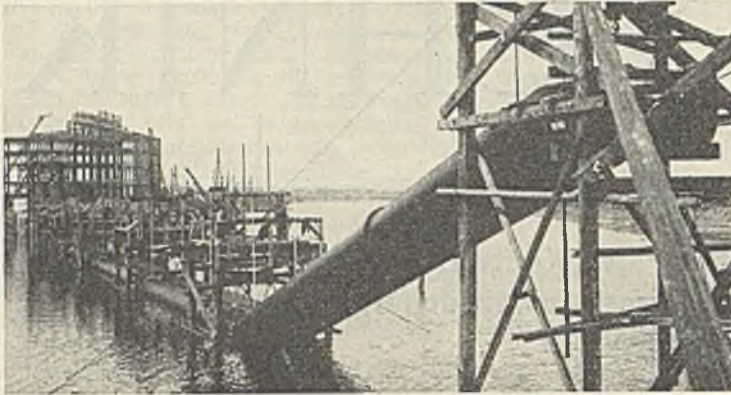


Abb. 5. Düker vor Absenken.

der Elbe stellen sich durch Rückstau auch höhere Wasserstände im Auslaufkanal ein.

Der Auslaufkanal ist unter Zweigkanal und Elbabstiegkanal gedükert. Hinter dem Wehr im Übergangsbauwerk werden dem Düker durch die städtische Kanalisation und von der Großgaserei noch 0,5 m³/sek Abwässer zugeführt, so daß die Höchstwassermenge für den Düker 6,5 m³/sek beträgt.

In Abb. 3 ist durch Kurven dargestellt, wie sich das Wasser im Auslaufkanal und dem Düker bei NNW, MW und HHW der Elbe einstellt.

a) Auslaufkanal auf dem Kraftwerksgelände.

Der in Abb. 4 dargestellte Auslaufkanal mit dem Übergangsbauwerk vor dem Düker des Zweigkanals hat einen Querschnitt von 2,20 x 2,00 m. Um bei normalem Elbwasserstand den Unterschied in den Spiegelhöhen des Auslaufkanals infolge der verschiedenen Wassermengen möglichst gering zu halten, ist das Wehr im Übergangsbauwerk auf 6,00 m verbreitert.

Die Wehrkrone ist auf Ord. 42,87 angeordnet. Bei niederen Elbwasserständen wirkt dieses Wehr als Überfall und sonst als Grundwehr. Der Auslaufkanal und das Übergangsbauwerk sind auf gewachsenem Boden gegründet und in Eisenbeton ausgeführt. Im Innern des Kanals ist nur die Sohle geputzt, außerhalb ist die Decke schräg abgewässert. Alle übrigen Flächen des Betons sind schalungsrau geblieben. Unter den Ausgußstellen der Eisenrohre sind zum Schutze der Betonsohle 20 mm dicke Eisenplatten in ganzer Sohlenbreite und 3 m Länge verlegt worden.

Die Einsteigeschächte mußten wegen des Rückstaus bei HHW mit wasserdichten Deckeln abgedeckt werden, wohingegen am Übergangsbauwerk ein über Gelände hinausragender offener Schacht angeordnet ist.

Das warme Wasser wird vor den Rechen dem Auslaufkanal zugeführt. Bei der Abzweigung ist eine Wehrschwelle angeordnet, deren Oberkante auf Ord. 42,77 liegt. Für gewöhnlich ist die Rohrleitung durch einen Spindelschieber abgeschlossen, der in einem Schacht in etwa halber Länge der Rohrleitung angeordnet ist. Abgesehen von der Verhütung der Eisbildung am Rechen, kann diese Rohrleitung auch noch als Hochwasserentlastung benutzt werden.

b) Düker, Zweig- und Elbabstiegkanal.

Die beiden Rohre des Dükers von 1,40 m lichtigem Durchmesser und 12 mm Wanddicke sind wassergasüberlappt geschweißt und haben vorgeschweißte Flanschen aus Winkelisen. Innen sind die Rohre asphaltiert, außen sind sie mit doppelter Umjütung versehen und mit Asphalt gestrichen. Die Erdarbeiten für die Verlegung des Dükers wurden in den fertigen Schiffahrtskanälen mit Hilfe von Baggern ausgeführt, die Rohrleitungen auf eingerammten Gerüsten aufgelegt und in der üblichen Weise mittels Schraubenspldeln abgesenkt. Abb. 5 zeigt die fertig zusammengesetzten Dükerrohre vor der Absenkung.

Oberkante Dükerrohr liegt 1,20 m unter der Kanalsohle. Die Düker-

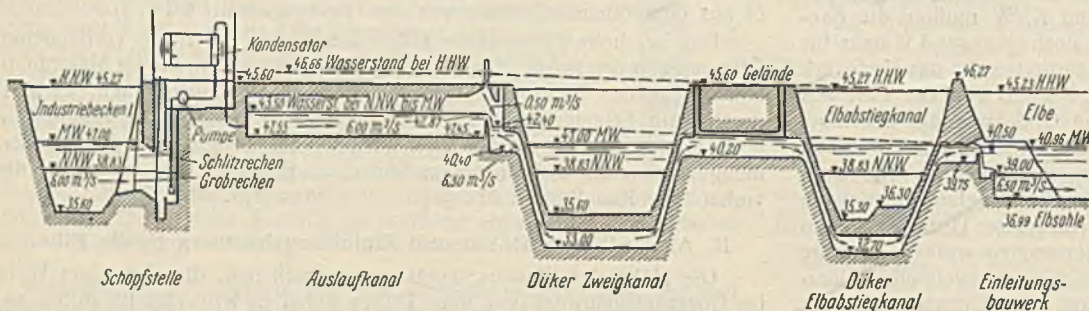


Abb. 3. Schematische Darstellung der Wasserentnahme aus Industriebecken I und Rückführung in die Elbe.

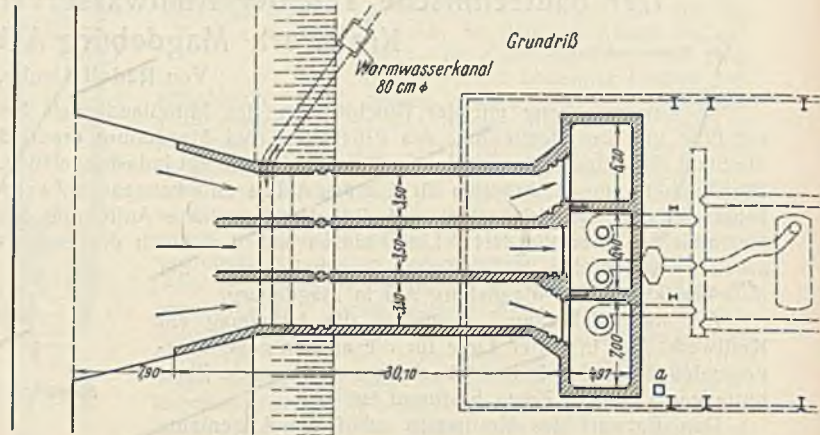
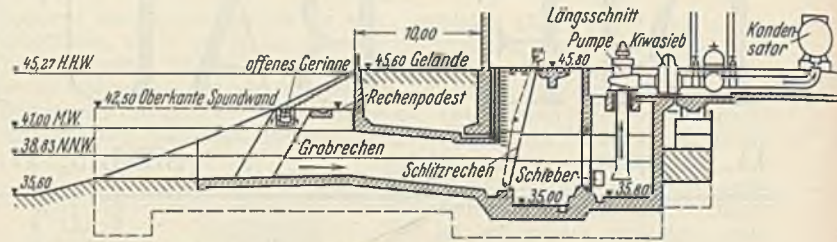


Abb. 2. Schöpfstelle und Pumpenhaus.

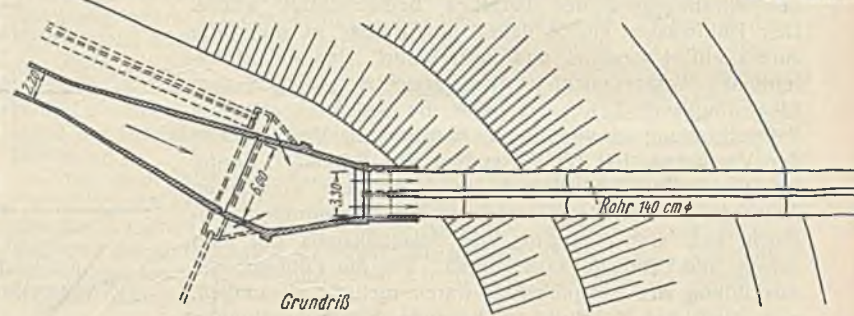
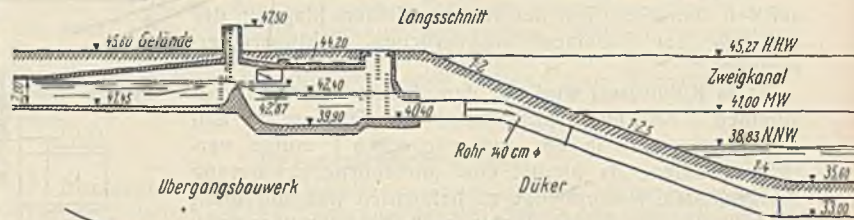


Abb. 4. Auslaufkanal und Übergangsbauwerk vor dem Düker.

rohre sind gegen Beschädigungen durch eine 40 cm hohe Steinschüttung gesichert.

c) Kanal-Zwischendamm.

Dieser ist als zweiteiliger Kanal von je 1,50 x 1,80 m Querschnitt in Eisenbeton ausgeführt. Im übrigen ist er in der gleichen Art hergestellt wie der Auslaufkanal. Infolge schlechter Untergrundverhältnisse erhielt der Kanal eine Eisenbetonpflageründung.

An beiden Seiten des Kanals sind Einsteigeschächte angeordnet, die mit wasserdichten Deckeln verschlossen sind. Von diesen Schächten sind Rohrleitungen von 50 cm Durchm. abzweigt, die in den Zweig- bzw. Elbabstiegkanal münden und dazu dienen, im Winter wärmeres Wasser in die Schiffahrtskanäle zu leiten, um diese längere Zeit eisfrei zu halten.

d) Einleitungsbauwerk.

