

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2714

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297491

525-31-

89-195

XX

143

Grundwasserabsenkungen für Gründung von Bauwerken

Verfahren zur Absenkung des Grundwassers
zwecks Trockenlegung von Baugruben in
Theorie und Praxis
mit einer Reihe ausgeführter Beispiele

Von

Zivilingenieur Fritz Bergwald

beratender Ingenieur für Tiefbau

Mit 72 Abbildungen



München und Berlin 1917
Druck und Verlag von R. Oldenbourg

By

Alle Rechte vorbehalten. — Nachdruck verboten.
Copyright 1917 by Fritz Bergwald, Berlin-Friedenau.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

II 2714

Akc. Nr. 1991 | 49

Vorwort.

Erst verhältnismäßig kurze Zeit ist verstrichen, seitdem es bekannt ist, das Grundwasser zur Trockenlegung von Baugruben mittels Rohrbrunnen abzusenken und welche Bedeutung hat sich dieses Sondergebiet des Tiefbaues, das der Wasserversorgung der Ortschaften entlehnt wurde, in der kurzen Zeitspanne schon erworben! Ausgehend von den Anfängen der Grundwasserentfernung, ist in vorliegendem Leitfaden versucht worden, die gestellte Aufgabe knapp und übersichtlich zu behandeln und dem bauleitenden Ingenieur ein Nachschlagewerk in die Hand zu geben, das auf dem Bauplatz und im Bureau gleiche Dienste tun dürfte.

Hand in Hand mit den Arbeiten zur Absenkung des Grundwassers gehen diejenigen der Abdichtung zum dauernden Schutze der im Grundwasser errichteten Bauwerke, worüber in meinem Werke »Grundwasserdichtungen« (Isolierungen gegen Grundwasser und aufsteigende Feuchtigkeit), das im Verlage R. Oldenbourg, München und Berlin, Anfang 1916 erschien, bereits ausführlich berichtet ist. Vorliegender Leitfaden ist als Ergänzung zu dem erwähnten Werke aufzufassen. Ich habe mich deshalb bei den Abdichtungsarbeiten, die zum Teil mit der Wasserhaltung eng zusammenhängen, darauf beschränkt, das Wesentlichste zu erwähnen, im übrigen sei aber auf das vorgenannte Werk hingewiesen.

Vorschläge zur Ergänzung und Vervollständigung nehme ich gern entgegen und danke gleichzeitig den Herren, die mich bisher mit ihren Erfahrungen unterstützt haben. Besonderer Dank gebührt Herrn Geheimen Regierungsrat Schumann.

Seitens der staatlichen und städtischen Behörden und von privater Seite wurden mir bereitwilligst Unterlagen ausgeführter Anlagen zur Verfügung gestellt, wofür ebenfalls an dieser Stelle verbindlichst gedankt sei.

Das Werk ist zum größten Teil im Lazarett fertiggestellt worden, und bitte ich um freundliche Nachsicht der Fachgenossen. Ich spreche schließlich die Hoffnung aus, daß sich dieser Leitfaden bald ebensoviel Freunde erwerben möge wie sein Vorgänger.

Berlin-Friedenau, Frühjahr 1917.

Sentastr. 4.

Fritz Bergwald.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
Einleitung	1
Abschnitt I. Das Grundwasser	4
1. Entstehung des Grundwassers	4
2. Bildung und Verlauf von Grundwasserströmen	5
3. Mächtigkeit und Ergiebigkeit der Grundwasserströme	8
4. Messung der Grundwasserstände	8
5. Über Geschwindigkeit und Gefälle des Grundwassers	10
6. Eigenschaften des Grundwassers	11
7. Bedeutung geologischer Untersuchungen	15
8. Ausführung von Tiefbohrungen	16
9. Entnahme von Probewasser zwecks Untersuchungen	20
10. Untersuchung des Grundwassers	21
Abschnitt II. Das Absenkungsverfahren	24
1. Geschichtliches	24
2. Die Berechnung von Grundwasserströmen bei Absenkungsanlagen	29
3. Die Ausführung des Grundwasserabsenkungsverfahrens	34
a) Einstafflige Anlagen	36
b) Mehrstafflige Anlagen	42
c) Beobachtungen während des Absenkungsverfahrens	44
d) Anordnung der Rohrbrunnen	45
Art der Filterstellung	56
e) Anordnung der Rohrleitungen	57
I. Saugleitungen	57
II. Druckleitungen	64
III. Rohrüberführungen und Unterführungen	64

	Seite
f) Maschinelle Einrichtung	65
I. Pumpen, Allgemeines	65
1. Kreiselpumpen	65
Staffelung der Kreiselpumpen-Anlagen	68
2. Kolbenpumpen	70
3. Mammutpumpen	70
4. Tiefbrunnenpumpenausführung der Siemens-Schuckertwerke	73
5. Der hydraulische Widder oder Stoß- heber	74
II. Betriebsmaschinen	76
Allgemeines	76
Elektromotoren	79
Lokomobilen	81
g) Elektrische Einrichtung	86
Allgemeines	86
Zweckmäßige Anlage der Zentrale	86
Antriebsmaschinen	87
Unterbringung der Maschinen	88
h) Absenkung des Wasserspiegels durch Sickerrohre bei Kanalbauten	88
i) Einfluß des Absenkungsverfahrens auf benach- barte Gebäude	90
k) Verhinderung von Rissebildungen bei durch Tief- bauarbeiten gefährdeten Gebäuden	92
4. Über Durchlässigkeit des Untergrundes	94
I. Tiefer als die Bauwerksohle liegende undurch- lässige Schichten	97
II. Höher als die Bauwerksohle liegende undurch- lässige Schichten	98
III. Feine Schief- und Triebssandschichten	99
5. Probeabsenkungen und hydrologische Vorarbeiten	100
6. Betrieb einer Versuchsbrunnenanlage	102
7. Messung der geförderten Wassermengen	103
I. Messung von Wassermengen mittels Wassermesser	103
II. Messung von Wassermengen mittels Überfällen	106
III. Messung von Wassermengen mittels Spannschützen	110
IV. Messung von Wassermengen mittels Schwimmer	111
8. Das Abdichten der Bauwerke zum Schutze gegen das Grundwasser während des Betriebes der Absenkungs- anlage	113
I. Außenhaut-Dichtungen	113

	Seite
II. Innenhaut-Dichtungen	114
III. Porenfüllende Dichtungen	115
Abschnitt III. Beispiele ausgeführter Absenkungs- anlagen	117
1. Flußuntertunnelungen	117
Die Spreeuntertunnelung in Berlin im Zuge der Strecke Spittelmarkt—Alexanderplatz	118
2. Untergrundbahnbau-Ausführungen in Berlin und Um- gegend	129
A. Schöneberger Untergrundbahn	129
B. Umbau der Haltestelle »Wittenbergplatz«	135
C. Dückerbau bei der Untergrundbahn in Charlotten- burg	138
D. Wasserhaltungen für den Bau der Untergrund- bahn Wittenbergplatz—Kaiserallee	140
3. Sonstige Bauwerke	142
A. Grundwasserabsenkungen beim Bau des Groß- schiffahrtskanals Berlin—Stettin	142
I. Bau der Schleuse am Lehnitzsee	142
II. Bau der Schleuse in Plötzensee	143
B. Grundwasserabsenkung am Müggelsee für die Berliner Wasserwerke	148
C. Grundwasserabsenkung für die Neubauten auf der Museumsinsel in Berlin	148
D. Grundwasserabsenkung für die Gründung des Erweiterungsgebäudes des Bahnhofs Friedrich- straße in Berlin	154
E. Grundwasserabsenkung beim Bau des Straßen- bahntunnels »Unter den Linden« in Berlin	155
F. Grundwassersenkung beim Bahnhof Nienburg a. W.	157
Alphabetisch geordnetes Sachregister	159
Literaturverzeichnis	167

Abkürzungen.

lmg = Litermilligramm

skl = Sekundenliter

skm = Sekundenmeter

ccm = Kubikzentimeter.

Einleitung.

So wichtig und nützlich das Wasser für das menschliche Leben ist und so sehnüchtig oft nach ergiebigen Grundwasserströmen gebohrt wird, so hinderlich wird es dort, wo ein hoher Grundwasserstand sich einer tiefgelegenen Gründung entgegenstellt. Hier bildet das Grundwasser mit seinem oft hohen Auftrieb ein wesentliches Hindernis, mit dem gerechnet werden muß.

Die Absenkung des Grundwassers unter Benutzung eines der neueren Verfahren bietet heute keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr. Es ist nur erforderlich, die genügende Anzahl Rohrbrunnen niederzubringen, die dann, untereinander verbunden, an eine Pumpe angeschlossen werden, um den Wasserspiegel um das für die Bauausführung nötige Maß zu senken.

Die Bestimmung der erforderlichen Anzahl Rohrbrunnen erfolgt auf Grund der Berechnung der Mächtigkeit der Grundwasserströme. Bei der mangelhaften Kenntnis ihrer Gesetze wird sich aber oft nicht umgehen lassen, Probebohrungen und Versuchsbetriebe anzustellen. Notwendig sind derartige Probebohrungen überall dort, wo die Höhenlage des Grundwasserspiegels nicht einwandfrei feststeht. Mehrere derartige Bohrlöcher werden durch Einsetzen von Filtern in Behelfsrohrbrunnen verwandelt, um so eine regelrechte Versuchsanlage herzustellen. Durch ständiges Messen der geförderten Wassermenge und des abgesenkten Grundwasserspiegels werden die für die endgültige Anlage erforderlichen Unterlagen gewonnen.

In den letzten Jahren sind Grundwasserabsenkungen über bedeutende Tiefen ausgeführt worden. Besonders

zu erwähnen wäre die 13,5 m tiefe Absenkung für die Schleuse bei Oslebshausen, die 19 m tiefe Absenkung für die Schleuse bei Emden, die 20 m tiefe Absenkung für die Schleuse in Brunsbüttelkoog und die 22 m tiefe Absenkung für die Schleuse bei Holtenua, sowie die unter schwierigsten Verhältnissen ausgeführte 15 m tiefe Grundwasserspiegelabsenkung für die Gründung der Neubauten der Königl. Museen in Berlin.

Gründungstiefen von 15 und mehr Metern unter dem natürlichen Grundwasserspiegel sind Tiefen, die bei der bisher üblichen Pfahl-, Brunnen- und Luftdruckgründung an der Grenze des Erreichbaren liegen. Bei weiterer Vervollkommnung der Wasserhaltung werden aber noch erheblich größere Gründungstiefen erreicht werden können. Damit ist die Grundwasserabsenkung im Begriff, die bisher üblichen Bauweisen zu verdrängen.

Der vorliegende Leitfaden gliedert sich in drei Hauptabschnitte. Abschnitt I handelt allgemein von dem Grundwasser, seiner Entstehung und seinen Eigenschaften, während das eigentliche Absenkungsverfahren im Abschnitt II behandelt ist. Im III. Abschnitt werden einige wichtige Beispiele ausgeführter Absenkungen geschildert.

Hierbei sei gleich der wesentliche Unterschied zwischen Grundwassergewinnungs- und Grundwasserabsenkungsanlagen einer Betrachtung unterzogen. Bei der Anlage zur Grundwassergewinnung handelt es sich darum, eine bestimmte Wassermenge, deren Höhe sich in bestimmten Grenzen noch steigern läßt, aus dem Untergrund zu entnehmen. Es handelt sich also darum, das hierfür geeignete Gelände zu suchen, das nicht nur der Menge, sondern auch der Beschaffenheit nach einwandfreies Wasser liefern soll. Es kommen hierfür also nur Grundwasserströme, also in Gefälle fließendes Grundwasser, in Betracht, dessen dauernde Speisung gewährleistet erscheint. Dagegen käme ein Grundwasserbecken, selbst größten Umfanges, nicht in Frage, da es sich in kürzerer oder längerer Zeit erschöpfen würde. Welche Anforderungen an das für Versorgungszwecke in Frage kommende Wasser seiner Beschaffenheit nach zu stellen sind, kommt im Rahmen dieses Werkes nicht in Betracht, doch sind die

wichtigsten Voraussetzungen kurz im ersten Abschnitt unter »Eigenschaften des Grundwassers« behandelt worden.