Das Einleitungsbauwerk ist der besseren Wasserführung halber als offenes Bauwerk mit trompetenartiger Verbreiterung ausgebildet, wie aus Abb. 6 zu ersehen ist.

Die in verschiedenen Höhen angeordneten Wehrschwellen und die Rehbocksche Zahnleiste dienen zur völligen Vernichtung noch vorhandener Energie. Bis zu der Zahnleiste sind Sohle und Ufermauern in Eisenbeton hergestellt. Hinter der Zahnleiste sind die Sohle durch Steinschüttung und die Uferwände durch Larssen- bzw. Holzspundwände gesichert.

III. Allgemeines.

Die Bauarbeiten für die Schöpfstelle und die Fundierung des Pumpenhauses wurden durch die Firma Carl Brandt, Niederlassung Berlin, ausgeführt. Auslaufkanal, Düker und Einleitungsbauwerk wurden durch die Firma Gottlieb Tesch, Berlin, in Gemeinschaft mit B. Wittkop, Magdeburg, hergestellt.

Sämtliche Arbeiten wurden planmäßig ausgeführt, wobei die Herstellung des Dükers und des Einleitungsbauwerks sich dem Programm für die Ausführung der Schiffsfahrkanäle und des Molenkopfes einreihen mußte.

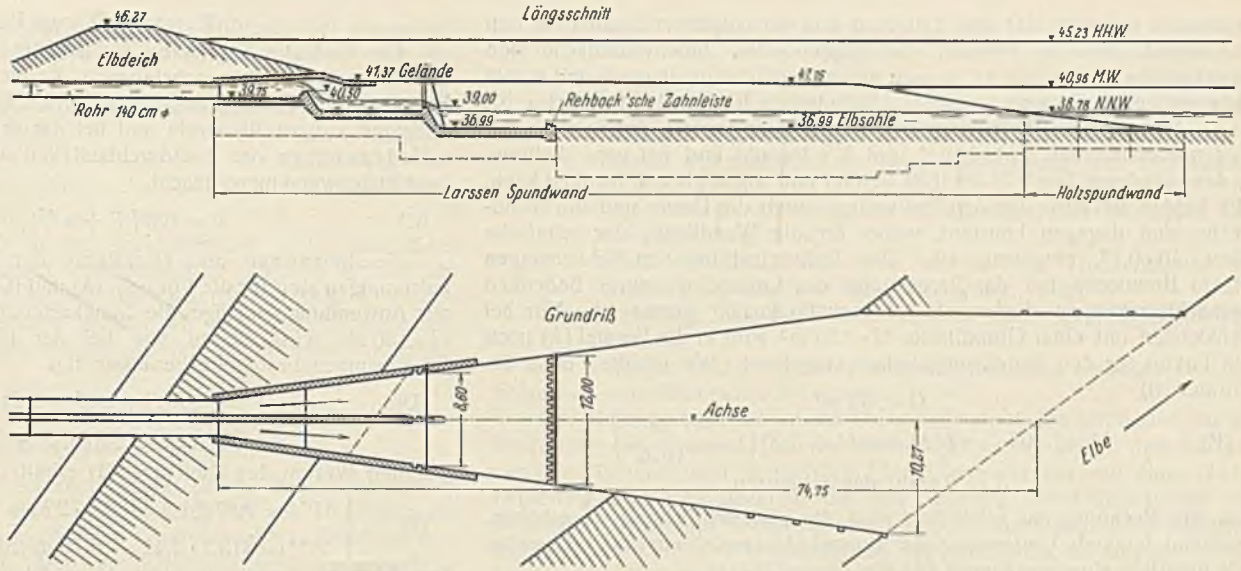


Abb. 6. Einleitungsbauwerk in die Elbe.

Alle Rechte vorbehalten.

Luftbedarf bei Druckluftgründungen.

Von Dr.-Ing. Kurt Safranez, Berlin-Zehlendorf.

Eine der wesentlichsten Fragen bei der Festlegung der Einrichtung für eine Druckluftgründung bildet die Bestimmung des erforderlichen Druckluftbedarfs und damit die Bemessung der notwendigen Druckluft-Erzeugungsanlage. Jede Überbemessung der Einrichtung wirkt natürlich ungünstig auf das wirtschaftliche Ergebnis der Bauausführung; bei Druckluftgründungen wird aber dieser Einfluß noch dadurch verstärkt, daß vielfach aus Sicherheitsgründen eine 100prozentige Reserve für die Druckluftanlage gefordert wird. Auf der anderen Seite muß selbstverständlich beachtet werden, daß die Sicherheit der Belegschaft in höchstem Maße von der ausreichenden Bemessung der Drucklufterzeugung abhängig ist. Manchmal sind bei nicht genügend leistungsfähigen Anlagen folgenschwere Unglücksfälle nur dadurch vermieden worden, daß sehr große Reserve-Aggregate betriebsbereit zur Verfügung standen. Natürlich ist die Reserveanlage in erster Linie dazu bestimmt, herangezogen zu werden, wenn die normale Drucklufterzeugung aus irgendeinem Grunde eine Zeitlang versagt und nicht etwa, um eine unzureichend bemessene Anlage zu ergänzen, da im letzten Falle die mit Recht geforderte Sicherheit gefährdet wird. Aus den angeführten Gründen ist es daher äußerst wichtig, den zu erwartenden höchsten Luftbedarf möglichst zutreffend zu bestimmen.

1. Bestimmung des Druckluftbedarfs.

Die Angaben zur Bestimmung des voraussichtlichen Druckluftbedarfs sind in der zuständigen Fachliteratur äußerst spärlich, in vielen grundlegenden Werken über Grundbau fehlen sie vollständig, wie z. B. in dem Buch von Boycott¹⁾. Auch in dem bekannten amerikanischen Werk von Jacoby and Davis²⁾ ist nur ausgeführt, daß es unmöglich ist, Regeln für die Festlegung der Druckluftanlage aufzustellen. In der deutschen bzw. österreichischen Fachliteratur werden ausschließlich die bereits von Brennecke³⁾ aufgestellten Formeln angeführt, die auch in unveränderter Form in die in der letzten Zeit erschienenen Standardwerke über Grundbau von Franzius⁴⁾ und Schoklitsch⁵⁾ aufgenommen worden sind. In allen diesen Büchern wird aber bedauerlicherweise überhaupt nicht untersucht, wie weit sich die angegebenen Formeln bei der Anwendung in der Praxis bewährt haben. Diese Tatsache ist wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß entsprechende Beobachtungen und Angaben, die zur Nachprüfung der Formeln verwendet werden könnten, leider so gut wie garnicht veröffentlicht werden. Mit Rücksicht auf die Bedeutung dieser Frage soll daher nachstehend anhand einiger praktischer Erfahrungen untersucht werden, wie sich die Ergebnisse der Formeln von Brennecke zu dem beobachteten Druckluftverbrauch verhalten, und welche Schlüsse gegebenenfalls daraus für ihre weitere Verwendung gezogen werden können.

2. Maßgebender Luftbedarf.

Der für die Durchführung der Druckluftgründung erforderliche Druckluftbedarf muß nach folgenden drei Gesichtspunkten bestimmt werden:

¹⁾ Boycott, Compressed air work and diving, London 1909.

²⁾ Jacoby and Davis, Foundations of Bridges and Buildings, 2. Aufl., Mc. Graw Hill Company, London 1925, S. 614/15.

³⁾ Brennecke, Der Grundbau, 1. Aufl., 1887.

⁴⁾ Franzius, Der Grundbau, Handbibliothek für Bauingenieure, Berlin 1927, Julius Springer.

⁵⁾ Schoklitsch, Der Grundbau, Wien 1932, Julius Springer, S. 432/33.

1. die zur Trockenlegung der Senkkasten benötigte Luftmenge,
2. die zur Trockenhaltung der Senkkasten benötigte Luftmenge,
3. die zur Vermeidung von gesundheitsschädlichen Wirkungen auf die Senkkastemannschaft benötigte Luftmenge.

Die zur Trockenlegung des Senkkastens erforderliche Luftmenge, die in den Formeln von Brennecke zuerst angeführt wird, spielt für die Bemessung der Anlage nur eine untergeordnete Rolle, da es sich hierbei nur um Zeiträume von ganz wenigen Stunden handelt (meistens etwa 2 bis 3 Stunden) und es für die Bauausführung im allgemeinen nur von geringer Bedeutung ist, ob die Trockenlegung eine Stunde mehr oder weniger in Anspruch nimmt. Hinzu kommt, daß für diese nur selten notwendig werdende Arbeit ohne Bedenken die Reserveanlage hinzugezogen werden kann, um so mehr als während der Trockenlegung sich keine Menschen im Senkkasten befinden.

Maßgebend für die Bemessung der Druckluft-Erzeugungsanlage ist dagegen vor allen Dingen der höchste für die Trockenhaltung des Senkkastens erforderliche Luftbedarf, der ja während der ganzen Zeit, wo die Arbeiten unter Druckluft durchgeführt werden, zur Verfügung stehen muß. Zur Kontrolle muß dann noch festgestellt werden, ob die sich hierfür ergebende Luftmenge den Vorschriften zum Schutze der Preßluftarbeiter genügt, die z. B. in Deutschland für den Kopf der Druckluftbelegschaft bei Überdrücken über 0,5 kg/cm² eine Mindestluftmenge von 30 m³/Std. verlangen. Bei den meistens in Frage kommenden größeren Druckhöhen wird diese gesundheitliche Forderung im allgemeinen durch die zur Trockenhaltung erforderliche Luftmenge mit erfüllt. Wir wollen uns daher in erster Linie mit der für die Trockenhaltung benötigten Luftmenge beschäftigen.

Wegen des verschiedenen Grades von Luftdichtheit unterscheidet Brennecke zwischen eisernen bzw. hölzernen Senkkasten einerseits und gemauerten bzw. Beton- oder Eisenbeton-Senkkasten auf der anderen Seite.

3. Luftbedarf für Trockenhaltung bei eisernen bzw. hölzernen Senkkasten.

a) Formel (A) von Brennecke.

$$G > 30 \text{ m}^2$$

$$(A) \quad V = [\alpha(G + \beta U h) + \mu U] \left(1 + \frac{H}{10,33}\right).$$

Hierin ist:

V = Luftbedarf für die Trockenhaltung in m³/Std. an der Eintrittsdüse des Kompressors gemessen,

G = Grundfläche des Senkkastens in m²,

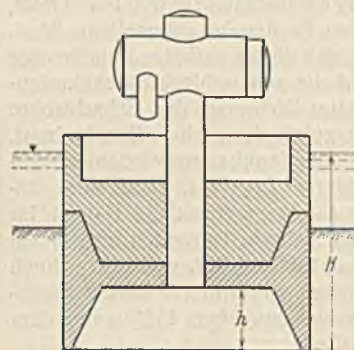
U = Umfang des Senkkastens in m,
 h = lichte Höhe des Senkkastens in m,

H = Absenktiefe von dem Außenwasserstande aus gemessen in m,

α = konstanter Beiwert = 0,17,

β = konstanter Beiwert = 10,

μ = veränderlicher Beiwert = 1 bis 3 (s. Abb. 1).



Brennecke unterscheidet also zwischen drei verschiedenen Stellen für den Luftverlust, nämlich zwischen Senkkastendecke, Innenwandfläche und Senkkastenschneide, die er je nach ihrem Durchlässigkeitsgrade mit einem entsprechenden Beiwert versieht. Veränderlich ist nur der Beiwert μ für das Entweichen der Luft längs der Senkkastenschneide, der je nach der Bodenbeschaffenheit zwischen 1 und 3 schwankt und bei ganz dichtem, undurchlässigem Ton 0,25 bis 0,50 beträgt und sogar bis auf 0 sinken kann. Die beiden Beiwerte für den Luftverlust durch die Decke und die Wandfläche sind dagegen konstant, wobei für die Wandfläche der zehnfache Wert, $10 \cdot 0,17$, eingesetzt ist. Den Luftverlust bei den Schleusungen glaubt Brennecke bei der Berechnung des Luftbedarfs ohne Bedenken vernachlässigen zu dürfen, da er verhältnismäßig gering ist. Nur bei Senkkasten mit einer Grundfläche $G < 30 \text{ m}^2$ wird in die Formel (A) noch ein Faktor für den Schleusungsverlust eingeführt. Wir erhalten dann die Formel (B)

$$(B) \quad V = [\alpha(G + \beta U h) + \mu U + 3 S] \left(1 + \frac{H}{10,33}\right)$$

$G < 30 \text{ m}^2$
 $S = \text{Anzahl der Schleusen.}$

Um die Rechnung zu erleichtern und die Übersichtlichkeit zu erhöhen, erscheint folgende Umformung der Formel (A) empfehlenswert. (Dasselbe gilt natürlich sinngemäß auch für die Formel (B)).

$$(A') \quad V = [0,17 G + 1,7 U h + \mu U] \left(1 + \frac{H}{10,33}\right)$$

Durch Einführung der konstanten Beiwerte α und β wird in der Formel von Brennecke darauf verzichtet, den Einfluß verschiedener Beschaffenheit bzw. Ausführung der Senkkastenschnitten und der Senkkastenschneiden — etwa die mehr oder weniger dichte Nietung oder die Länge der Senkkastenschneide — auf die Luftdichtheit entsprechend zu berücksichtigen. In dem nachstehenden Beispiel werden wir dagegen sehen, welche große Bedeutung z. B. gerade der Ausführung der Nietung zukommt.

Bei der Bestimmung des erforderlichen höchsten Überdrucks muß neben dem Druckverlust in der Luftleitung, der je nach der Druckhöhe, Länge und Beschaffenheit der Leitung etwa 1 bis 2 m beträgt, noch berücksichtigt werden, daß im Senkkasten im Vergleich zum Wasserstande im allgemeinen ein um 1 bis 2 m höherer Druck herrschen soll, u. a. damit der Wasserspiegel unter die Schneide gesenkt wird, so daß der Boden an der Senkkastensohle nur feucht, aber nicht wassergesättigt ist. Dementsprechend erhalten wir statt H den um etwa 2 bis 4 m höheren Wert H' , der in die Formel (A) einzusetzen ist.

Bei dem heutigen hohen Stande der Niettechnik erscheint es überhaupt fraglich, ob eine derartige Verschiedenheit in der Bewertung der Dichtheit der Wand- und der Deckenfläche immer notwendig ist, oder ob es nicht zweckmäßiger wäre, die beiden Flächen als ein Ganzes mit demselben Beiwert zusammenzufassen, wie es übrigens bei den Eisenbeton-Senkkasten, auf die wir noch zurückkommen werden, geschehen ist.

b) Nachprüfung der Formel (A).

Es handelte sich um die Druckluftgründung von insgesamt 6 Brückenpfeilern mit Hilfe von eisernen Senkkasten, von denen je 2 etwa zu gleicher Zeit abgesenkt wurden. Abmessungen der Senkkasten:

$$G = 91,5 \text{ m}^2 \quad U = 54,0 \text{ m} \quad h = 2,5 \text{ m} \quad H = 22,0 \text{ m.}$$

Zur Bestimmung des größten erforderlichen Luftbedarfs gemäß den vorhergehenden Ausführungen setzen wir entsprechend den tatsächlichen Verhältnissen $H' = 25 \text{ m}$ ein. Ferner führen wir für den Beiwert μ den ungünstigsten Wert 3 ein. Damit erhalten wir nach der Formel (A)

$$(1) \quad \begin{cases} V = [0,17(91,5 + 10 \cdot 54,0 \cdot 2,5) + 3 \cdot 54,0] \left(1 + \frac{25}{10,33}\right) \\ V = (0,17 \cdot 1442 + 162) \cdot 3,42 = 1390 \text{ m}^3/\text{Std.} \end{cases}$$

Wie die Beobachtungen zeigten, war aber bei den beiden zuerst abgesenkten Senkkasten der tatsächliche Luftbedarf bedeutend größer, er betrug nämlich rd. $V' = 1900 \text{ m}^3/\text{Std.}$ für jeden Senkkasten. Dieses Ergebnis zugrunde gelegt, erhalten wir mit Hilfe der Gleichung (1) bei Aufrechterhaltung des Beiwertes $\beta = 10$ statt des Beiwertes $\alpha = 0,17$ für die Senkkastendurchlässigkeit den maßgebenden Beiwert $\alpha = 0,28$, der also um 65% größer ist als der von Brennecke angegebene Wert. Allerdings ergab die nähere Untersuchung, daß dieses auffallend ungünstige Ergebnis aller Wahrscheinlichkeit nach auf die sehr schlechte Senkkastennietung und auf die äußerst mangelhafte Dichtung der Schachtrohre zurückgeführt werden konnte. In der Tat zeigte der nächste Bauabschnitt, bei dem diese Mängel beseitigt waren — die Senkkasten wurden wasserdicht genietet — ein bedeutend günstigeres Ergebnis. Für den entsprechenden Fall sank der Luftverbrauch auf weniger als die Hälfte; für unsere Untersuchung wollen wir aber aus Sicherheitsgründen mit einem etwas höherem Wert, und zwar mit $V'' = 1000 \text{ m}^3/\text{Std.}$ rechnen. Durch Einführung von V'' in die Gleichung (1) erhalten wir für den Durchlässigkeitsbeiwert α nur noch den Wert 0,091, der also um etwa 45% unter dem ursprünglichen Wert 0,17 der Formel (A) liegt.

c) Formel (C) von Brennecke.

Der Gedanke liegt nahe, für derartig gut genietete Senkkasten statt der Formel (A) die nachstehende Formel (C) zu benutzen, die von Brennecke für Eisenbeton-Senkkasten zur Berücksichtigung ihrer größeren Dichtheit aufgestellt wurde und bei der er, wie ersichtlich, keinen Unterschied zwischen der Luftdurchlässigkeit der Senkkastendecke und der Senkkastenschnitten macht.

$$(C) \quad V = (0,67 F + \mu U) \left(1 + \frac{H}{10,33}\right)$$

$F =$ Innenwand und Deckfläche der Senkkasten; die übrigen Bezeichnungen sind für die Formeln (A) und (C) identisch. Formel (C) kommt zur Anwendung, solange die Senkkastengrundfläche $G > 30 \text{ m}^2$ ist. Bei $G < 30 \text{ m}^2$ wird ebenso wie bei der Formel (B) der Luftverlust bei Schleusungen besonders berücksichtigt

$$(D) \quad V = (0,67 F + \mu U + 3 S) \left(1 + \frac{H}{10,33}\right)$$

$S = \text{Anzahl der Schleusen.}$

Mit den Werten der Gleichung (1) erhalten wir

$$(2) \quad \begin{cases} V''' = 0,67(91,5 + 54,0 \cdot 2,5) + 3 \cdot 54,0 \left(1 + \frac{25}{10,33}\right) \\ V''' = 313,2 \cdot 3,42 = 1070 \text{ m}^3/\text{Std.} \end{cases}$$

Der Wert V''' steht in sehr guter Übereinstimmung mit dem Werte $V'' = 1000 \text{ m}^3/\text{Std.}$

Bei der Gründung der Pfeiler der Pancevo-Brücke⁹⁾ besaßen die mittels Druckluft abgesenkten eisernen Senkkasten folgende Abmessungen:

$$G = 362 \text{ m}^2, \quad U = 83 \text{ m}, \quad h = 2,5 \text{ m}, \quad H = 30 \text{ m.}$$

Da der Untergrund aus Sand bestand, führen wir für μ den Wert 3 ein. Damit erhalten wir nach Formel (A)

$$(3) \quad \begin{cases} V = [0,17(362 + 10 \cdot 83 \cdot 2,5) + 3 \cdot 83] \left(1 + \frac{30}{10,33}\right) \\ V = 0,17(2437 + 249) \cdot 3,9 = 1780 \text{ m}^3/\text{Std.} \end{cases}$$

Die Druckluft-Erzeugungsanlage für einen Senkkasten bestand einschließlich der Reserveanlage aus vier Kompressoren von je $13 \text{ m}^3/\text{min}$ angesaugter Luft, die also insgesamt $4 \cdot 13 \cdot 60 = 3120 \text{ m}^3/\text{Std.}$ zu liefern vermochte. Unter Zugrundelegung des nach Brennecke ermittelten Wertes $V = 1780 \text{ m}^3$ war dort dementsprechend eine 75prozentige Reserve vorhanden. Leider ist in der erwähnten Veröffentlichung nicht angegeben, wie groß der tatsächliche Luftbedarf gewesen ist.