Bei den Grundwasserabsenkungen handelt es sich darum, eine bestimmte Absenkungstiefe zu erreichen, deren Maß sich nach der Tiefe der Sohle des Bauwerkes richtet. Für die Anlage kommt, im vollen Gegensatz zu den Wasserversorgungsanlagen, der für das zu errichtende Bauwerk gewählte Bauplatz in Frage. Es muß von vornherein mit den Geländebeziehungen gerechnet werden, die der Bauplatz aufweist. Ohne Rücksicht auf die zu fördernden Wassermengen ist das Augenmerk einzig und allein auf Absenkung des Grundwassers, also auf das Leerpumpen des Bauraumes und damit Trockenlegung der Baugrube zu richten. Es ist hierbei gleichgültig, ob es sich um einen Grundwasserstrom mit freier oder gespannter Spiegelfläche oder um ein Wasserbecken handelt. Ein stehendes Grundwasserbecken wäre ja von Vorteil, da man auf baldige Erschöpfung und dauernde Fernhaltung des Wassers ohne kostspielige Anlagen, rechnen kann.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß die Verhältnisse bei Gewinnungs- und Absenkungsanlagen gerade entgegengesetzt liegen.

Abschnitt I.

Das Grundwasser.

1. Entstehung des Grundwassers.

Über die Entstehung des Grundwassers sind verschiedene Theorien verbreitet. Nach der Novakschen Theorie dringt das Wasser vom Meeresboden in das Erdinnere, während die Theorie Volger die Verdunstung feuchter Luft — der Grundluft — annimmt. Nach der Mezgerschen Theorie entsendet das Grundwasser Wasserdämpfe, die aus der Tiefe des Erdinnern aufsteigen. Man neigt im allgemeinen der Ansicht zu, daß sowohl das Versickern des Niederschlagwassers wie die Verdunstung der im Erdboden befindlichen feuchten Luft für die Entstehung des Grundwassers maßgebend sei. Der Wahrheit am nächsten kommt wohl die Infiltrationstheorie, wonach das Grundwasser einzig und allein durch Meteorwasser entsteht, das in den Erdboden dringt, sich hier sammelt und zu unterirdischen Flüssen, Seen und Strömen sich zusammenfindet.

Der Lauf der Grundwasser ist ähnlich dem Oberflächenwasser. Wie es hier Quellen, Bäche, Ströme, Seen usw. gibt, gibt es auch im Erdinnern derartige Wasseransammlungen, die ähnlich der auf dem Erdboden befindlichen Wassermassen bezeichnet werden. Ähnlich wie das Wasser auf der Oberfläche, haben die Grundwässer im Innern des Erdbodens verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten; sie hängen von dem mehr oder weniger durchlässigen Boden ab. Einen Stillstand gibt es ebensowenig wie auf der Erdoberfläche; vielmehr

sind die Bewegungen durch Messungen deutlich erkennbar. Die Feststellung der Richtung und des Verlaufs, sowie der Strömungsgeschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers ist in jedem einzelnen Falle von Wichtigkeit. Mag es sich um Grundwasserfassungen für wirtschaftliche Zwecke, z. B. Wasserversorgung von Gemeinden, Städten, Fabriken zu gewerblichen oder nutzbaren Zwecken handeln, oder mögen Absenkungen für reine Bauzwecke oder Bergwerksbetriebe in Frage kommen, stets wird eine genaue Kenntnis der Grundwasserverhältnisse nach Richtung und Verlauf, Strömungsgeschwindigkeit und Mächtigkeit erforderlich sein. Zu diesem Zwecke sind die Vorarbeiten möglichst umfangreich zu gestalten und erst dann abzuschließen, wenn man sicher ist, ein getreues Spiegelbild der Wasserverhältnisse im Erdinnern zu besitzen.

Sehr vorteilhaft für die Entstehung von Grundwasser ist durchlässiger Boden, wo die Niederschläge ungehindert versickern können. Für die Entstehung großer Grundwasserströme ist Bedingung, daß der durchlässige Boden größere Mächtigkeit besitzt und mit einem offenen Wasserlauf in Verbindung steht. Der durchlässige Boden kann aus Granit, Kalk und Basalt usw. bestehen. Größere Tonschichten sperren die Grundwasserströme vollständig ab.

2. Bildung und Verlauf von Grundwasserströmen.

Versuchsbohrungen zur Erforschung des Erdinnern sollten stets in ausgiebigem Maße vorgenommen werden und sind nur dort nicht erforderlich, wo die Schichtenfolge des Bodens genau bekannt ist, was aber nur selten der Fall sein wird. Der Untergrund, besonders der tiefere, wechselt sehr oft schon auf kurze Entfernungen. Es wäre durchaus verfehlt, die Erdtiefe nach der Oberfläche beurteilen zu wollen. Unter einem Fluß oder See kann sehr wohl wasserloses Land liegen. Umgekehrt ist es denkbar, daß unter kühlem Felsengestein ergiebige Grundwasserströme vorhanden sind; es sei nur an das Karstgebirge erinnert.

Die geologischen Forschungen sind noch nicht soweit vorgeschritten, daß Bildung und Verlauf der einzelnen Schichten

überall mit Sicherheit angegeben werden können. Das Vorkommen von Wasser ist keineswegs auf bestimmte Schichten beschränkt. Es wird daher meistens jede Tiefbohrung auch eine Bereicherung unserer geologischen Kenntnisse bringen. Um sich also vor unliebsamen Enttäuschungen zu schützen, ist eine genaue hydrologische Untersuchung des Erdinnern unbedingt erforderlich.

Solche Untersuchungen geschehen durch Niederbringen einer mehr oder minder großen Anzahl von Bohrlöchern. Diese werden durch Einsetzen von Filterkörben in Probebrunnen verwandelt, deren spezifische Ergiebigkeit durch Abpumpen festgestellt wird.

Die hydrologischen Vorarbeiten sind möglichst umfangreich zu gestalten, um ein zuverlässiges Bild zu erhalten und sich vor Trugschlüssen zu schützen.

Das Bett der unterirdischen Gewässer besteht, ähnlich wie bei den Gewässern auf der Erdoberfläche, aus undurchlässigen Schichten. Die Bewegung des Grundwasserstromes wird, wie bei den Flüssen und Strömen, durch das Schwerkraftgesetz hervorgerufen. Dadurch, daß jedes einzelne Wassertheilchen nach der Richtung strebt, wo es auf den geringsten Widerstand stößt, entsteht die Bewegung — das Fließen des Wassers. Die Richtung und Geschwindigkeit hängen nun von einer Reihe von Umständen ab, von denen als besonders wesentlich zunächst die Durchlässigkeit des Untergrundes zu erwähnen ist. In einem späteren Kapitel ist hierüber eingehender die Rede. Hier sei nur gesagt, daß sich z. B. die Mächtigkeit des Grundwasserstromes nach der Mächtigkeit der wasserführenden — also wasserdurchlässigen — Schicht richtet. Wo diese nur gering ist, wird der Grundwasserstrom sich in langgestreckten Rinnen oder Adern fortbewegen, während sich anderseits das Grundwasser in breiteren Ebenen vorfinden wird. Durch plötzliche Vergrößerung oder Verringerung der Breite des Bettes des Grundwasserstromes ergibt sich entweder eine Beschleunigung oder Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit, so daß auch im Erdinnern sowohl »Stromschnellen« wie auch träge dahinfließende Ströme anzutreffen sind.

Oft geht die Richtung des Grundwasserstromes aus der Geländeneigung ohne weiteres hervor. Es kommt aber auch vor, daß der Grundwasserstrom gerade entgegengesetzt der Geländeneigung fließt. Zur sicheren Bestimmung des Grundwassergefälles werden Brunnen niedergebracht, deren Wasserstand miteinander verglichen wird. Zu diesem Zweck sind mindestens 3 Brunnen erforderlich, die in Form eines gleichseitigen Dreiecks zu bohren sind; vgl. Abb. 1.

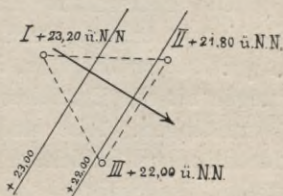


Abb. 1.

In der Skizze liegt der Wasserspiegel im

Brunnen I auf +23,20 N. N.

» II » +21,80 N. N.

» III » +22,00 N. N.

Durch Zwischenschaltung wird auf der Strecke zwischen Brunnen I und II die Stelle gefunden, wo der Wasserstand auf +22,00 N. N. angenommen werden kann. Dasselbe geschieht auf der Strecke I und III und werden die beiden gefundenen Punkte miteinander verbunden. In ähnlicher Weise werden auf den Strecken zwischen den Brunnen I und III, sowie I und II die Stellen festgesetzt, wo man die Höhe +23,00 N. N. vermutet. Rechtwinklig zu diesen beiden Linien wird sich der Grundwasserstrom bewegen. Zu seiner genauen Feststellung werden gleichlaufend und rechtwinklig zu dieser gefundenen Hauptströmung weitere Brunnen niedergebracht und deren Wasserspiegelhöhen festgelegt. Durch weitere Zwischenschaltung werden die Punkte gleicher Höhenlage miteinander verbunden,

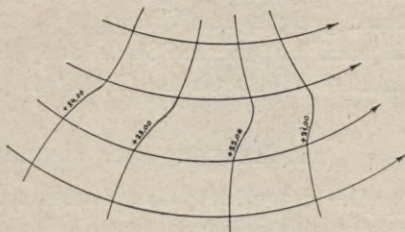


Abb. 2.

wodurch man die Schichtenkurven gleicher Höhen erhält, welche die Stromrichtungen veranschaulichen, wie dies in der Abb. 2 dargestellt ist.

3. Mächtigkeit und Ergiebigkeit der Grundwasserströme.

Die Feststellung der Mächtigkeit der wasserführenden Schichten erfolgt durch Tiefbohrungen. Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, ist es erforderlich, die einzelnen Bohrungen bis zur Erreichung der undurchlässigen Schichten niederzubringen. Alle aufgefundenen Einlagerungen von undurchlässigen Schichten sind bei der Bohrung genau festzustellen, insbesondere aber die Bohrproben sorgfältigst in Kästen zu sammeln, zu bezeichnen und aufzubewahren. Von jedem Brunnen sind ferner Wasserproben zu entnehmen. Über die Art der Wasserprobenentnahme ist in einem besonderen Kapitel berichtet worden (vgl. S. 20). Für die Tiefbohrungen sind die gebräuchlichen Bohrverfahren anzuwenden, über die in einem besonderen Abschnitt berichtet wird.

Etwaige Veränderungen des Wasserspiegels, die während des Niederbringens der Bohrung eintreten, sind genau zu beobachten und festzustellen, da dadurch wichtige Rückschlüsse gezogen werden können. Insbesondere ist beim Durchbohren undurchlässiger Schichten auf ein etwaiges Steigen des Grundwasserspiegels zu achten.

Nach dem Niederbringen des Bohrloches erfolgt die Feststellung der Ergiebigkeit. Hierbei muß jedoch beachtet werden, daß die Grundwasserspiegel zu den verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Ergiebigkeiten zeigen werden; sie werden regelmäßigen Schwankungen unterworfen sein. Am besten geeignet zur Vornahme derartiger Untersuchungen ist, wie auch an anderer Stelle ausgeführt wird, der Herbst, da um diese Jahreszeit der Grundwasserspiegel am tiefsten steht.

4. Messung der Grundwasserstände.

Die Lage des Grundwasserspiegels schwankt dauernd und ist abhängig von hydrologischen, meteorologischen, geologischen und klimatischen Vorgängen. Diese Schwankungen können dauernd oder zeitlich begrenzt sein und sich sowohl täglich wie auch in größeren Zwischenräumen in bestimmten Grenzen wiederholen.

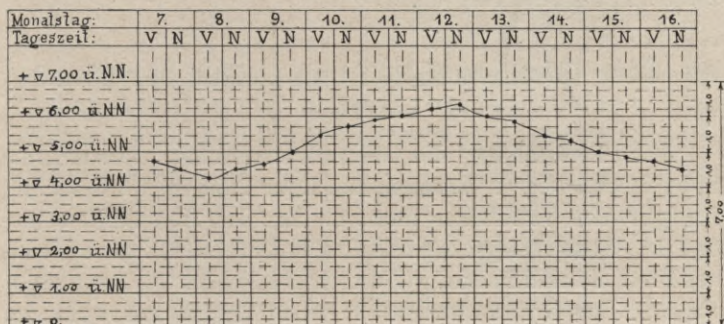
Wesentlich ist eine laufende Messung des Grundwasserspiegels. Zu diesem Zwecke werden die Brunnenoberkanten eingewogen und an einen Festpunkt der Landesaufnahme angeschlossen. Von diesen Oberkanten aus erfolgt durch Abstichmaße die Feststellung der Höhe des Grundwasserstandes bezogen auf N. N. Die mehrmals täglich zu den gleichen Zeiten vorzunehmenden Messungen werden in Tabellenform, etwa nach untenstehendem Muster, Abb. 3, aufgetragen.