4. Luftbedarf für Trockenhaltung bei Eisenbeton-Senkkasten.

a) Nachprüfung der Formel (C) von Brennecke.

Für gemauerte bzw. Beton- oder Eisenbeton-Senkkasten hat Brennecke die schon unter 3c besprochenen Formeln (C) bzw. (D) aufgestellt.

Für die Nachprüfung der Formel (C) benutzen wir u. a. die bei der Absenkung des Eisenbeton-Senkkasten für die Gründung der Schleuse Friedrichsfeld gemachten Erfahrungen⁷⁾.

$$\begin{aligned} \text{Grundfläche des Senkkastens } G &= 615 \text{ m}^2, \\ \text{Umfang } U &= 2 \cdot (27,65 + 22,25) = 99,80 \text{ m}, \\ \text{Höhe der Arbeitskammer } h &= 3,0 \text{ m}, \\ F = G + U h &= 615 + 99,8 \cdot 3,0 = 914,4 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

Der größte Überdruck H' betrug 15 m. Bei den durchfahrenen Bodenschichten handelte es sich um Kiessand sowie um breiten und festen Glimmertone; für den Bodenbeiwert μ können wir dementsprechend den Wert 1,0 einsetzen. Mithilfe der Formel (C) erhalten wir dann für die erforderliche größte Luftmenge

$$(3) \quad \begin{cases} V = (0,67 \cdot 914,4 + 1,0 \cdot 99,8) \left(1 + \frac{15}{10,33}\right) \\ V = (614 + 99,8) \cdot 2,45 = 1750 \text{ m}^3/\text{Std.} \end{cases}$$

Vorgesehen waren zwei Dampfkompressoren von je $17,5 \text{ m}^3/\text{min}$ sowie eine elektrische Reserve. Benötigt wurde dagegen nur ein Kompressor. Selbst wenn wir annehmen, daß dieser Kompressor voll ausgenutzt worden ist, ergibt sich ein größter Luftverbrauch von nur $V' = 17,5 \cdot 60 = 1050 \text{ m}^3/\text{Std.}$, gegenüber dem Formelwert $V = 1750 \text{ m}^3/\text{Std.}$ Wie ohne weiteres aus der Gleichung (C) ersichtlich, spielt im vorliegenden Falle der Bodendurchlässigkeitsbeiwert für das Ergebnis keine maßgebende Rolle, so daß eine weitere Ermäßigung von μ keine wesentliche Änderung des Wertes von V zur Folge hat. Entscheidend ist daher nur der Beiwert für die Durchlässigkeit des Betons, den Brennecke gemäß Formel (C) mit 0,67 angibt. Wenn wir den beobachteten Wert $V' = 1050 \text{ m}^3/\text{Std.}$ in die Gleichung (3) einführen, erhalten wir für diesen Beiwert den Wert 0,36, er ist also um 46% geringer als der Wert von Brennecke.

$$1050 = (x \cdot 914,4 + 1,0 \cdot 99,8) \cdot 2,45$$

$$\frac{1050}{2,45} - 99,8$$

$$\text{woraus} \quad x = \frac{2,45}{914,4} = 0,36.$$

⁹⁾ Heinicke, Bau der Pancevo-Brücke über die Donau bei Belgrad, Bautechn. 1930, Heft 24, S. 354.

⁷⁾ Werner, Gründung des Unterhauptes der Schleuse Friedrichsfeld, Wesel-Datteln-Kanal, Bautechn. 1931, Heft 25, S. 375 ff.

Dieses Ergebnis wird bestätigt durch die Beobachtungen bei einem mit Hilfe von Druckluft abgesenkten Pfeiler der dritten Elbbrücke bei Hamburg⁸⁾.

Grundfläche des Senkkastens (Strompfeiler) $G = 32,0 \cdot 12,80 = 410 \text{ m}^2$,
Umfang $U = 2 \cdot (32,00 + 12,80) = 89,6 \text{ m}$,
Höhe der Arbeitskammer $h = 2,10 \text{ m}$,
 $F = G + U \cdot h = 410 + 89,6 \cdot 2,10 = 598 \text{ m}^2$,
Der höchste Überdruck H' betrug 19 m.

Der entsprechende Überdruck in der Arbeitskammer belief sich dabei auf 16 m. Bei den durchfahrenen Bodenschichten handelte es sich um feinen Sand und in unteren Schichten um mittelgroben Sand. Für den Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens wollen wir den Wert 1,5 einsetzen. Wir erhalten dann mit Hilfe der Formel (C) für die erforderliche größte Luftmenge:

$$(4) \quad \begin{cases} V = (0,67 \cdot 598 + 1,5 \cdot 89,6) \left(1 + \frac{19}{10,33}\right) \\ V = (401 + 134,4) \cdot 2,84 = 1520 \text{ m}^3/\text{Std.} \end{cases}$$

Für die Druckluftversorgung standen zwei durch Dampflokobilien betriebene Kompressoren mit einer Leistungsfähigkeit von 16 m³/min zur Verfügung, die auch bei den höchsten vorkommenden Drücken ausreichende Luftmenge lieferten. Der aus Sicherheitsgründen vorgesehene Reservekompressor brauchte daher nicht mit herangezogen zu werden. Selbst wenn wir wieder annehmen, daß diese beiden Kompressoren voll ausgenutzt worden waren, ergibt sich ein größter Luftverbrauch von nur $V' = 16 \cdot 60 = 960 \text{ m}^3/\text{Std.}$ gegenüber dem aus der Formel (C) errechneten Wert $V = 1520 \text{ m}^3/\text{Std.}$ Durch Einführung von $V' = 960 \text{ m}^3/\text{Std.}$ in die Gleichung (4) erhalten wir für den Durchlässigkeitsbeiwert des Betons anstatt 0,67 den um 49% kleineren Wert 0,34.

$$960 = (x \cdot 598 + 134,4) \cdot 2,84,$$

$$\frac{960}{2,84} - 134,4$$

woraus $x = \frac{960}{2,84} - 134,4 = 0,34$.

In beiden Fällen gelangen wir also zu dem übereinstimmenden Ergebnis, daß der Beiwert für die Betondurchlässigkeit in der Formel (C) fast auf die Hälfte ermäßigt werden könnte. Dieses Ergebnis erscheint nicht überraschend, wenn wir bedenken, welche großen Fortschritte gerade in der Herstellung von dichtem Beton in den letzten Jahren durch geeignete Zusammensetzung der Zuschlagstoffe und zweckmäßige Verarbeitung erzielt worden sind. Übrigens ist die Arbeitskammer des Senkkastens bei der Schleuse Friedrichsfeld zur Verminderung des Luftverbrauchs innen und außen mit einem Torkretputz versehen worden.

5. Gesundheitliche Bedingungen.

In allen Fällen muß noch nachgeprüft werden, ob die mit Hilfe der Formeln von Brennecke (A) bis (D) erhaltenen Werte für Luftbedarf auch genügen, um gesundheitschädliche Wirkungen auf die Senkkastenmannschaft zu verhindern. Auf Grund der deutschen Vorschriften ergibt sich für die angeführten Bauausführungen folgender Luftbedarf:

Beispiel 1. Schleuse Friedrichsfeld.

$A = 30$ Personen (24 im Senkkasten + 6 in den Schleusen)
Überdruck $> 0,5 \text{ kg/cm}^2$
 $V_2 = 30 \cdot 30 = 900 \text{ m}^3/\text{Std.}$

Nach der Formel (C) haben wir den Wert $V = 1750 \text{ m}^3/\text{Std.}$ (S. 634) erhalten.

Beispiel 2. Elbbrücke bei Hamburg. Eisenbeton-Senkkasten.

$A = 24$ Personen
Überdruck $> 0,5 \text{ kg/cm}^2$
 $V_2 = 24 \cdot 30 = 720 \text{ m}^3/\text{Std.}$

Nach Formel (C) haben wir den Wert $V = 1520 \text{ m}^3/\text{Std.}$ (s. oben) erhalten. In beiden Fällen übersteigt also der nach Brennecke ermittelte Luftbedarf die aus sanitären Gründen erforderliche Luftmenge. Ein ähnliches Ergebnis erhalten wir bei den als Beispiel angeführten Druckluftgründungen mit eisernen Senkkasten, wo wegen der größeren Luftdurchlässigkeit der Eisenkonstruktion und der größeren Gründungstiefe der zur Trockenhaltung erforderliche Luftbedarf noch mehr die zur Vermeidung der gesundheitschädlichen Wirkungen erforderliche Luftmenge übertrifft; auf besondere Nachprüfung kann daher verzichtet werden. Wie schon in der Einleitung ausgeführt, wird bei größeren Gründungstiefen im allgemeinen die für die Trockenhaltung der Senkkasten erforderliche Luftmenge für die Bemessung der Druckluft-Erzeugungsanlage maßgebend sein.

6. Luftbedarf für Trockenlegung.

Den Luftbedarf für Trockenlegung des Senkkastens bestimmt Brennecke⁹⁾ mit Hilfe der Formel (E).

⁸⁾ Oberbaudirektor Sperber, Bau der dritten Elbbrücke bei Hamburg, Bautechn. 1924, Heft 26, S. 291 ff.

⁹⁾ L. Brennecke, Der Grundbau, Berlin 1906, 3. Aufl. S. 432. A. Schoklitsch, Der Grundbau, Wien 1932, S. 432.

$$(E) \quad V_3 = \frac{2}{x} \left(\frac{JH}{10,33} + J' \right) \text{ m}^3/\text{Std.}$$

Hierbei bedeuten:

- V_3 = das Luftvolumen von atmosphärischer Spannung, das die Kompressoren stündlich ansaugen müssen.
- x = Anzahl der Stunden, die zur Trockenlegung des Senkkastens benötigt werden,
- J = Inhalt des Senkkastens, der Schachtrohre, der Schleusen und der Luftleitung in m,
- J' = Inhalt des Senkkastens und des vor der Trockenlegung mit Wasser gefüllten Teils der Schachtrohre in m,
- H = Tiefenlage der Senkkastenschneide unter dem Wasserspiegel (Abb. 1).

In der Formel (E) macht Brennecke keinen Unterschied zwischen eisernen, hölzernen und Eisenbeton-Senkkasten.

Der Klammerausdruck in der Formel (E) stellt den Luftbedarf für die Ausfüllung des Raumes J bei der Tiefenlage H dar. Durch den Faktor 2 vor der Klammer wird ausgedrückt, daß Brennecke nur mit einer Nutzleistung von 50% rechnet, um der Dehnung der Luft während des Ansaugens durch den Kompressor und dem Verlust durch Undichtigkeiten im Senkkasten, in den Schachtrohren usw. Rechnung zu tragen. Ferner ist in der Formel (E) ein ungehemmter Wasserabfluß vorausgesetzt. Wenn der Senkkasten nämlich durch Wasser abgesenkt worden ist und sich auf die Flußsohle aufsetzt, entspricht der für die Wasserverdrängung erforderliche Druck der Tiefenlage der Senkkastenschneide unter der Wasseroberfläche. Ist der Senkkasten aber bereits tiefer in den Boden eingedrungen und handelt es sich um wenig durchlässige Schichten, so hat das Wasser beim Entweichen erhebliche Widerstände zu überwinden, wozu ein bedeutend höherer Druck erforderlich ist. Um daher den Luftdruck nicht höher als unbedingt nötig steigern zu müssen, wird durch die Decke des Senkkastens ein besonderes Wasserabflußrohr hinausgeführt, durch das das Wasser ungehindert entweichen kann. Wir wollen nunmehr für die vorstehend behandelten Ausführungsbeispiele bestimmen, in wieviel Stunden gemäß Formel (E) eine Trockenlegung des in der tiefsten Absenkung befindlichen Senkkastens möglich ist bei einer nach den Formeln (A) bis (D) bemessenen Druckluftanlage.

a) Eisernen Senkkasten (S. 633).

$$H = 22 \text{ m} \quad J = 180 \text{ m}^3 \quad J' = 150 \text{ m}^3.$$

1. Formel (A) $V = 1390 \text{ m}^3/\text{Std.}$ (S. 634).

$$x_1 = \frac{2}{V} \left(\frac{JH}{10,33} + J' \right) = \frac{2}{1390} \left(\frac{180 \cdot 22}{10,33} + 150 \right)$$

$$x_1 = \frac{2}{1390} \cdot 522 = 0,75 \text{ Std.}$$

2. Formel (C) $V = 1070 \text{ m}^3/\text{Std.}$ (S. 634).

$$x_2 = \frac{2}{1070} \cdot 522 = 0,98 \text{ Std.}$$

b) Eisenbeton-Senkkasten (S. 634).

$$H = 12 \text{ m} \quad J = 1694 \text{ m}^3 \quad J' = 1628 \text{ m}^3.$$

1. Formel (C) $V = 1750 \text{ m}^3/\text{Std.}$ (S. 634).

$$x_1 = \frac{2}{1750} \left(\frac{1694 \cdot 12}{10,33} + 1628 \right) = \frac{2}{1750} \cdot 3596 = 4,12 \text{ Std.}$$

c) Eisenbeton-Senkkasten (S. 635).

$$H = 15 \text{ m} \quad J = 796 \text{ m}^3 \quad J' = 733 \text{ m}^3.$$

1. Formel (C) $V = 1520 \text{ m}^3/\text{Std.}$ (S. 635).

$$x_1 = \frac{2}{1520} \left(\frac{796 \cdot 15}{10,33} + 733 \right) = \frac{2}{1520} \cdot 1889 = 2,48 \text{ Std.}$$

Wir sehen, daß bei allen angeführten Beispielen die nach Brennecke bemessenen Druckluftanlagen selbst unter Beibehaltung der in der Formel (E) gemachten ungünstigen Annahmen auch ohne Hinzuziehung der Reserveanlage soviel Luft zu liefern imstande sind, daß die Senkkasten in kürzester Zeit trockengelegt werden können, worauf wir bereits in der Einleitung hingewiesen haben.

Zusammenfassung und Schlußfolgerung.

Wenn auch die angeführten Beispiele nicht ausreichen, um in einwandfreier Form die Beiwerte der Formeln (A) bis (D) für die zur Trockenhaltung der Senkkasten erforderliche Luftmenge zu ermitteln, so gestatten sie doch nachstehende Schlußfolgerungen. Die Formeln von Brennecke bedürfen einer Berichtigung der Beiwerte, um die seit ihrer Aufstellung erzielten Fortschritte in der Herstellung und Verarbeitung des Senkkastenmaterials entsprechend zu berücksichtigen. Dort, wo eine dichte Nieten der eisernen Senkkasten bzw. ein dichter Beton bei den Eisenbeton-Senkkasten gewährleistet ist, wird man ohne Gefährdung der erforderlichen Sicherheit eine nicht unbedeutende Ermäßigung der Brenneckeschen Beiwerte vornehmen können. Bei der Formel für die eisernen Senkkasten wird man zweckmäßigerweise die vorstehend vorgeschlagene Vereinfachung des Aufbaues einführen, indem ähnlich wie bei den Eisenbeton-Senkkasten für die Decke und Seitenwände derselbe Durchlässigkeitsbeiwert eingesetzt wird. Auch bei der Formel (E) für die zur Trockenlegung der

Senkkasten erforderliche Luftmenge werden die Sicherheitszuschläge entsprechend herabgesetzt werden dürfen, so daß statt des Beiwertes 2 ein kleinerer, etwa zwischen 1,2 und 1,6 liegender Beiwert einzuführen wäre. Dagegen scheint die von Schoklitsch¹⁰⁾ erhobene Forderung, zur Berücksichtigung der Verluste in den Luftleitungen zur erforderlichen Atmungsluft einen Sicherheitszuschlag von rd. 30% und zum Luftbedarf für

¹⁰⁾ A. Schoklitsch, Der Grundbau S. 433.

Trockenhaltung bzw. Trockenlegung einen solchen von 50 bis 100% zu machen, von übertrieben ungünstigen Voraussetzungen auszugehen, um so mehr als, wie wir gesehen haben, die betreffenden Formeln von Brennecke bereits recht große Sicherheitszuschläge enthalten. Um Mißverständnissen vorzubeugen, wollen wir ausdrücklich darauf hinweisen, daß diese Sicherheitszuschläge zur Ermittlung des erforderlichen Luftbedarfs nicht etwa mit den nötigen Druckluftreserveanlagen identisch sind.

Materialzahlen für den Massivbau in hochwertigem Beton oder Mauerwerk.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Prof. Dr.-Ing. Gaber, Technische Hochschule Karlsruhe.

Im folgenden seien für den Konstrukteur von Massivbauten und besonders von gewölbten Brücken einige Ergebnisse mitgeteilt, die in jahrelanger Arbeit in meiner Versuchsanstalt für Holz, Stein, Eisen an der Technischen Hochschule Karlsruhe gefunden wurden und das nicht gerade reichlich vorhandene Zahlenmaterial auf diesem Gebiete ergänzen. Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß für den jungen Ingenieur die übliche Angabe der Würfel Festigkeiten nicht gerade glücklich ist, zumal wenn wie bei dem Naturgestein kleine Würfel geprüft werden. Er erhält durch den Vergleich der zulässigen Spannungen mit den in dem Schrifttum angegebenen Bruchfestigkeiten das Gefühl, als ob seine Bauwerke eine überaus große Sicherheit hätten. Erzieherischer wirkt ohne Zweifel die Angabe der Bruchfestigkeiten von schlanken Prismen, bei denen freilich noch kein Knicken in Frage kommen darf.

1. Die Wärme.

Die „Wärmedehnungszahl“ und der Wärmewechsel wurden an 5 m langen Prismen mit quadratischem Querschnitt von 30 cm Seitenlänge aus Granit-, Sandstein- und Kalksteinmauerwerk ermittelt. Die Versuchskörper, die noch heute beobachtet werden, stehen im Freien und sind den vollen Einflüssen der Witterung schonungslos ausgesetzt. Die Beobachtungen sind noch nicht abgeschlossen.

Die größten bisher beobachteten Wärmeschwankungen verlaufen von -17° bis $+17^{\circ}$ C, ergeben also ein Δ_t von $\pm 17^{\circ}$.

Die Wärmedehnungszahl wurde an diesen 5 m langen Körpern gefunden zu

Granitmauerwerk	0,000 008 4,
Sandsteinmauerwerk	0,000 012 7,
Kalksteinmauerwerk	0,000 007 1.

Für Beton, und zwar für Gußbeton wurden ähnliche Untersuchungen an 5 m langen Prismen mit einem quadratischen Querschnitt von 30/30 cm früher durchgeführt. An ihnen wurde damals ein größter Wärmewechsel von nur 23° C beobachtet, so daß sich ein Δ_t von $\pm 12^{\circ}$ C ergibt. Nach zweijähriger Erhärtung betrug die Wärmedehnungszahl 0,000 009 8.

Die in DIN 1075 angenommene Wärmedehnungszahl für Beton von 0,000 01 wird durch unsere Versuche bestätigt.

Die in DIN 1075 angenommene Zahl für das Mauerwerk von 0,000 008 könnte durch folgende drei genauere Zahlen ersetzt werden:

Mauerwerk aus Granit	0,000 008 5,
Mauerwerk aus Sandstein	0,000 013 ,
Mauerwerk aus Kalkstein	0,000 007 5.