Hydrologische Vorarbeiten für

Bohrloch Nr..... Monat.....

Brunnen Nr..... Jahr

Tafel über den Stand des Grundwasserspiegels.



Besondere Bemerkungen:

Abb. 3.

In dem vorstehenden Muster ist eine täglich zweimal (Vor- und Nachmittags, mit V und N bezeichnet) vorzunehmende Grundwasserspiegelmessung angenommen worden. Bei öfterer Messung erfolgt die Teilung des Monatstages in eine größere Anzahl Unterteile. Die links vorgesehene Einteilung in die Höhenmaße, auf N. N. bezogen, erfolgt nach den örtlichen Verhältnissen, wobei die Normalnull-Linie wohl meistens nicht Aufnahme finden wird, vielmehr die Einteilung der Tabelle oben von der Geländeoberkante oder dem höchstmöglichen

Grundwasserspiegel aus, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, vorgenommen wird. Unter den »Besonderen Bemerkungen« sind alle wesentlichen Ereignisse, wie z. B. Hochwasser, Beginn des Pumpbetriebes usw. zu vermerken, um einen Anhalt für etwaige plötzliche Schwankungen zu haben. Zweckmäßig ist es auch, die täglichen Niederschläge zu messen und einzutragen. Derartige Tabellen, für jedes Bohrloch und jeden Brunnen besonders geführt, geben ein klares Bild über die Veränderungen des Grundwasserspiegels. An Hand der verschiedenen Tabellen ist man dann in der Lage, die Veränderungen sämtlicher Grundwasserspiegel auf einer Gesamttabelle zeichnerisch aufzutragen, wobei es sich empfiehlt, der besseren Übersicht halber die Grundwasserspiegel der einzelnen Brunnen farbig darzustellen.

5. Über Geschwindigkeit und Gefälle des Grundwassers.

Zur Feststellung des Grundwassergefälles werden die Spiegel benachbarter Brunnen und Bohrlöcher nach vorstehend angegebenen Verfahren gemessen. Aus den Höhenunterschieden der Wasserspiegel ergibt sich das Gefälle, das oft schwankend ist. So sind beiläufig Werte von 0,3% bis 3% festgestellt worden! Das Grundwassergefälle wechselt und ist sowohl von der Grundwassermenge, wie vom Untergrund, der Nachbarschaft offener Gewässer usw. abhängig.

Entsprechend dem wechselnden Gefälle ist auch die Geschwindigkeit verschieden. In Kies und grobem Sand wird sie naturgemäß größer sein als in feinen Bodenschichten. Unmittelbar meßbar, etwa wie in offenen Wasserläufen, ist die Geschwindigkeit des Grundwassers nicht. Man hat nun versucht, sie auf andere Weise festzustellen. So hat z. B. Thiem folgendes Verfahren in Anwendung gebracht: Nach dem Niederbringen von 2 oder mehr Bohrlöchern in Richtung des Grundwassergefälles wird in das oberste eine Salzlösung eingegossen. Alsdann wird in den unteren Bohrlöchern in regelmäßigen Zeiträumen der Salzgehalt des Wassers festgestellt. Aus der Zeit, die zwischen dem Eingießen der Salzlösung und der Fest-

stellung des größten Salzgehaltes in dem unteren Bohrloch verstrichen ist, kann man mit einiger Sicherheit feststellen, welche Zeit das Wasser zum Durchfluß der Zwischenstrecke gebraucht hat. An Stelle des Salzes kann auch gefärbtes Wasser verwendet werden. Dieses Verfahren ist aber mit großer Vorsicht anzuwenden und ergibt oft ungenaue Zahlen.

In der »Österreichischen Zeitschrift für den öffentl. Bau-dienst« vom 29. November 1902 wird über ein elektrolytisches Verfahren von Slichter berichtet, das auf der Veränderlichkeit des Widerstandes beruht, welchen der Grundwasserstrom dem Durchgang des elektrischen Stromes zwischen zwei Bohrlöchern entgegensetzt, während ein im oberen Bohrloch eingebrachter Elektrolyt sich im Grundwasser verteilt. Voraussetzung zur Erzielung eines brauchbaren Ergebnisses ist ein vollkommen gleichförmiger Untergrund ohne undurchlässige Einlagerungen, wie eingebettete Schief- und Triebssandschichten, sowie freier Grundwasserspiegel. Ohne diese drei Voraussetzungen erzielte Ergebnisse sind vorsichtig aufzunehmen.

6. Eigenschaften des Grundwassers.

Die Eigenschaften des Grundwassers hängen von der Bodenbeschaffenheit, von benachbarten Flüssen, Seen, Teichen, Tümpeln, Quellen usw. ab. Wo sich Eisen im Erdboden vorfindet, wird man eisenhaltiges Wasser haben, dagegen ergibt Kalkstein hartes, kalkhaltiges Wasser. Im Granit, Sandstein u. ähnl. Gesteinsarten wird man meistens weiches Wasser vorfinden.

Der Wärmegrad des Grundwassers ist verschieden und richtet sich nach den Umgebungen; im allgemeinen beträgt er 6 bis 10° C. Für Genußzwecke ist Grundwasser, dessen Temperaturen unter 5° oder über 15° liegen, nicht zu verwenden. Bei Temperaturen unter 5° sind Gesundheitschäden zu befürchten, während dem Wasser über 15° die erfrischende Wirkung fehlt. Hohe Wärmegrade deuten auf die Nähe heißer Quellen oder warmer Grundwasserströme hin.

Die Jahrestemperatur des in 1,50 m oder größerer Tiefe gemessenen Grundwassers verläuft etwa in gleichem Abstände zu derjenigen der Luft.

Für den Verlauf der Grundwasserströme sind genaue Temperaturbeobachtungen deshalb wesentlich, weil sie zur Unterscheidung verschiedener Grundwasserströme dienen können.

Die Grundwasserströme fließen, ähnlich wie das Oberflächenwasser, in langgestreckter Rinne oder in breiter Ebene. Im Sand oder Kies findet sich das Grundwasser als einheitlicher Strom vor, während es in Felsenklüften in einzelnen Adern auftritt, sehr oft auch als Quelle oder unter Druck (artesisch) an die Oberfläche kommt.

Oft findet sich Grundwasser unter Flüssen vor, ohne mit diesen in Berührung zu treten. Als Schulbeispiel sei die Spree in Berlin erwähnt, wo starke, aus den Notauslässen der Kanalisation herrührende Schlammsschichten einen fast wasserdichten Abschluß bilden und Grund- und Flußwasser streng trennen. Ohne diesen Umstand wäre die Ausführung der Tunnelanlagen für die Untergrundbahnen mittels des Absenkungsverfahrens kaum möglich gewesen.

An Gasen sind im Grundwasser enthalten: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoffe verschiedener Art. Der Sauerstoff wirkt, wenn er in größeren Mengen als 5—6 ccm im Liter auftritt, zerstörend auf Blei und ungeschütztes Eisen, ebenso freie Kohlensäure die auch den Asphaltbezug der Rohre angreift. Bei Verbindung von Sauerstoff mit Kohlensäure findet Rosten statt. Ferner werden auch Kupfer, Zink, Mörtel und Beton angegriffen.

Für die Bestimmung des Grundwassers sind ferner von wesentlichem Einfluß:

- sein Geruch und sein Aussehen,
- sein Geschmack und seine Farbe,
- sein Gehalt an Eisen,
- seine Härte,
- sein Gehalt an Mangan,
- Blei,

Chlor, ferner
 Salpetersäure und
 salpetriger Säure,
 Ammoniakverbindungen,
 an Schwefel- und schwefliger Säure,
 Kiesel- und Phosphorsäure und schließlich
 an organischen Bestandteilen und
 Bakterien.

Wie schon in der Einleitung bemerkt, fällt es nicht in den Rahmen dieses Werkes, die wesentlichen Eigenschaften und Beimengungen des Grundwassers einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen. Da diese Beimengungen des Grundwassers aber oft schädliche Einflüsse ausüben und für den Betrieb auch einer Wasserhaltungsanlage ihre Kenntnis erforderlich ist, folgen hier einige kurze Hinweise, soweit sie für das gestellte Thema notwendig erscheinen.

Das Gebrauchswasser soll im allgemeinen geruchlos sein, darf niemals muffig riechen, da sonst darauf zu schließen ist, daß Zersetzungen stattgefunden haben. Das Wasser soll kristallklar sein und nur Spuren organischer und unorganischer Stoffe enthalten. Einwandfreies Trinkwasser soll einen erfrischenden Geschmack haben, wofür ein gewisser Gehalt an freier Kohlensäure Bedingung ist. Die Farbe soll hell und klar, in dickeren Schichten leicht blau sein. Rostbraune Farbe deutet auf Eisengehalt. An der Luft wird eisenhaltiges Wasser trübe und setzt rostbraune Flocken ab. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Schwefelwasserstoff ist der Geruch unangenehm nach faulen Eiern, der Geschmack bitterlich.

Der Gehalt an Eisen ist sehr verschieden, schon der Eisengehalt eines und desselben Brunnens ist schwankend. Das Eisen kommt im Grundwasser als doppeltkohlensaures, lösliches Eisenoxydul vor, das meistens an Kohlensäure oder auch an Phosphorsäure, Humus- oder Mineralsäure gebunden ist. Die Entfernung des Eisens geschieht durch Entlüftung. Durch die Berührung mit der Luft wird Kohlensäure frei, das Oxydul geht in unlösliches Hydroxyd über. Es gilt hierfür die Formel $2 \text{Fe} (\text{HCO}_3)_2 + \text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe} (\text{OH})_3 + 4 \text{CO}_2$.

Für fast alle Gewerbe und für Trinkwasserzwecke ist eisenhaltiges Wasser unbrauchbar; deshalb sind besondere Enteisungsanlagen vorzusehen.

Der Härtegehalt des Wassers ist schwankend. Er wird in Deutschland nach einem Maßstabe bestimmt, nach welchem ein Härtegrad einem Gewichtsteil Kalk auf 100000 Teilen Wasser entspricht. 1 deutscher Härtegrad ist gleich 1,786 französischen oder 1,250 englischen Härtegrad. Weiches Wasser ist Fluß- und Seewasser mit einem Härtegrade von 1 bis 4⁰. Grundwasser hat einen Härtegehalt von 4 bis 70⁰, in Alluvionen von 3 bis 15⁰. Die härteren Wässer haben infolge des Kalkgehaltes, der die Härte bedingt, einen erfrischenderen Geschmack als die weichen. Wasser von mehr als etwa 25⁰ ist als hart zu bezeichnen.

Freie Kohlensäure, Huminsäure und Mineralsäuren, die die Metalle, den Mörtel und Beton zersetzen, werden durch saure Reaktion erkannt. Sonst reagieren fast alle Wässer schwach alkalisch.

Das Mangan hat dieselben unangenehmen Eigenschaften wie das Eisen und wird, in kleineren Mengen vorhanden, durch die Enteisungsanlagen entfernt. Für größere Mengen hat man kein sicheres Entfernungsmittel.

Ein Bleigehalt im Wasser ist äußerst schädlich; für Genußzwecke ist derartige Wasser nicht verwendbar. Wasser mit bleilösenden Eigenschaften darf keinesfalls durch Bleirohrleitungen geführt werden.

Chlorgehalt weist in der Regel auf Verunreinigungen organischer Art durch Dung- und Abortgruben, Urin usw. hin. Mittel zur Entfernung des Chlorgehaltes gibt es zurzeit nicht. Auf die gleichen Ursachen weist auch ein Gehalt an Salpetersäure hin.

Es ist durch Untersuchung festzustellen, in welchen Mengen Salpetersäure vorhanden ist und welcher Entstehungsgrund hierfür maßgebend ist. Von Braunkohlen herrührende Salpetersäure kann auch in größeren Mengen von 20 bis 30 lmg unschädlich sein. Sie entsteht durch Oxydation stickstoffhaltiger Stoffe. Auch ein Gehalt an salpetriger Säure weist meistens auf organische Abfallstoffe hin. Genaue Untersuchung ist aber anzuraten.

Ammoniakverbindungen entstehen durch Fäulnis oder chemische Veränderungen und finden sich hauptsächlich im Moorwasser. Von einer Verwendung des Wassers zu Genußzwecken ist abzusehen.