Die Wärmeschwankungen von $\pm 20^{\circ}$ C bei Körpern, die dünner als 70 cm sind, scheinen reichlich hoch angenommen zu sein. Die angegebenen Zahlen umfassen aber nicht nur den Einfluß der Wärme, sondern der ganzen Witterung; denn auch unsere Bauwerke sind nicht nur der Sonne, sondern auch Wind und Wetter ausgesetzt.

2. Festigkeiten und zulässige Spannungen bei Verwendung von hochwertigem Zement.

Für unbewehrte Betongewölbe läßt DIN 1075 $\frac{1}{8}$ der Würfel Festigkeit, höchstens 50 oder 65 kg/cm² zu, je nachdem die Spannweite über oder unter 60 m beträgt. Wenn man bedenkt, daß ein Prisma nur etwa 80 bis 85% der Würfel Festigkeit hat, begnügt man sich also mit einer geringeren als vierfachen Sicherheit gegenüber der Betonprismenfestigkeit. Aus unseren noch nicht veröffentlichten Versuchen an den verschiedensten Betonprismen mit hochwertigem Zement berechnen sich mit vierfacher Sicherheit nur folgende „zulässige Spannungen“ in runden Zahlen:

		Mischungsverhältnis	
		1:5	1:6
Porphyrspiltt	Stampfbeton	65 kg/cm ²	50 kg/cm ²
	Gußbeton	45 „	30 „
Rheinkles	Stampfbeton	35 „	25 „
	Gußbeton	30 „	20 „

Wollte man sich auch beim Mauerwerk mit der vierfachen Sicherheit gegenüber der Prismenfestigkeit begnügen, so ergäben sich für ein Quader-

mauerwerk ohne Stoßfugen mit erdfeuchtem Fugenmörtel aus 1 RT Zement und 3 RT richtig gemischtem Sand folgende zulässige Spannungen in runden Zahlen:

Granitmauerwerk ohne Stoßfugen	140 kg/cm ²
Sandsteinmauerwerk ohne Stoßfugen	110 „
Kalksteinmauerwerk ohne Stoßfugen	80 „

In der Dinorm sind nur die beiden Spannungen von 50 und 65 kg/cm² bei Gewölbten aus Quadermauerwerk vorgeschrieben, je nachdem ob die Stützweite größer oder kleiner als 60 cm ist. Da man den ungünstigen Einfluß der Stoßfugen berücksichtigen muß, wird man die oben errechneten Zahlen um $\frac{1}{3}$ herabsetzen und dann zu folgenden zulässigen Spannungen bei erstklassigem Quadermauerwerk mit Mörtel aus hochwertigem Zement gelangen:

Granitmauerwerk	90 kg/cm ²
Sandsteinmauerwerk	75 „
Kalksteinmauerwerk	55 „

Versuche über den Einfluß der Stoßfugen sind im Gange.

3. Der Elastizitätsmodul E.

Für Beton sieht die Dinorm den Wert $E = 215\,000$ kg/cm² vor.

Aus unseren zahlreichen Versuchen an Prismen ergeben sich in runden Zahlen folgende Werte für den üblichen Spannungsbereich unter 50 kg/cm² und für hochwertigem Zement als Bindemittel:

	Spiltt	Kies
Stampfbeton 1:5	290 000	210 000 kg/cm ²
Gußbeton 1:5	245 000	185 000 „
Stampfbeton 1:6	260 000	140 000 „
Gußbeton 1:6	225 000	130 000 „

Der in der Dinorm angeführte E-Wert ist also für Spilttbeton wohl zu klein. An Stelle des einheitlichen E-Wertes empfehlen sich vielleicht folgende Einzelwerte für hochwertigem Gewölbebeton:

	Stampfbeton	Gußbeton
Spiltt	300 000	250 000 kg/cm ²
Kies	200 000	175 000 „

Bei hochwertigem Mauerwerk empfehlen sich folgende E-Werte, die beim Quadermauerwerk sich aus unseren zahlreichen Versuchen, beim Schichtenmauerwerk sich aus darauf aufbauenden Versuchen ergaben:

	Quadermauerwerk	Schichtenmauerwerk
Granit	350 000	300 000 kg/cm ²
Sandstein	80 000	80 000 „
Kalkstein	250 000	200 000 „

4. Grundlagen für die Wärmespannungen.

Die Wärmespannungen für Beton und Mauerwerk sind der Größe $E \cdot \epsilon_t$ proportional. Daher sei zum Schlusse noch eine Übersicht gegeben, die die vorigen Zahlen etwas aufgerundet benutzt.

Allzu genaue Zahlen haben ohnehin keinen Wert, da die übliche Rechnung mit unveränderlichen Achsordinaten oder mit dem Gewölbe als einzigem Tragwerk auch nur angenäherte Spannungswerte ergibt. Die Achsverformung macht bei den Spannungen großer Bogen 30% und mehr aus. Gleichwohl sollte man weder beim Beton noch beim Mauerwerk alles über einen Kamm scheren und lieber die dem besonderen Falle angepaßten Werte nehmen.

Produkte $E \cdot \epsilon_t$ in kg/cm².

Hochwertiger Beton:

Stampfbeton mit Spiltt	300 000 kg/cm ² · 0,000 01 = 3,000 kg/cm ²
Gußbeton mit Spiltt	250 000 „ · 0,000 01 = 2,500 „
Stampfbeton mit Kies	200 000 „ · 0,000 01 = 2,000 „
Gußbeton mit Kies	175 000 „ · 0,000 01 = 1,750 „

Hochwertiges Mauerwerk:

Quadermauerwerk aus Granit	350 000 kg/cm ² · 0,000 008 4 = 2,940 kg/cm ²
Schichtenmauerwerk aus Granit	300 000 „ · 0,000 008 4 = 2,520 „
Quadermauerwerk aus Sandstein	80 000 „ · 0,000 012 7 = 1,015 „
Schichtenmauerwerk a. Sandstein	80 000 „ · 0,000 012 7 = 1,015 „
Quadermauerwerk aus Kalkstein	250 000 „ · 0,000 007 1 = 1,775 „
Schichtenmauerwerk a. Kalkstein	200 000 „ · 0,000 007 1 = 1,420 „

Vermischtes.

Neuzeitlicher Fabrikbau. Eng. News-Rec. 1933, Bd. 110, Nr. 21, vom 25. Mai, S. 679, berichtet über einen bemerkenswerten Fabrikbau, der für die Boots Pure Drug Co., Ltd., in Beeston, Nottinghamshire, England, errichtet wurde.

Das Gebäude hat drei Stockwerke und ist ein Pfeilerbau aus Eisenbeton mit trägerlosen Decken. Die Außenwände werden aus Verglasungen

und in das sehr eng begrenzte Bahnprofil eingepaßt. Es waren aber große bauliche Schwierigkeiten dabei zu überwinden. Auf den Fahrzeugen sind nicht nur die Winden und Triebwerke, sondern auch die Dampfkraftanlage, die eisenbahnmäßigen Nebeneinrichtungen und die sonstigen Hilfsgeräte verschiedener Art untergebracht. Der Kran hat folgende Abmessungen:

Tragkraft t	50	40	32,5	25	20	3,5
Ausladung m	5	6	7	8	9	9
Rollenhöhe m	6	5,8	5,3	4,5	3,2	6

In jeder Auslegerstellung ist der Kran bei einer Belastung bis 3,5 t am kleinen Haken standsicher. Bei größeren Belastungen müssen die ausschwenkbaren Abstützspindeln untergesetzt werden. Der Dampfkessel des Kranes kann mit Kohle, Holz oder Öl geheizt werden.

Alle drei Fahrzeuge haben eigene Druck-

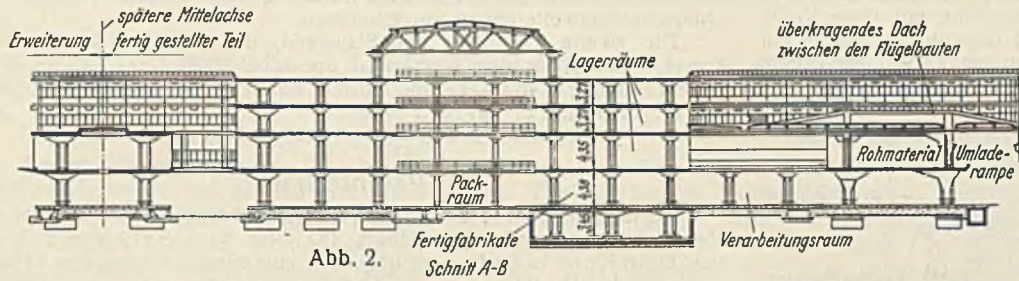


Abb. 2. Schnitt A-B

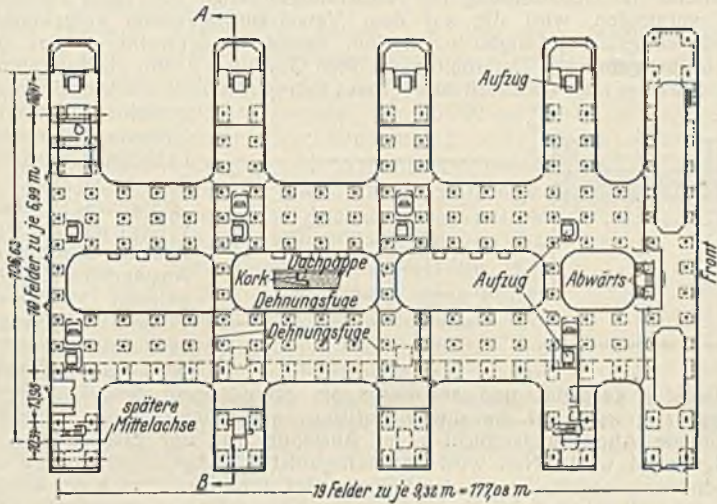


Abb. 1.