Ein Gehalt an Schwefelsäure findet sich vielfach im Moorwasser vor, das daher zur Dampfkesselspeisung nicht zu verwenden ist. Ob derartiges Wasser auch für Genußzwecke zu verwerfen ist, muß eingehende Untersuchung ergeben.

Kieselsäure (SiO_3H_2) ist in geringen Mengen unschädlich. Kommt sie in größeren Mengen als 15 lmg vor, so ist derartiges Wasser für Dampfkessel nicht zu benutzen, während seine anderweitige Verwendung weniger Bedenken erregen.

Phosphorsäure ist dagegen äußerst schädlich. Schon die geringsten Spuren weisen auf organische Abfallstoffe hin, weshalb derartiges Wasser nicht zu verwenden ist.

Der Gehalt an organischen Bestandteilen ist sorgfältigst festzustellen und gibt einen Anhalt über den Grad der Verunreinigung des Wassers. Es können hier schädliche und unschädliche Bestandteile (z. B. Blätter, Pflanzenteile usw.) in Frage kommen. Durch Ausglühen des Rückstandes einer eingedampften Wasserprobe verbrennen die organischen Bestandteile und treten als »Glühverlust« und »Glührückstand« auf.

Bakterien finden sich, wie überall, auch im Wasser und sind in geringen Mengen durchaus unschädlich. Es können aber auch Krankheitsbakterien, wie z. B. Cholera, Ruhr, Typhus usw., in Frage kommen. Die genaue Untersuchung ist Sache des Chemikers, der über die Schädlichkeit des Wassers für die beabsichtigten Verwendungszwecke zu entscheiden hat.

7. Bedeutung geologischer Untersuchungen.

In den Fällen, wo die Schichtenfolge des Bodens genau bekannt ist, entfallen alle Zweifel und umfangreichen Versuchsbohrungen. Das dürfte aber nur selten der Fall sein. Meistens wechselt der Untergrund, besonders der tiefere, schon auf kurze Entfernungen. Keine Vorstellung aber wäre verfehlt, als die Tiefe nach der Oberfläche beurteilen zu wollen. Unter

einem See können sehr wohl wasserlose Bodenschichten liegen, d. h. solche, aus denen sich kein Wasser gewinnen läßt, und umgekehrt, unter steilem Felsgeklüfte können quellreiche Adern liegen. Das ist sogar die Regel; denn die meisten natürlichen Quellen sind ja nur zufällig angeschnittene Wasserschichten. Ein See oder Fluß, der nicht auf einer undurchlässigen Schicht von Ton oder Gestein ruht, würde allmählich versickern. Das ist beachtenswert für die vielen kleinen Seebecken oder Tümpel des norddeutschen Tieflandes.

Wenn die Unterlagen der Geologie, die den Aufbau der Erdrinde aus unterschiedlich entstandenen und eng miteinander verbundenen Stoffen betreffen, völlig bekannt wären, so daß die Wissenschaft an jeder Stelle den Verlauf der Schichten und ihre Eigenschaften ohne weiteres genau angeben könnte, so brauchte man nur ihren Rat einzuholen. Jedoch ist dies nur vereinzelt der Fall, meistens wird umgekehrt jede neue Tiefbohrung eine Bereicherung unserer feldgeologischen Kenntnisse bringen, die sich ja nur aus sorgfältig angestellten und scharfsinnig gedeuteten Erfahrungen aufbauen, also nichts voraussetzen, sondern nur das Errungene sichten und daraus Schlüsse ziehen.

Es ist im allgemeinen nicht anzunehmen, daß bei Untersuchungen, die zunächst rein geologischen Zwecken dienen, der Verlauf wasserführender Schichten im einzelnen festgestellt wird. Selbst bei Bohrungen auf Erz oder Kohle wird das Vorhandensein von Wasser wohl nur dann vermerkt, wenn sein Andrang unbequem oder direkt hinderlich wirkt. Es wäre aber wesentlich, bei sämtlichen Tiefbohrungen, welchen Zwecken sie auch dienen sollen, das Vorhandensein von Wasser in bezug auf Wasserstand, Mächtigkeit, Temperatur und sonstige Eigenschaften genau festzulegen.

8. Ausführung von Tiefbohrungen.

Die Bodenerforschung spielt für Grundwasserabsenkungen keine geringere Rolle als für Wassergewinnungen, Schacht-
abteufungen, Gründungen usw. Daher ist von größter Wichtig-

keit das Bohrinstrument, das weiteren Aufschluß über die Schichtenfolgen des Erdinnern geben soll.

Für Bohrungen in Ton, Lehm usw., die sich einfach gestalten, wird sich ein anderes Bohrwerkzeug als notwendig erweisen, wie für Mutterboden, Kies usw. Für letztere Zwecke gelangen hauptsächlich die zylinderförmigen, am unteren Ende mit einer Ventilklappe versehenen »Stauchbohrer« zur Anwendung, während für Ton, Lehm usw. die spiralförmig ausgestalteten »Spiralbohrer« am Platze sind. Es ist nun zu unterscheiden, ob es sich um Bohrungen im trockenen Gelände oder im Grundwasser handelt.

Bei der Wahl des jeweilig passenden Bohrgerätes muß man sich genau vergegenwärtigen, wie tief gebohrt werden soll, welcher Durchmesser am untersten Ende des Bohrloches gefordert wird, welchem Zwecke die Bohrungen dient und welche Bodenschichten voraussichtlich zu durchteufen sind.

Es sind sieben eigentliche Bohrverfahren zu unterscheiden:

1. Trockendrehbohrung,
2. Trockenstoßbohrung,
3. Trockenfreifallbohrung,
4. Wasserspüldrehbohrung,
5. Wasserspülstoßbohrung,
6. Wasserspülfreifallbohrung,
7. Kern- oder Rotationsbohrung.

Über die hauptsächlichsten Verwendungsgebiete dieser einzelnen Bohrverfahren sei folgendes gesagt:

Für Untersuchungen des Bodens und Erschließung von Wasser in geringerer Tiefe in weichen Erdschichten, wie z. B. Lehm, Ton, Moor, Sand, Kies usw., wählt man die Trockendrehbohrmethode. Bei Vorhandensein von Kies ist darauf zu achten, daß der Durchmesser der Bohrung desto größer gewählt werden muß, je größere Steine zu erwarten sind.

Bei weicherem Gestein, wie z. B. Schiefer, ist das Trockenstoßbohrverfahren am Platze. Bei Felsbohrungen für Tiefen bis zu 25 m wird ebenfalls diese Methode angewandt. Sehr oft greift man auch zu einem zusammengesetzten Ver-



Abb. 4.
Erd-
bohrer.

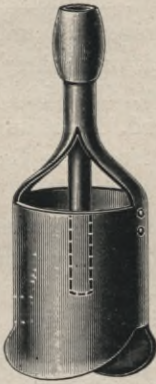


Abb. 5.
Zylinder-Erd-
bohrer.



Abb. 6.
Staubohrer
mit
Kugelventil
(Ansicht).



Abb. 7.
Staubohrer
mit
Kugelventil
(Schnitt).

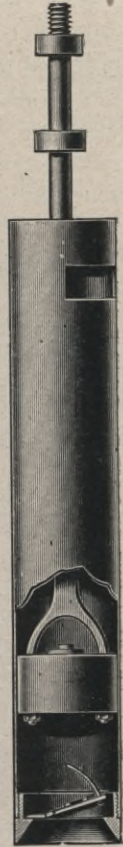


Abb. 8.
Staub-
bohrer
(Kiespumpe).



Abb. 9.
Spiral-
bohrer
(Krätzer)

fahren, das die beiden angegebenen Arten vereinigt, wie man überhaupt alle Bohrmethoden durcheinander ohne weiteres anwenden kann.

Die Trockenfreifallbohrung kommt für Bohrzwecke in allen Felsarten und für alle Tiefen zur Anwendung.

Die Wasserspüldreh- und stoßbohrung wird meistens zusammen angewandt und eignet sich in erster Linie für den Brunnenbau bei Vorhandensein weicher und harter Schichten. Das zur Spülung erforderliche Wasser muß an der Baustelle vorhanden sein oder aber leicht beschafft werden können.

Die Wasserspülfreifallbohrung eignet sich für Felsbohrungen aller Art bis zu den größten Tiefen.

Die Kern- oder Rotationsbohrmethode ist dort am Platze, wo es sich darum handelt, genaue Aufschlüsse über Felsen, Mineralien, Salze usw. zu erzielen. Die durchteuften Schichten werden bei dieser Methode in ihrer Reihenfolge und Urwüchsigkeit an die Oberfläche gebracht. Die Ausführung der Kernbohrung erfolgt stets mit Wasserspülung.

Im allgemeinen ist der Bohrfortschritt bei Anwendung von Wasserspülung größer als bei der Trockenbohrung. Die Beschaffenheit des Spülwassers ist jedoch oft mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Bei Bohrungen von geringer Tiefe lohnt es sich auch nicht, das Spülverfahren anzuwenden, da die Montage ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt.

Bohrlöcher unter 100 m werden wohl meistens mit Handbetrieb ausgeführt. Für größere Tiefen wird sich der Kraftbetrieb bedeutend rentabler gestalten.

Die Abb. 4 bis 9 zeigen einige der wichtigsten Bohrwerkzeuge, hergestellt von der Firma Hannoversche Erdbohrerfabrik Hermann Meyer.

In nachfolgender Zusammenstellung sind einige der tiefsten Bohrlöcher der Erde angegeben.

Zusammenstellung der tiefsten Bohrlöcher.

Paruschowitz (Kreis Rybnik) in Oberschl.	2003,34 m
Schladebach bei Leipzig	1748,00 m
Merseburg bei Magdeburg	1295,00 m
Sperenberg bei Berlin	1271,00 m
Adalbert-Schacht i. Pribramer Bergwerk i. B.	1115,00 m

9. Entnahme von Probewasser zwecks Untersuchungen.

Der Wert einer Untersuchung hängt wesentlich von der Art der Probeentnahme ab. Eingehende Untersuchungen des Wassers vorzunehmen, ist Sache des Chemikers; der Ingenieur muß aber diejenigen Grundlagen kennen, die bei der Entnahme und auch nur oberflächlichen Untersuchung zu beachten sind.

Zur Aufnahme des zu untersuchenden Wassers benutzt man weiße Glasflaschen von etwa zwei Liter Inhalt. Es sind jedesmal mindestens zwei Flaschen des Wassers zu entnehmen. Vor dem eigentlichen Füllen werden die Flaschen mit dem Probewasser gründlich gespült. Bei der Füllung muß unterschieden werden, woher das Wasser stammt, ob es aus einer Quelle, und zwar aus einer ungefaßten oder gefaßten, ob es aus Flüssen, Teichen, Tümpeln, Tiefbrunnen, aus einer Wasserleitung, einen Abzugsgraben oder ähnlichem.

Soll das Wasser einer gefaßten Quelle entnommen werden, so muß es aus dem Quellschacht selbst nach vorheriger Reinigung desselben geschöpft werden. Ungefaßte Quellen werden mindestens 24 Stunden vor der geplanten Untersuchung gut gereinigt und derart hergerichtet, daß man das Wasser möglichst nahe dem Ursprungsort entnehmen kann. Dabei muß darauf geachtet werden, daß keinerlei Verunreinigungen, wie Erde, Sand, Schlamm oder Pflanzen in die Flasche dringen.

Ferner muß darauf gesehen werden, daß die Entnahme nicht zu dicht an der Oberfläche, sondern möglichst in der Mitte stattfindet, damit die Flasche nicht mit dem Oberflächenwasser gefüllt wird. Zu diesem Zwecke wird sie zunächst mit einem Glasstöpsel verschlossen und mit einem schweren Gegenstand (Stein) belastet, der sie in die Tiefe zieht. Wenn die gewünschte Tiefe erreicht ist, wird mittels einer vorher an dem Spöpsel befestigten Schnur dieser entfernt und die gefüllte Flasche aus der Tiefe gezogen. Offene Kübel zur Wasserentnahme zu verwenden, aus denen das Wasser dann in die Flaschen gegossen wird, ist zu verwerfen.

Die Probeentnahme muß so oft wiederholt werden, bis das Wasser hell und klar ist. Bei Wasserleitungen läßt man das Wasser erst einige Zeit ablaufen, um sicher zu sein, daß das im oberen Teil des Rohres stehende Wasser entfernt ist.