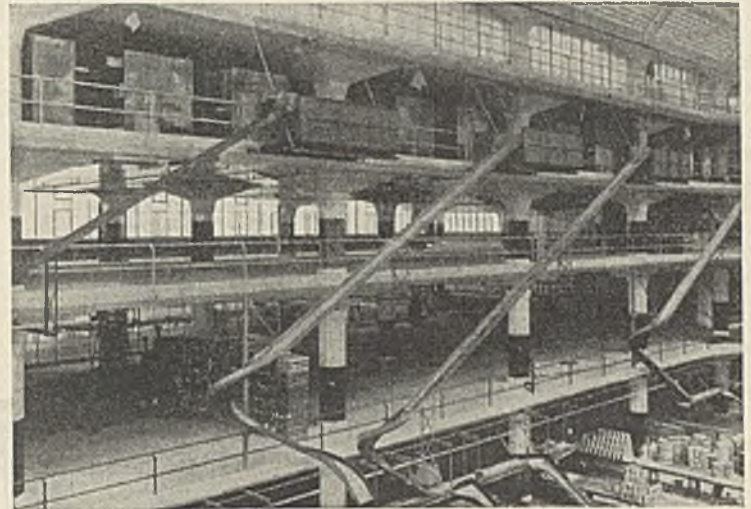


Abb. 3.

mit Stahlsprossen gebildet. Das Bauwerk, dessen Grundriß in Abb. 1 dargestellt ist, wurde zunächst nur zur Hälfte der geplanten Größe fertiggestellt. Die spätere Mittelachse ist aus dem Schnitt Abb. 2 erkennbar. Es ist in allen Einzelheiten dem besonderen Fabrikationsbetrieb angepaßt. Die gesamte Produktion findet im Erdgeschoß statt, wobei vorgesehen ist, daß die Rohstoffe von den Außenseiten zugeführt und von dort aus bei der Verarbeitung allmählich nach der Mittellinie wandern. Das Packmaterial und die fertigen Packungen werden in mehrgeschossigen Flügelbauten gelagert, deren Anordnung aus dem Grundriß Abb. 1 ersichtlich ist.

Beim Transport der Stoffe aus den oberen Lagerräumen werden Förderer (Abb. 3) benutzt, während zum Heraufbefördern der Packungen Aufzüge vorgesehen sind. Die Boots Pure Drug Co. unterhält etwa 1000 Verkaufsläden in Großbritannien, an die sie ihre Chemikalien und Toiletteartikel liefert. Der bisher fertiggestellte Teil des Bauwerks hat insgesamt eine Deckenfläche von rd. 68 746 m². Der eingeschlossene Raum ist etwa 396 410 m³. Der vollständige Bau wird später rd. 225 m Frontbreite und eine Länge von rd. 305 m haben. Die Haupthalle wird von einem stählernen Tragwerk mit Glasbetondeckung abgeschlossen. Die gleiche Dachkonstruktion ist auch für die anderen Teile gewählt, für die Beleuchtung von oben erforderlich ist.

Die Eisenbetonkonstruktion der Decken und Pfosten ist durch Dehnungsfugen in Abschnitte bis zu 33 m Länge unterteilt.

Die Heizrohre laufen etwa in einer Höhe von 60 cm über dem Fußboden an den äußeren Glaswänden entlang und dienen gleichzeitig für diese als Schutz. Zur Reinigung der Glaswände von außen sind von Hand bedienbare Hängegerüste vorgesehen, deren Stützrollen auf am Dach angebrachten Schienen laufen.

Die Decken sind für 975 kg/m² berechnet. Der Beton besteht aus 3 Teilen Zuschlagstoffen, 1 1/2 Teilen Sand und 1 Teil Portlandzement. Die Schalungsformen sind zur Verbilligung der Herstellung weitgehend genormt worden.

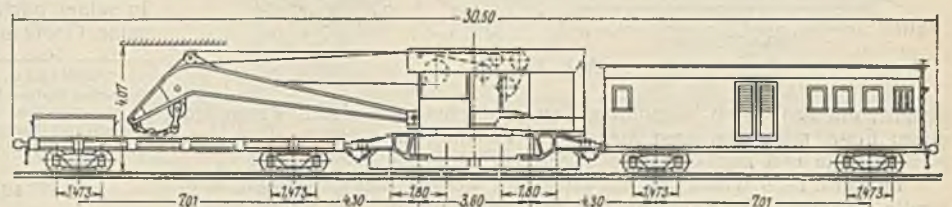
Neue deutsche Eisenbahn-Baugeräte für die argentinische Staatsbahn. Zum Ein- und Ausbau von Brücken, zu Arbeiten am Bahnkörper, zum Heben von Wagen und Lokomotiven und für Hilfeleistungen bei Unfällen hatte die argentinische Staatsbahn einen Auftrag zur Lieferung von zwei Hilfszügen ausgeschrieben. Trotz des schärfsten amerikanischen Wettbewerbes wurde der Zuschlag schließlich einer deutschen Firma (der Maschinen- und Kranbau AG, Düsseldorf) erteilt.

Zu einem Hilfszuge gehören ein Schwerlastkran bis 50 t Tragkraft, ein Schutzwagen und ein Wohn- und Gerätewagen (Abb.). Trotz der besonders großen Ausmaße ist der Schwerlastkran auf Meterspur verfahrbar

luftbremsen. Den Strom für die Beleuchtung zu Arbeiten bei Nacht erzeugt eine Dampfdynamo und die Druckluft zum Betriebe von Preßluftwerkzeugen eine Luftpumpe auf dem Kran. R.—

Die Abbindewärme des Betons. Der Bau der Hoover-Talsperre mit ihren 2,7 Mill. m³ Beton und von anderen großen Betonkörpern¹⁾ hat den amerikanischen Betontechnikern Anlaß gegeben, sich eingehender als bisher mit der Abbindewärme des Betons und ihrer Unschädlichmachung zu beschäftigen. Können doch durch die Erwärmung des Betons in so großen Körpern, ebenso aber auch durch die darauffolgende Abkühlung Spannungen entstehen, von denen namentlich die erstgenannten wegen der noch nicht vollen Festigkeit des Betons unangenehme Folgen haben können. Für die Lieferung des Zements für die Hoover-Talsperre sollte daher vorgeschrieben werden, daß die Wärmemenge, die beim Abbinden frei wird, bis zum Alter von sieben Tagen 65 WE auf 1 g Zement und bis zum Alter von 28 Tagen 80 WE für 1 g Zement nicht überschreiten darf. Von den untersuchten Sonderzementen, deren Verwendung in Aussicht genommen wurde, hat einer diesen Anforderungen entsprochen, während man bei einer anderen Sorte, die ebenfalls zu den Versuchen zugelassen wurde, feststellte, daß in sieben Tagen 77 WE und in 28 Tagen 90 WE frei werden. Der erstgenannte Sonderzement wird für den größten Teil der Sperrmauer verwendet werden. Er wird in Mengen von 2000 Faß (1 Faß = 1,5 hl) täglich anzuliefern sein; die Lieferung darf erst stattfinden, wenn die Prüfung nach 28 Tagen beendet ist, wozu natürlich nicht nur die Ermittlung der entwickelten Wärme, sondern auch der erreichten Festigkeit — 56 kg/cm² nach sieben Tagen, 140 kg/cm² nach 28 Tagen — gehört. Wie Concrete, London 1933, Märzheft, berichtet, wird für Körper kleinen Querschnitts Zement mit höherer Erwärmung zugelassen, doch ist es sicher von hohem Vorteil, daß für den Riesenblock der Sperrmauer selbst ein Beton verwendet wird, der sich weniger als der allgemein übliche erwärmt. Über die Maßnahmen, die trotzdem zur Ableitung der entstehenden Wärme getroffen werden, soll noch besonders berichtet werden. Wkk.

¹⁾ S. Bautechn. 1932, Heft 21, S. 273.



Eisenbahn-Hilfszug für die argentinische Staatsbahn.

Die zweite Erhöhung der Talsperre von Assuan. Bereits in den Jahren 1843 bis 1850 wurden in Ägypten in der Nähe von Kairo im Flußbett des Nil neuzeitlichen Grundsätzen entsprechende Stauanlagen am Abzweig der Mündungsarme Damiette und Rosette errichtet. Seitdem hat die ägyptische Regierung, wie in Gen. Civ. 1933 vom 8. Juli, S. 29 ff., berichtet wird, weitere Bauwerke zur Regulierung des Flusses und zur Überflutung der angrenzenden, zum Teil unfruchtbar gewordenen Gebiete in Mittel- und Oberägypten ausgeführt, wie z. B. die Sperren von Assyout und Assuan in den Jahren 1898 bis 1903. Die letztere staute den Fluß bis Ordinate + 106 auf und überragte diese Stauhöhe mit ihrer Krone um 3 m. Das rd. 2000 m lange Bauwerk bestand ursprünglich aus einem Abschnitt von 500 m am Ufer und einem 1400 m langen Teil mit Durchlässen von 2 m Breite und 7 m Höhe. Der trapezförmige Querschnitt (Abb. 1) hatte im Flußbett eine Höhe von 37 m, eine Sohlenbreite von 31 m und eine Kronenbreite von 7 m. Die Neigung an der Wasserseite betrug 1:1,5. Die Wand besteht aus Granitsteinen in Zementmörtel. Die Abb. 2 zeigt die Querschnitte der beiden verschiedenen Abschnitte der Wand.

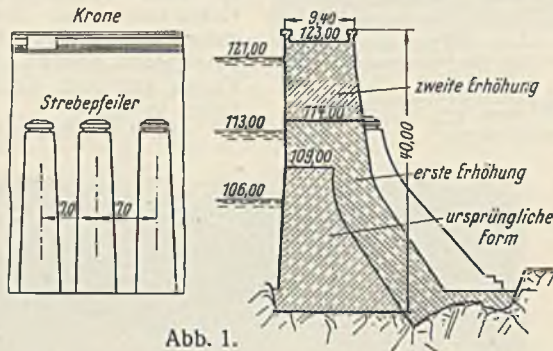


Abb. 1.

Die aufgestaute Wassermenge betrug 980 Mill. m³; die auf 3 Mill. ägyptische Pfund geschätzten Baukosten wurden um 350 000 Pfund überstiegen.