Sofort nach dem Füllen werden die Flaschen gut verschlossen, versiegelt und mit einer Aufschrift versehen, die enthalten muß:

1. Genaue Bezeichnung der Entnahmestelle (ob Wasserleitung, Brunnen, gefaßte oder ungefaßte Quelle, Teich, Tümpel oder Graben usw.),

2. die Bodenbeschaffenheit in der Umgebung der Entnahmestelle, ob Kies, Sand, Lehm od. dgl.,

3. den Wärmegrad des Wassers bei der Füllung mit Angaben, ob in C oder R gemessen,

4. ob sich in der Nähe der Entnahmestellen Fabriken oder sonstige Gebäude, Dünger- oder Abortgruben befinden,

5. Namen der die Flasche füllenden Person,

6. Entnahmetag und -stunde.

10. Untersuchung des Grundwassers.

Die Grundwasseruntersuchung an Ort und Stelle erstreckt sich hauptsächlich auf Bestimmung des Härtegrades und des Eisengehaltes. Hartes Wasser ist für viele Zwecke nicht verwendbar, wie z. B. zum Kochen, Waschen usw. Seife löst sich in hartem Wasser bedeutend schwerer als in weichem Wasser. Die Härte kann durch verschiedene Mittel herabgesetzt werden, deren Erörterung jedoch nicht in den Rahmen des vorliegenden Werkes fällt.

Eisengehalt des Wassers wird durch Lüftung und Filtration ausgeschieden. Sehr schwer sind Manganverbindungen zu neutralisieren. Vorkommender Schwefelwasserstoff wird durch Lüftung entfernt.

Enthält das Wasser größere Mengen von sich leicht zersetzenden organischen Stoffen, so ist der leichten Zersetzbarkeit dieser wegen die Untersuchung sofort vorzunehmen. Sollte dies nicht möglich sein, so ist das Probewasser kühl und dunkel — am besten auf Eis verpackt — aufzu-

bewahren. Wenn die Untersuchung erst längere Zeit nach der Probeentnahme möglich ist, so muß zu einer Konservierung des Wassers geschritten werden. Als Konservierungsmittel werden Chloroform oder verdünnte Schwefelsäure benutzt. Chloroform wird demjenigen unfiltrirten Wasser beigemischt, das zur Bestimmung der Salpetersäure, der salpetrigen Säure, des Chlors, des Glühverlustes, des Abdampfrückstandes und der Schwebestoffe dienen soll. Von beiden Konservierungsmitteln benutzt man 2 ccm für 1 Liter Wasser.

Von Wichtigkeit ist die genaue Bestimmung der Temperatur des Wassers, da dadurch mitunter auf seine Herkunft geschlossen werden kann. Hierzu wird ein empfindliches, in halbe Grade geteiltes Thermometer benutzt, das so lange im Wasser bleiben muß, bis es stetig dieselben Wärmegrade zeigt. Das Ablesen des Wärmegrades hat zu geschehen, so lange sich das Thermometer noch im Wasser befindet. Zweckmäßig ist es, die Temperatur an verschiedenen Stellen und Tiefen festzustellen. Bei Wasserleitungen, Pumpen usw. wird die Temperatur erst nach längerem Pumpen gemessen, um sicher zu sein, daß sie keinen Schwankungen mehr unterliegt.

Wichtig ist auch die Untersuchung des Wassers auf Trübung. Zu diesem Zwecke wird das Wasser in einen Glaszylinder von etwa 30 mm lichter Weite und 40 bis 50 cm Höhe gegossen und geprüft, ob und bei welcher Verdünnung des Wassers die gewöhnliche Zeitungsdruckschrift durch das Wasser noch zu lesen ist. Hierbei muß in der Längsachse des Zylinders durchgeschaut werden. Ist letzteres ohne weiteres möglich, so kann das Wasser als klar bezeichnet werden. Aus der Stärke der notwendigen Verdünnung ergibt sich der Grad der Trübung.

Um das Wasser auf seinen Geruch zu prüfen, wird es kräftig durchgeschüttelt. Oft ist eine Erwärmung auf etwa 50° notwendig.

Wichtig ist auch die Untersuchung, ob das Wasser zersetzbare Stoffe enthält. Dieser Nachweis muß an Ort und Stelle geführt werden und erstreckt sich auf das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetriger Säure, freiem Chlor und Kohlensäure. Diese Bestandteile sind selbstredend nicht immer zugleich vorhanden.

Zur Untersuchung auf Schwefelwasserstoff wird eine Flasche von $\frac{1}{2}$ bis 1 Liter Inhalt mit dem Probewasser gefüllt. Zwischen Flasche und Kork legt man ein mit verdünntem Bleiessig getränktes Stück Papier. Bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff erhält das Papier nach einiger Zeit einen bräunlichen Ton durch die Bildung von Schwefelblei.

Der Nachweis von Ammoniak wird durch Nessler's Reagens geführt. Nach Zusatz von einigen Tropfen dieser Flüssigkeit erhält das Wasser, wenn es Ammoniak enthält, eine gelbliche bis braunrote Färbung durch Bildung von Ammoniumquecksilberoxyjodid.

Freies Chlor wird durch Zusatz von Jodkaliumstärkekleister erkannt.

Die Untersuchung auf Kohlensäure wird durch Kalk vorgenommen.

Es gehört vor allen Dingen zur Erzielung eines einwandfreien Ergebnisses die Beobachtung peinlichster Sorgfalt bei der Entnahme des Probewassers. Da das Ergebnis der Untersuchung von einschneidender Bedeutung sein kann, so kann nicht genug auf die Wichtigkeit der Probenentnahme hingewiesen werden.

Die Wasseruntersuchung ist ja nur dort erforderlich, wo eine bestimmte Verwendung des Grundwassers für Gebrauchszwecke in Frage kommt. Bei Grundwassersenkungsanlagen für Bauzwecke, die ja nur eine vorübergehende Bedeutung haben, werden solche Untersuchungen in der Regel wegfallen.

Abschnitt II.

Das Absenkungsverfahren.

1. Geschichtliches.

Das Verfahren, mittels Absenkung des Grundwasserspiegels trockene Baugruben zu erzielen, ist verhältnismäßig neu. Die ersten Hinweise auf diese Bauweise finden sich Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Vorher begnügte man sich mit dem bloßen Auspumpen des Oberflächenwassers und der von Spundwänden umgebenen Baugrube. Im allgemeinen genügte auch bei nicht zu hohem Grundwasserspiegel dieses Verfahren, da eigentliche Tiefgründungen nur selten vorkamen. Erst die in der Neuzeit erfolgten umfangreichen Gründungsarbeiten, Untergrundbahnen, Tunnel, Tiefkeller usw. fordern eine entsprechend tiefe und dabei vollständig trockene Baugrube. Diese war aber durch das bisherige einfache Verfahren des Auspumpens nicht erreichbar. Durch die Vervollkommnung des Absenkungsverfahrens ist es jedoch, wie bereits eingangs ausgeführt, möglich, selbst die tiefsten Baugruben dauernd trocken zu halten.

Beim Bau des Hauptsammelbrunnens für das Wasserwerk der Stadt Leipzig wurde der Grundwasserspiegel zum ersten Male durch A. Thiem abgesenkt. Der Hauptsammelbrunnen hatte einen äußeren Durchmesser von rd. 5 m; es wurden 6 Rohrbrunnen niedergebracht, die rd. 4,5 m von der Mitte des Sammelbrunnens entfernt waren. Der Antrieb erfolgte mittels einer Kreiselpumpe. Anfang der neunziger Jahre wurde das Grundwasser beim Bau des Charlottenburger Wasserwerkes am Wannsee abgesenkt.

Im allgemeinen gelangte das Verfahren zuerst beim Bau von Wasserversorgungsanlagen zur Anwendung, später auch beim Verlegen von Entwässerungsleitungen.

Der wirtschaftliche Vorteil gegenüber der Verwendung von Spundwänden trat hierbei immer mehr zutage, so daß das Absenkungsverfahren immer mehr in Aufnahme kam; so im Jahre 1897 von der Stadt Charlottenburg bei umfangreichen Kanalisationsarbeiten, ferner beim Bau der Budapester Untergrundbahn durch die Firma Siemens & Halske mit sehr günstigen Ergebnissen; sodann beim Bau der Berliner Untergrundbahn. Auch beim Bau der großen Schleusenanlagen des Kaiser-Wilhelm-Kanals (Nord-Ostsee-Kanals) wurde der Grundwasserspiegel und zwar bis zu 22 m tief abgesenkt.

Ohne Zweifel wird man bei weiterer Vervollkommnung dieses Sonderverfahrens imstande sein, noch größere Absenkungstiefen zu erreichen. Ohne Kenntnis dieses Verfahrens wären zahlreiche Bauwerke mit ihren umfangreichen Anlagen in der Erde kaum ausführbar gewesen.

Bei der im Jahre 1900 in Angriff genommenen Bauausführung der 3 bis 4 m in das Grundwasser des Berliner Schwimmsandes eintauchenden Untergrundbahntunnels sah sich die ausführende Firma Siemens & Halske vor folgende Aufgaben gestellt:

1. senkrechte Baugrubenwände mit möglichst wenig Querversteifungen herzustellen,
2. eine von Grundwasser freie Baugrube zum Einbau des Tunnels selbst zu schaffen,
3. den Tunnel dauernd und vollkommen vor dem Einsickern des Grundwassers in das Tunnelinnere zu schützen.

Als Siemens & Halske im Jahre 1891 ihre Entwürfe für ein Netz von Hoch- und Untergrundbahnen den Aufsichtsbehörden zur Genehmigung vorlegten, fehlte es nicht an Stimmen, die es bezweifelten, ob man im Schwimmsande Berlins mit seinem hohen Grundwasserstand einen Tunnel ausführen könne.

Für die Frage der dauernden Fernhaltung des Grundwassers vom Tunnelinnern brachte die Firma ihre beim Bau

der Budapester Untergrundbahn gesammelten Erfahrungen mit. Die dort angewendete Art der Dichtung mittels mehrerer durch mineralisches Bitumen aufeinandergeklebter Lagen von Pappe, durch die zugleich eine elektrische Isolierung des Tunnels erreicht wird, wurde auch für den erheblich tiefer in Grundwasser eintauchenden Berliner Tunnel beibehalten.

Die verhältnismäßig geringen Straßenbreiten forderten senkrechte Baugrubenwände, da ein Ausschachten mit Bö-



Abb. 10. Eingeschalte und abgesteifte Baugrubenwände eines Untergrundbahntunnels.

Ausgeführt durch Siemens & Halske, Akt.-Ges.

schungen nicht zulässig war. Die Tunneldichtung erforderte ferner eine von Querversteifungen möglichst freie Baugrube. Die bei den zuerst in Angriff genommenen Tunnelstrecken in der Tauentzien- und Kleiststraße gewählte Art der Baugrubeneinfassung mittels eingerammter Holzspundwände mit ihren heftigen Rammerschütterungen beschädigte die benachbarten Straßenbahnkörper und belästigte die Anwohner. Es wurden deshalb schon bei der Nachbartunnelstrecke in der

Nähe der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche auf dem Auguste Viktoria-Platz in Charlottenburg in gewissen Abständen eiserne I-Träger eingerammt, zwischen deren Vorderflanschen Holzbohlen wagerecht eingespannt wurden, die man nur einmal, höchstens zweimal, abzusteifen brauchte. Diese Absteifungsart ist seitdem bei den Berliner und auch bei den Hamburger Tunnelbauausführungen beibehalten worden; sie ist in neuerer Zeit dadurch noch verbessert worden, daß die Holzbohlen in eine derartige Verbindung mit den I-Trägern gebracht werden, daß letztere nach beendigtem Tunnelbau durch Ausziehen wieder gewonnen werden können, wodurch in einem Falle eine Ersparnis an Tunnelbaukosten von rd. M. 35000 für den km Bahn erzielt worden ist.

Für die Herstellung der Tunnelbaugrube konnte die naheliegende Ausführungsart der Beseitigung des Bodens durch Naßbaggern zwischen Spundwänden, Schütten einer Betonsole unter Wasser und Leerpumpen des auf diese Weise in der Baugrube abgesperrten Grundwassers schon wegen der langen Spundwände und der mit ihrem Einrammen verbundenen Belästigungen und Schäden, dann aber auch wegen der hohen Kosten, nicht in Frage kommen. Man wandte sich deshalb einem Verfahren zu, das der Versorgung der Städte mit Grundwasser entlehnt ist. Es besteht darin, daß aus einer Reihe außerhalb oder innerhalb der Baugrube gebohrter Rohrbrunnen durch Maschinenkraft Wasser aus dem Boden gesaugt wird, wodurch der Grundwasserspiegel je nach der Beschaffenheit des Untergrundes mehr oder weniger schnell sinkt.