Die weitere Verbesserung der am Fluß liegenden Landstriche in Mittelägypten veranlaßten die Regierung, in den Jahren 1907 bis 1912 erstmalig eine Erhöhung der Wand bis auf + 114 auszuführen, wodurch rd. 2400 Mill. m³ Wasser aufgestaut und etwa 500 000 ha bisher unkultivierten Landes bewässert wurden. Die Mauer wurde an der Talseite, wie aus Abb. 2 ersichtlich, um etwa 5 m verstärkt und die Verstärkung auf den unterliegenden Granit aufgesetzt. Die Krone wurde bis auf 9,42 m verbreitert. Besondere Schwierigkeiten machte wegen der Temperaturschwankungen die Vereinigung des alten Mauerwerks mit dem neuen. Der neue Teil wurde zunächst, lediglich gestützt durch Bewehrungseisen, unter Freilassung einer Fuge von 15 cm Weite aus-

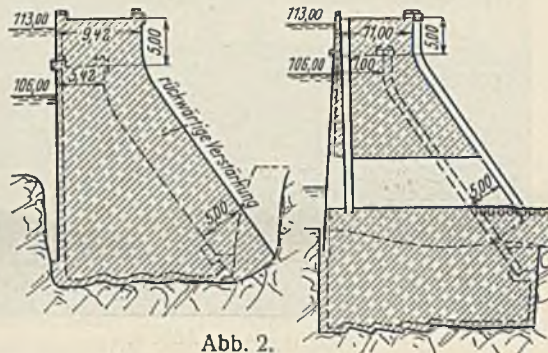


Abb. 2.

der Wand erreichte man durch talwärts auf die Schräge aufgelegte Strebepfeiler, deren Bewehrung und Querschnitt aus Abb. 3 zu entnehmen ist. Diese Strebepfeiler liegen, unabhängig von der Wand, auf dieser, und zwar unter Zwischenfügung von nicht oxydierenden Stahlplatten von 7 mm Dicke. Die Dicke der nach oben hin sich verjüngenden Eisenbetonstreben liegt zwischen 6 m im unteren und 1 m im oberen Teil.

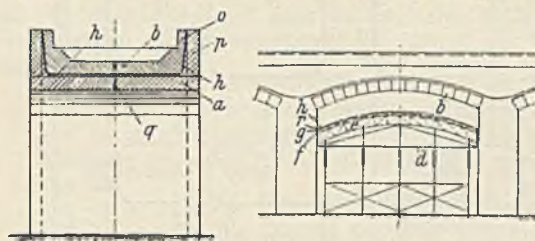
Bei dem ursprünglichen Bauwerk waren vier Auslässe vorgesehen, bei der ersten Erhöhung wurde ein fünfter hinzugefügt. Diese Zahl der Auslässe hat man bei der zweiten Erhöhung nicht vermehrt, sondern nur Querschnittserweiterungen vorgenommen.

Die zweite Erhöhung der Stauwand, die ungefähr 4 Mill. Pfund kostete, vermehrte den Wasserstau um rd. 2400 Mill. m³, während die erste Erhöhung 1 489 000 Pfund kostete und eine Vermehrung des Staues um rd. 1400 Mill. m³ ergeben hatte.

Zs.

Patentschau.

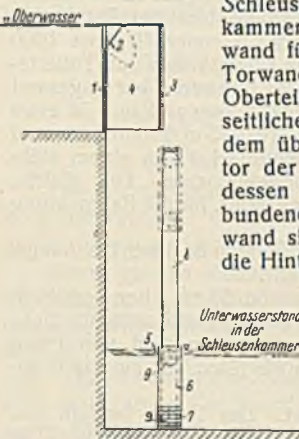
Verfahren zum Herstellen von Abdichtungsschichten bei der Verstärkung von alten Gewölben. (Kl. 19 d, Nr. 555 819 vom 1. 7. 1931 von Otto Knör in Berlin-Steglitz.) Um eine Einschränkung des Verkehrs während der Durchführung der Abdichtungsarbeiten über dem Gewölbe zu vermeiden, wird die auf dem Verstärkungsgewölbe aufgetragene Abdichtungsschicht zugleich mit dem Verstärkungsgewölbe an das alte Gewölbe gebracht. Unterhalb eines alten Gewölbes *b* wird ein z. B. durch Druckwasser oder Druckluft bewegbares Lehrgerüst *d* für das Verstärkungsgewölbe hergestellt.



Über dem gesenkten Lehrgerüst wird die Bewehrung *e* des Verstärkungsgewölbes verlegt, darüber werden in bestimmten Abständen mit Drahtgeflecht bewehrte Betondielen *f* angeordnet, über diese wird ein Drahtgeflecht *g* gespannt und auf dieses als Schutzschicht eine Lage Rohpappe *r* gelegt, auf die die eigentliche, aus durchtränkter Pappe bestehende Abdichtungsschicht *h* im Abstände von der Eisenbewehrung aufgebracht wird. Nun wird das Lehrgerüst *d* hochgehoben, so daß die Abdichtung unmittelbar an der Leibung des alten Gewölbes *b* zur Anlage kommt. Dann wird das Verstärkungsgewölbe z. B. nach dem Preßbetonverfahren betoniert. Um das Austreten des Sickerwassers an den Stirnseiten des Gewölbes *b* zu verhindern, wodurch das Stirnmauerwerk zerstört wird, werden das alte Gewölbe *b* und die alten Stirnmauern *o* hinter den neuen Stirnmauern *p* mit einer Abdichtungsschicht *h* umschlossen. Zum Ableiten des in die Bettung eintretenden Sickerwassers dienen Rohre *q*, in die die Abdichtung *h* eingebunden wird.

Umlauflose Schleuse. (Kl. 84 b, Nr. 556 725 vom 27. 9. 1928 von Ardetwerke G. m. b. H. in Eberswalde i. M.) Als Ersatz der Einrichtungen zur Vernichtung der in dem strömenden Wasser enthaltenen lebendigen Kraft, z. B. des Tosbeckens einer Stauwand od. dgl., wird eine umlauflose Schleuse so ausgestaltet, daß die der Schleusen-kammer zugekehrte Wand des Obertores als Prellwand für das über die dem Oberwasser zugekehrte Torwand einströmende Wasser ausgebildet und der Oberteil der Schleusen-kammer durch ein an den seitlichen Kammerwänden geführtes Schwimmtor von dem übrigen Schleusenraum getrennt ist. Das Obertor der Schleuse ist als Doppeltor 1, 3 ausgebildet, dessen Vorderwand 1 eine mit einem Triebwerk verbundene Aufsatzklappe 2 hat. Vorder- und Hinterwand sind durch Rippen 4 gegeneinander abgestützt; die Hinterwand fängt den bei Freigabe der Durchflußöffnung ein-schießenden Wasserstrahl ab und lenkt ihn so um, daß er seine lebendige Kraft einbüßt und senkrecht frei in die Schleusen-kammer hinunterfällt. Der Oberteil der dem Oberwasser zugekehrten Torwand ist gegen die Prellwand verschieb- oder verschwenkbar, so daß das Füllen der Schleuse ohne Bewegung des Tores möglich wird. Das Schutztor 5 verhütet das Aufwühlen und Beunruhigen des Wassers der Schleusen-kammer und ist so angeordnet, daß der herabfallende Wasserstrahl es nicht selbst treffen kann. Das Schutztor besteht aus einem Schwimmkasten 6 mit einer unteren Durchlaßöffnung mit leitschau-felähnlichen Rippen 7; es wird mit Rollen 9 in einer Nische 8 geführt. In seiner höchsten Lage legt sich das Tor gegen einen Anschlag, so daß seine Oberkante dicht unterhalb des Obertordrempels liegt.

INHALT: Der bautechnische Teil der Kühlwasserversorgung des Kraftwerks der Mittel-deutschen Kraftwerk Magdeburg AG (Mikramag) in Magdeburg. — Luftbedarf bei Druckluftgründungen. — Materialzahlen für den Massivbau in hochwertigem Beton und Mauerwerk. — Vermischtes: Neuzeitlicher Fabrikbau. — Neue deutsche Eisenbahn-Baugeräte für die argentinische Staatsbahn. — Abblindwürme des Betons. — Zweite Erhöhung der Talsperre von Assuan. — Patentschau.



Schriftleitung: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.

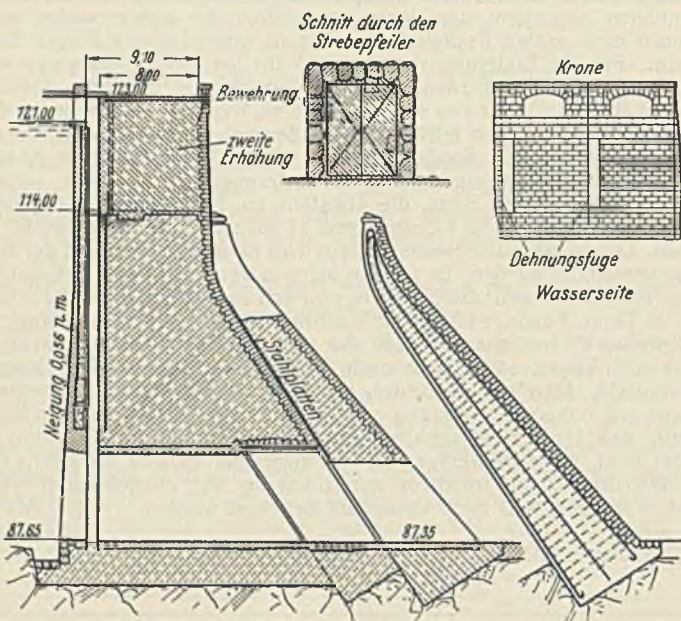


Abb. 3.

geführt, um dann nach beendetem Temperatursgleich durch Vergießen dieser Fuge mit dem alten Mauerwerk vereinigt zu werden. Das Vergießen folgte erst zwei Jahre nach Fertigstellung der Verstärkung.

Im Jahre 1928 wurde mit Rücksicht auf weitere Landgewinnung eine zweite Erhöhung der Stauwand um 9 m beschlossen. Die Krone wurde bis + 123 für einen vorgesehenen Stau von + 121 erhöht. Eine Sicherung