Die Trockenlegung der Baugrube erfolgt also noch, bevor die Erdausschachtung bis zum natürlichen Grundwasserspiegel, fortgeschritten ist. Da die bisherigen Erfahrungen über die Verwendbarkeit des Verfahrens in der Nähe bewohnter Häuser, namentlich über die Sicherheit des Betriebes beim Versagen der Anlagen wegen Überschwemmung der Baugrube nicht ausreichend waren, entschloß man sich zu Versuchen, die im Jahre 1898 in der Nähe des Nollendorfplatzes in Berlin mit 7 Filterbrunnen und mit einem von einer Dampflokobile angetriebenen Kreisel zur Ausführung kamen; die erzielte

Absenkungstiefe des Grundwassers betrug dort 3 m. Diese Versuche ergaben die Ausführbarkeit und Zweckdienlichkeit des Verfahrens.

Die Überlegenheit dieser Wasserhaltungsbauweise gründet sich auf die mit dem offenen Tagebau verbundenen Vorteile der besseren Übersichtlichkeit und Überwachungsmöglichkeit der Baustelle, der Verwendbarkeit von Stampfbeton an Stelle von Schüttbodyen, der völligen Erkennbarkeit der Bodenbeschaffenheit, sowie der Möglichkeit der sicheren Abdichtung des Bauwerkes. Gegenüber dem Preßluftverfahren hat die Bauweise den Vorzug der Billigkeit, der leichteren Verwendbarkeit auch bei ausgedehnten Baustellen und des Wegfalls einer Gefährdung der Gesundheit der Arbeiter, ferner den Vorteil der Verwendbarkeit der gleichen Arbeiter und der gleichen Maschinenausrüstung für die Erdarbeiten über und unter dem natürlichen Grundwasserspiegel und endlich den Vorzug einer Verminderung der Unterbruchsdauer der über und unter dem natürlichen Grundwasserspiegel auszuführenden Erdarbeiten. Für Arbeiten in der Nähe bewohnter Häuser ist der Wegfall von Rammgeräuschen und Rammerschüttungen wichtig, die häufig Rohrbrüche, Häuserrisse, Zerstörungen von Straßenbahnkörpern und Straßenbefestigungen im Gefolge haben. Diese Vorzüge der Grundwasserspiegelsenkung ließen es erwünscht erscheinen, die für Flachgründungen vorteilhafte Bauweise auch auf Tiefgründungen zu übertragen, und so sind in den letzten Jahren einige Grundwasserspiegelsenkungen in größerer Tiefe zur Ausführung gelangt.

Gründungstiefen von 22 m unter dem Grundwasserspiegel sind Tiefen, die bei der bisher üblichen Pfahlgründung, Brunnengründung und Luftdruckgründung an der Grenze des Erreichbaren liegen und nur etwa durch das Gefrierverfahren überschritten werden können. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß bei weiterer Vervollkommnung des Wasserhaltungsverfahrens noch Gründungstiefen von 30 bis 40 m und noch mehr erreicht werden können; damit wäre das Wasserhaltungsverfahren im Begriff, die bisher bei Tiefgründungen üblichen Bauweisen zu verdrängen.

2. Die Berechnung von Grundwasserströmen bei Absenkungsanlagen.

Die im Erdboden befindlichen Grundwasserströme bewegen sich nach anderen Gesetzen als das Wasser an der Erdoberfläche. Zahlreiche Versuche haben bewiesen, daß die Geschwindigkeit der Bewegung des Grundwassers in Sand- und Kieschichten (also durchlässigen Schichten) im Verhältnis zur Druckhöhe »H« steht, während sie bei offenen Wasserläufen bekanntlich nur der \sqrt{H} entspricht. Man stellt also für die Bewegung der Grundwasserströme die Formel auf:

$$V = K \cdot \frac{H}{L}$$

wobei bedeuteten: V = Geschwindigkeit des in Bewegung befindlichen Grundwassers in Sekundenmeter (sm), H = Druckhöhe oder Wasserspiegelunterschied in Meter, L = die der Druckhöhe H entsprechende Entfernung in Meter und K = einen Erfahrungsbeiwert.

Über die Größe dieser in untenstehenden Formeln mehrmals erscheinenden Erfahrungsbeiwerte K und K_1 lassen sich allgemeine Angaben nicht machen; es sind eben lediglich, wie schon aus dem Namen hervorgeht, Erfahrungswerte. Am sichersten werden sie von Fall zu Fall durch besondere Versuche bestimmt. Den Beiwert K ermittelt man aus den Strömungsbeobachtungen zwischen zwei Bohrlöchern, während man den Beiwert K_1 aus den Bohrproben erhält. So ist bei den Vorarbeiten zur Mannheimer Wasserversorgung K mit 0,026 bis 0,019 und K_1 mit 0,09 ermittelt worden.

Durch das verschiedene Verhalten der Bewegung des Wassers im Schwemgebiete der Flüsse werden eine Reihe weiterer Eigenarten bedingt, von denen die drei wichtigsten folgende Fälle betreffen:

1. Absenkung des Grundwassers durch einen Längskanal (Drainage oder Stollen),
2. Absenkung des Grundwassers durch einen Brunnen, aus dem das Wasser mittels Pumpen befördert wird,
3. Absenkung durch einen artesischen Brunnen.

Die unter 2) angegebene Absenkung des Grundwassers durch einen Brunnen, aus dem das Wasser mittels Pumpen entfernt wird, kommt für vorliegende Fälle in erster Linie in Anwendung. Die beiden anderen Fälle dürften u. a. ebenfalls von Wert sein und sind aus diesem Grunde hier mit erwähnt worden.

Zur Vereinfachung der Rechnung ist in allen Fällen eine wagerechte Lage der undurchlässigen Bodenschichten angenommen sowie vorausgesetzt worden, daß der Grundwasserträger von gleicher Beschaffenheit ist, also überall dem Wasser bei gleicher Geschwindigkeit gleichen Widerstand bietet. Allerdings treffen diese beiden Voraussetzungen meistens nicht zu; daher bieten die gefundenen Ergebnisse lediglich Näherungswerte. Für kleinere Anlagen dürften sie genügen, während bei größeren Anlagen die Hilfe der Erfahrung in Anspruch genommen werden muß.

Durch den Längskanal wird der ursprünglich wagerechte Grundwasserspiegel gesenkt, so daß der Wasserspiegel gegen den Kanal nicht mehr eine Ebene ist, sondern eine gekrümmte Fläche darstellt, die sogenannte Absenkungskurve. Die Strömungsgeschwindigkeit ist laut obiger Formel $V = K \cdot \frac{H}{L}$, ändert sich also dem Gefälle $\frac{H}{L}$ entsprechend. Das Verhältnis $\frac{H}{L}$ d. i. das Gefälle, war an allen Stellen, solange der Wasserspiegel eine geneigte Ebene darstellte, gleich. Da der Wasserspiegel nunmehr eine gekrümmte Ebene darstellt, ist das Gefälle nicht mehr gleich groß, sondern wächst gegen den Kanal zu. Das in einem Punkte der Absenkungsfläche vorhandene Gefälle ist durch die Neigung der Tangente der Absenkungskurve darzustellen.

Es ist nun nach den Regeln der Infinitesimalrechnung:

$$Vx = K \cdot \frac{dy}{dx}$$

Angenommen, die Länge des Abzugskanals sei c , so erhält man für das zuströmende Wasser bei A eine Durchflußfläche F von

$$F = 2xy \cdot c \cdot K_1$$

K_1 bedeutet hier den Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserträgers. Die Gesamtgrundwassermenge, die durch den Kanal abfließt, erhält man als Produkt aus Durchflußfläche und Durchflußgeschwindigkeit. Mithin

$$Q = F \cdot V = 2xy \cdot c K_1 \cdot K \cdot \frac{dy}{dx},$$

oder

$$Q \cdot dx = 2c \cdot K \cdot K_1 \cdot y \cdot dy.$$

Integriert auf beiden Seiten erhält man

$$Q \cdot x = c \cdot K \cdot K_1 \cdot y^2 + \text{Konstante.}$$

Um die Konstante aus der Integration bestimmen zu können, muß für

$$x = 0 \quad y = H$$

werden. Also ist:

$$0 = c \cdot K \cdot K_1 \cdot H^2 + C$$

oder:

$$C = c \cdot K \cdot K_1 \cdot H^2.$$

Eingesetzt in obige Gleichung für C erhält man:

$$Q \cdot x = c \cdot K \cdot K_1 \cdot (y^2 - H^2)$$

oder:

$$Q = \frac{c \cdot K \cdot K_1 \cdot (y^2 - H^2)}{x}.$$

Wenn man in obige Gleichung für $y = z$, das ist die Entfernung von der Sohle des Abzugskanals bis Oberkante natürlichen Grundwasserspiegel, einsetzt, so erhält man, vorausgesetzt, daß Q und H gemessen sind, für x einen Wert, der der Größe der Einflußweite des Kanals entspricht. Wichtig kann diese Berechnung zur Anlage von Sammelanlagen bei Flußläufen usw. werden, wenn es sich darum handelt, die Entfernung der Kanäle vom Flußufer zu ermitteln, die zur Vermeidung des Eindringens von Flußwasser in die Sammelanlage notwendig ist. Auch kann letzte Formel zum überschlägigen Ergiebigkeitsnachweis benutzt werden, indem H angenommen und $x = R$ geschätzt wird.

Hier sei angegeben, daß die Größe von R , d. i. der Halbmesser des Absenkungstrichters, bei Brunnen der Berliner Wasserwerke in ziemlich feinem Sande 220 bis 370 m betrug.

In Darmstadt wurde bei einer Spiegelabsenkung von 2 bis 3 m der Durchmesser des Absenkungstrichters zu 250 m festgestellt.

Die Absenkungskurve ist theoretisch eine Parabel, die man durch Auflösung der letzten Gleichung nach y^2 erhält, nämlich

$$y^2 = \frac{Q \cdot x}{K \cdot K_1 \cdot c} + H^2.$$

Bei dem zweiten Fall, der Absenkung des Grundwasserspiegels durch einen Brunnen, ist angenommen, daß die undurchlässige Schicht wagerecht verläuft und der Brunnen bis zu dieser Schicht herunterreicht. Es ist also zunächst:

$$Vx = K \cdot \frac{dy}{dx} \text{ und } Fx = K_1 \cdot 2 \pi \cdot x \cdot y,$$

mithin

$$Q = Vx \cdot Fx = K \cdot K_1 \cdot 2 \pi \cdot xy \cdot \frac{dy}{dx}$$

oder

$$Q \frac{dx}{x} = 2 \pi \cdot K \cdot K_1 \cdot y dy.$$

Integriert auf beiden Seiten erhält man:

$$Q \cdot \lg x = 2 \pi \cdot K \cdot K_1 \cdot \frac{y^2}{2} + \text{Konstante.}$$

Die Konstante muß aus der Integration, wie vorher, für $x = oy = H$ sein. Es ist also:

$$C = F \cdot \lg \cdot o - 2 \pi \cdot K \cdot K_1 \cdot \frac{H^2}{2}.$$

Dies in vorige Gleichung eingesetzt, ergibt:

$$Q \cdot \lg x = \pi \cdot K \cdot K_1 \cdot y^2 + Q \cdot \lg \cdot o - \pi \cdot K \cdot K_1 H^2,$$

oder

$$Q (\lg y - \lg o) = \pi \cdot K \cdot K_1 (y^2 - H^2),$$

oder

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot K_1 (y^2 - H^2)}{\lg \frac{x}{o}}.$$

Wenn für y wieder Z eingesetzt und $x = R$ geschätzt wird, so erhält man für die Brunnenergiebigkeit bei einer Absenkung von $Z-H$

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot K_1 (Z^2 - H^2)}{\lg \frac{n}{o}}$$

Aus vorstehender Formel ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Zunahme von Q mit zunehmendem Brunnendurchmesser o nur wenig wächst, dagegen der Stärke des Grundwasserträgers großer Einfluß zukommt.

In den artesischen Brunnen befinden sich der Grundwasserspiegel, wie ja bekannt, unter Druck. Die Formel für die Zuflußgeschwindigkeit ist auch hier:

$$Vx = K \cdot \frac{dy}{dx}$$

Bei den artesischen Brunnen haben wir dagegen eine bleibende Zuflußhöhe c , so daß $Fx = K_1 \cdot 2x\pi \cdot c$ ist. Also ist:

$$Q = Fx \cdot Vx = K \cdot K_1 \cdot 2x\pi \cdot c \cdot \frac{dy}{dx}$$

oder

$$dy = \frac{Q}{2\pi \cdot c \cdot K \cdot K_1} \cdot \frac{dx}{x}$$

Die Konstante aus der Integration bestimmt man wieder aus der Bedingung, daß für $x = oy = H$ sein muß. Es ergibt also:

$$Q = \frac{2\pi \cdot c \cdot K \cdot K_1 (y - H)}{\lg \frac{x}{o}}$$

Wie aus obiger Gleichung klar ersichtlich, ist bei artesischen Brunnen die Wassermenge der Absenkung im Brunnen proportional.

Sind auch die angeführten Formeln nur in der Lage, angenäherte Werte zu ergeben, so kann man doch andernteils mit ihnen gewisse Anhaltspunkte für die Ergiebigkeiten von Grundwasserströmen ableiten und ist somit in der Lage, die Anzahl Rohrbrunnen zu bestimmen, die erforderlich ist, um das Grundwasser um das für die Bauausführung notwendige Maß zu senken. Aber bei der Unsicherheit der Gesetze der Grundwasserströmung kommt man sicherer durch Versuche, als durch Rechnungen zum Ziele.

3. Die Ausführung des Grundwasserabsenkungsverfahrens.

Das Absenkungsverfahren erfolgt mittels Einzel- oder Reihenbrunnen.

Bei der Absenkung mittels Einzelbrunnen liegt der tiefste Punkt des Grundwasserspiegels in der Brunnenachse.

Die Richtung und Geschwindigkeit des umliegenden Grundwassers wird durch Probebohrungen festgestellt. Vor Beginn des Pumpens ist der Grundwasserspiegel annähernd wagrecht. Die Beschaffenheit der wasserführenden Schicht ist von großem Einfluß auf die Ergiebigkeit des Brunnens.

Um die Veränderungen des Grundwasserspiegels zu beobachten werden die Rohrbrunnen kreuzweise zueinander

niedergebracht. Bei Beginn des Pumpens tritt sofort ein Sinken des Grundwasserspiegels ein, das zuerst im mittleren Brunnen (I) sich bemerkbar macht und von dort

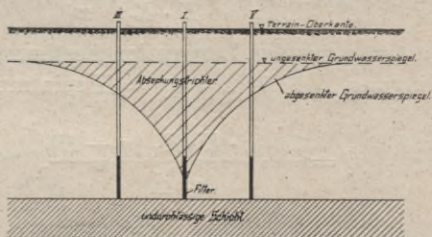


Abb. 11. Darstellung des Absenkungstrichters.

nach den anderen Brunnen (II—V) sich fortpflanzt. Bei stetem Fortschreiten der Wasserförderung wird der Wasserspiegel immer tiefer sinken und die zuerst geförderte Wassermenge wird abnehmen, bis nach einiger Zeit der Beharrungszustand eintritt, bei welchem das Wasser im mittelsten Brunnen (I) am tiefsten steht und nach den anderen Brunnen (II—V) allmählich ansteigt. Der sich ergebende Querschnitt ist der »Absenkungstrichter« (Abb. 11). Die Wassermenge bleibt nun nach Erreichung des Beharrungszustandes, wenn es sich um

einen Grundwasserstrom mit dauerndem Zufluß und um keinen abgeschlossenen Grundwassertümpel handelt, gleich groß. Auch der Wasserspiegel im Brunnen ist bei gleichmäßiger

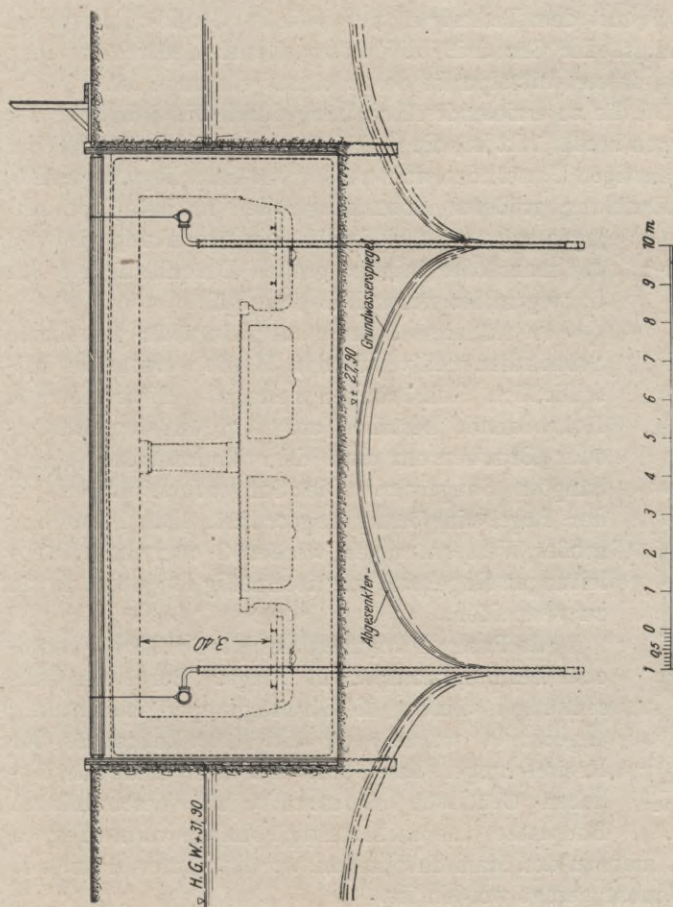


Abb. 12. Darstellung des abgesenkten Grundwasserspiegels beim Bau der Berlin-Wilmersdorfer Untergrundbahn. Anordnung von zwei Reihen Rohrbrunnen nebst Saugleitungen.

Wasserentnahme keinen Veränderungen unterworfen. Die Spitze des Absenkungstrichters liegt im mittelsten Brunnen, während die Oberkante des ungesenkten, vor Beginn des Pumpen festgelegten Grundwasserspiegels die »Senkungsgrenze«

bildet. Die Kurve des Absenkungstrichters steigt nach den seitlichen Brunnen (III und V) und von da aus immer mehr an, bis sie in einer gewissen Entfernung vom mittelsten Brunnen, die sich nach der Durchlässigkeit der wasserführenden Schicht richtet, mit dem bisherigen, ungesenkten Grundwasserspiegel vereinigt. Im Grundriß bildet der Absenkungstrichter einen Kreis, dessen Mittelpunkt der mittelste Brunnen ist.

Da die zu erzielende Absenkung durch die Saughöhe der Pumpen beschränkt ist, die praktisch etwa zwischen 5 und 6 m, bei günstigen Umständen wohl auch etwas tiefer liegt, so werden zur Erzielung größerer Absenkungstiefen mehrstufige Anlagen angeordnet. Die Höhe der Absenkung wird von der mehr oder minder großen Durchlässigkeit des Untergrundes wesentlich beeinflußt.

In früheren Jahren hat man öfter gemauerte Schachtbrunnen verwendet. Heute werden fast ausschließlich Rohrbrunnen benutzt. Diese eisernen Rohrbrunnen bestehen aus dem äußeren Mantel- oder Brunnenrohr und dem konzentrisch eingehängten Saugerrohr. Die Saugerrohrleitung ist in der Regel ringförmig angeordnet. Bei Förderung großer Wassermengen werden 2 oder mehr Ringleitungen eingebaut, um übermäßig lange Leitungen zu vermeiden.

Als Pumpen kommen hauptsächlich Kreisel- oder Mammutpumpen in Frage. Bei tiefen Absenkungen müssen die Kreiselpumpen mehrstufig angeordnet werden, da die Absenkungstiefe der Kreiselpumpen beschränkt ist. Muß man aus örtlichen Gründen, insbesondere bei beschränktem

Bauplatze eine mehrstufige Anlage vermeiden, so greift man zu den Mammutpumpen, worüber unter »Pumpen« S. 70 mehr gesagt worden ist.

a) Einstafflige Anlagen.

Einstafflige Anlagen genügen für die meisten Bauwerke, deren Absenkungstiefe nicht über 5 bis 6 m hinausgeht oder bei denen Tiefpumpen verwendet werden.

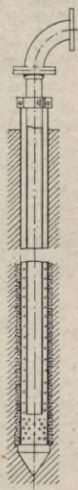


Abb. 13.
Rohr-
brunnen.

Bei Einbringung der Rohrbrunnen sucht man nach Möglichkeit zu vermeiden, sie im Bereich der späteren Bauwerke anzulegen, was bei kleinen Ausführungen meistens ohne Schwierigkeiten durchführbar ist. Die Herstellung der Abdichtung des Bauwerkes gegen das Grundwasser wird nämlich durch die innerhalb des Bauwerkes befindlichen Brunnen bedeutend erschwert, weil die Dichtungsschichten durch das Rohr durchbrochen werden und nach Beendigung der Wassersenkung dort häufig Undichtigkeiten auftreten.

Die Saugrohrleitung besteht entweder aus Flanschenrohren oder Muffenrohren mit Gummidichtung; erstere besonders bei nur kurzfristig im Betrieb gehaltenen Anlagen, um die Leitung leicht abbauen zu können. Zum Antrieb der Pumpe dienen sowohl Lokomobilen wie Elektromotoren, letztere besonders in größeren Städten, um die Rauchbelästigung auszuschalten.

Um Bodenbewegungen zu vermeiden, ist auf eine gleichmäßige Wasserentnahme d. h. auf einen gleichmäßigen Gang der die Pumpe antreibenden Maschine zu achten.

Ein Vorteil des Lokomobilbetriebes liegt in der steten Bereitschaft von Dampf, der auch zum Ansaugen insbesondere der Kreiselpumpe Verwendung finden kann. Mehrere Lokomobilen werden vorteilhaft durch Dampfleitungen miteinander verbunden, um jede Maschine von jedem Kessel aus bedienen zu können.

Von vornherein ist für ausreichende Aushilfe beim Versagen der Antriebsmaschine zu sorgen, um die Absenkungsanlage bei Betriebsstörungen oder Ruhepausen dauernd in Tätigkeit zu halten. Sonst kann gar zu leicht die Baustelle ersaufen.

Wählt man den Lokomobilbetrieb, so empfiehlt es sich bei kleineren Anlagen, einen Elektromotor als Behelf bereit zu halten, um die Kosten für die stets unter Dampf oder mindestens in angeheiztem Zustande zu haltende Behelflokomobile zu ersparen.

Das geförderte Wasser wird von Zeit zu Zeit gemessen, um einen Überblick über die Wassermenge zu haben, und zwar bei größeren Anlagen unter Verwendung von Poncelet-Über-

fällen, die bequem und übersichtlich sind; für Anlagen von kürzerer Dauer genügt dafür ein Holzkasten. Wie die

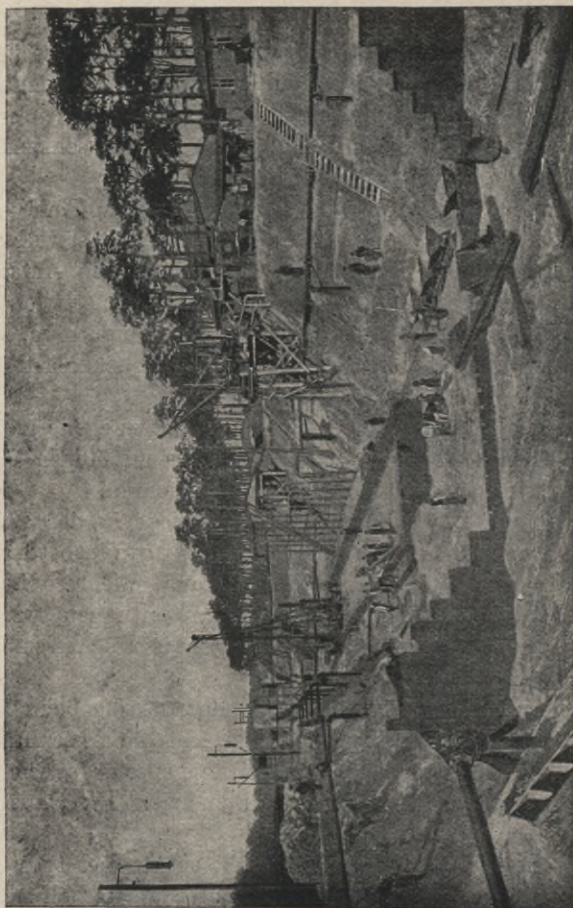


Abb. 14.
Einstafflige Anlage beim Bau einer Schleusenkammer.

Messungen ausgeführt werden, darüber ist im Abschnitt »Messung der geförderten Wassermengen« (S. 103) berichtet worden.

Das geförderte Wasser wird, wenn irgend angängig, in öffentliche Flußläufe abgeleitet, um eine zu starke Inanspruchnahme der Entwässerungsleitungen zu vermeiden.

Die Frage, ob eine große oder mehrere kleinere Pumpen zu wählen sind, hängt von der Wirtschaftlichkeit ab. Zur Klärung dieser Frage sind eingehende Rentabilitätsberechnungen aufzustellen. Über die Vor- und Nachteile der Verwendung von einer oder mehreren Pumpen wird weiterhin mehr gesagt.

Bei der Wahl der Antriebsart der Pumpe ist zu erwägen, ob mittelbarer oder unmittelbarer Antrieb erfolgen soll. Der unmittelbare, also direkte Antrieb der Pumpe durch Elektromotoren oder Lokomobilen erfordert geringere Anschaffungskosten, weil weniger Leitungsanlage und Maschinen erforderlich sind. Über die Betriebskosten ist eine eingehende Rentabilitätsberechnung aufzustellen. Im allgemeinen arbeitet ja der elektrische Betrieb sehr wirtschaftlich, doch soll damit nicht gesagt sein, daß der Dampftrieb unwirtschaftlich sei; hierüber kann nur eine Vergleichsberechnung beider Arten des Antriebes entscheiden. Als Vorzug des unmittelbaren Antriebes ist die Unterbringung der Kraftanlage in einem kleineren Raum unweit der Baustelle zu erwähnen, während beim mittelbaren Antrieb die Kraftmaschine an der für sie günstigsten Stelle, z. B. an Wasser- oder Landstraßen zur bequemen Herbeischaffung der Kohlen usw., aufgestellt wird. Als Behelf kann bei dieser Antriebsart der Anschluß an ein vorhandenes Elektrizitätswerk dienen, allerdings ist alsdann die ganze Kraftanlage in bezug auf Spannung und Stromstärke nach der vorhandenen einzurichten, worüber an anderer Stelle, unter »Betriebsmaschinen (S. 76) mehr ausgeführt worden ist.

Beim direkten Antrieb ist ferner zu beachten die Abhängigkeit der Lokomobile von der Pumpe. Störungen in ersterer oder letzterer ziehen auch die andere Maschine in Mitleidenschaft, wodurch der gleichmäßige Gang der Absenkung selbst gefährdet wird.

Wie aus vorstehenden Ausführungen ersichtlich, ist die Frage des Antriebes erst nach sorgfältigen Erwägungen und Berechnungen der Wirtschaftlichkeit für den gegebenen Fall zu lösen, desgleichen die Frage über die Anzahl der Pumpen, ob eine größere Anzahl kleinerer oder eine kleinere Anzahl größerer wirtschaftlicher ist. Hier spielen neben der Wirtschaft-

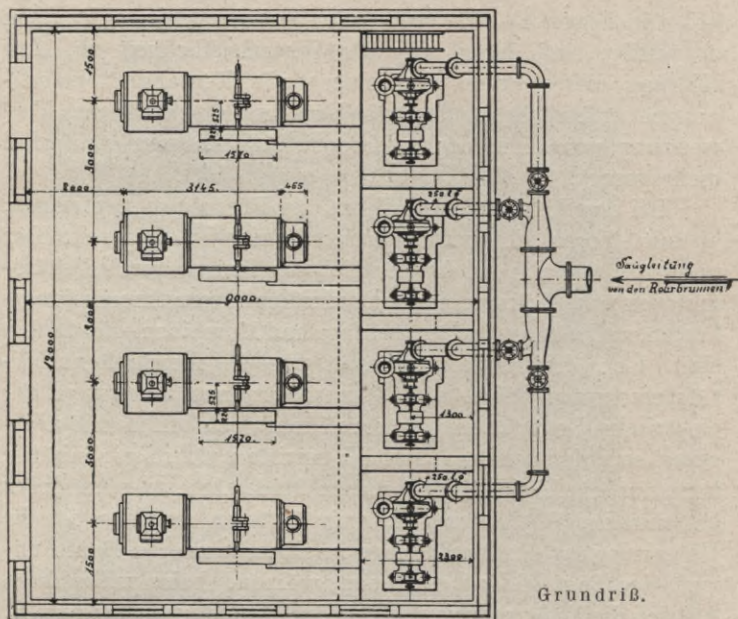


Abb. 15. Vier aus je einer Wolfen Lokomobile und Kreiselpumpe bestehende Pumpaggregate, die an eine gemeinsame Stammleitung angeschlossen sind.

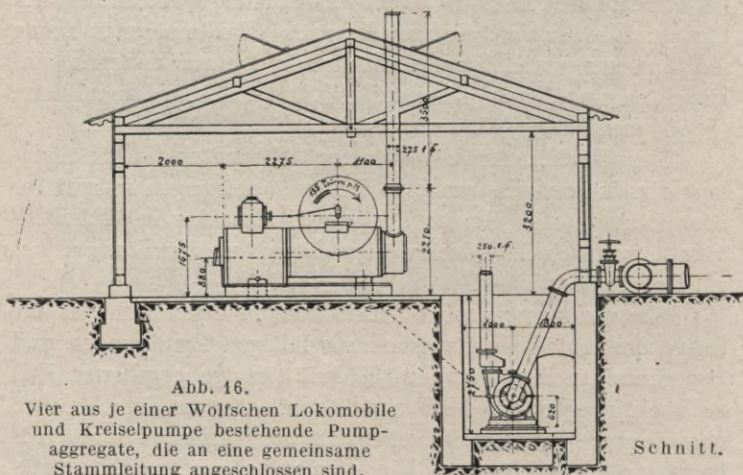


Abb. 16.

Vier aus je einer Wolfen Lokomobile und Kreiselpumpe bestehende Pumpaggregate, die an eine gemeinsame Stammleitung angeschlossen sind.

lichkeit des Betriebes die Reservebildung, Bequemlichkeit, Anschaffungskosten, Übersichtlichkeit, Gleichmäßigkeit des Betriebes u. a. m. eine entscheidende Rolle.

Im allgemeinen werden bei der Verteilung in einzelne kleinere Maschinensätze trotz der höheren Anschaffungskosten wirtschaftliche Vorteile zu erzielen sein, da sich der Betrieb den sich ändernden Verhältnissen durch Ein- und Ausschaltungen weiterer Sätze leicht anpassen läßt; dies bezieht sich sowohl auf die Pumpen, wie auf die Antriebmaschinen. Dagegen werden einzelne größere Aggregate alsdann unwirtschaftlich arbeiten, wenn die zu fördernde Wassermenge zu gering oder zu hoch angenommen wird. Bei zu gering angenommener Wassermenge muß entweder die Reserve dauernd mitarbeiten oder eine Vergrößerung der Anlage (Rohrleitungen und Maschinen) vorgenommen werden müssen. Bei zu groß angenommener Wassermenge arbeiten jedoch mehrere größere Maschinen unwirtschaftlich, was durch Ausschaltungen nicht so leicht zu beheben ist wie bei Verwendung kleinerer Aggregate, die den veränderlichen Bedürfnissen leichter angepaßt werden können. Bei längerem Betrieb fallen derartige unwirtschaftliche Leistungen erheblich ins Gewicht.

Außer den höheren Anschaffungskosten dürften für mehrere kleinere Aggregate Mehrkosten nicht in Frage kommen; denn die Bedienungskosten werden in der Regel auch bei mehreren kleinen Maschinen keine höheren als bei einer einzigen großen sein.

Die Rohrleitung wird vorteilhaft ringförmig ausgebildet. Wo sich dies aus örtlichen Gründen, z. B. wegen Lage und Form der Baustelle nicht ausführen läßt, wird die Leitung in einzelne Stränge zerlegt, die in einen Hauptleitungsstrang münden, ähnlich den Wasserversorgungsleitungen. Bei der Abmessung der einzelnen Rohrleitungen ist von vornherein darauf zu achten, daß die einzelnen Stränge nur der zu fördernden Wassermenge entsprechend groß gewählt werden. Falls bei der Ringleitung der Anschluß der Pumpen nur an einer Stelle erfolgt, kann man den Rohrdurchmesser auch erst allmählich größer ausgestalten. Bei anderweitiger Verteilung der Pumpen hat sich die lichte Weite der Rohrleitung nach dieser zu

richten. Bei der Verlegung der Leitungen ist diesen nach den Pumpen hin eine geringe Steigung zu geben, damit Luft und Gase abströmen können und die Bildung von Luftsäcken vermieden wird.

b) Mehrstafflige Anlagen.

Da die durch eine Kreiselpumpe zu erzielende Absenkung erfahrungsgemäß nicht über 6 m beträgt, so muß in den Fällen, wo es sich um größere Absenkungstiefen handelt und Kreisel-

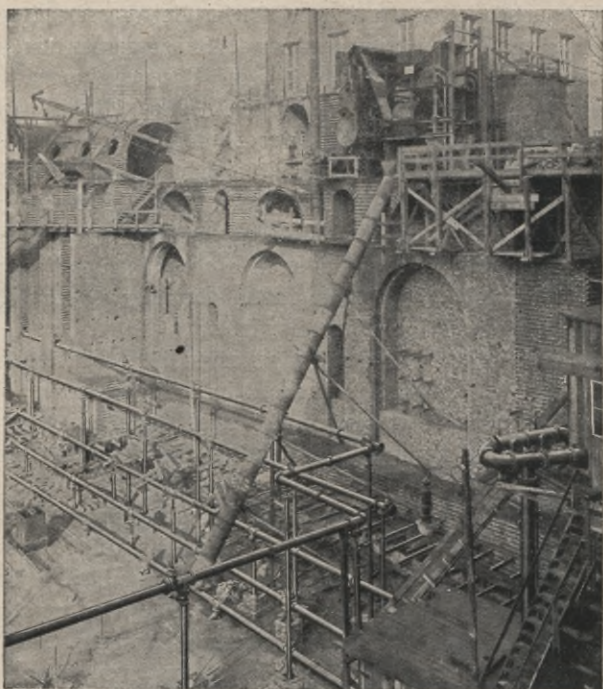


Abb. 17. Fünfstufiges Leitungsnetz einer Wasserhaltung auf der Museumsinsel in Berlin.

pumpen beibehalten werden sollen, zu einer Staffelung der Anlage geschritten werden, falls man nicht Mammut- oder Tiefpumpen anwenden will.

Die Staffelung erfolgt durch mehrstufige Anordnung der Brunnen und Rohrleitungen. Zuerst wird die Ausschachtung der Baugrube bis zum abgesenkten Grundwasser ausgeführt. Alsdann werden neue Brunnen gebohrt und hierauf wird die neue Saugleitung dicht über dem abgesenkten Grundwasserspiegel verlegt. Nach der weiteren Absenkung des Wasserspiegels mittels der zweiten Anlage erfolgt erneute Ausschachtung usw. Im Abschnitt »Maschinelle Einrichtung« unter »Kreiselpumpen« (S. 65) ist mehr darüber gesagt worden.

Die Brunnen der zweiten Staffel werden neben denen der ersten Staffel, jedoch nach dem Innern der ausgeschachteten Baugrube zu, niedergebracht. Die Entfernung zwischen den Brunnen der verschiedenen Staffeln richtet sich nach dem Böschungswinkel der Baugrube. Bei abgesteiften Baugruben, also solchen mit lotrechten Wänden, werden die Brunnen dicht nebeneinander stehen.

Die Ausbildung der Staffel erfolgt sowohl in Ringform, wie in einzelnen Strängen und unterscheidet sich nicht von den einstaffligen Anlagen.

Da die Wassermenge mit der Tiefe der Absenkung zunimmt, so ist in den unteren Staffeln eine größere Anzahl von Brunnen zu bohren. Unter Umständen wird es möglich sein, um die Anzahl der Brunnen herabzusetzen, diejenigen oberen Brunnen, welche außer Betrieb gesetzt werden können, nachdem die unteren Brunnen in Betrieb genommen worden sind, an die untere Rohrleitung anzuschließen. Hierbei ist selbstverständlich Voraussetzung, daß die ersten Brunnen bereits so tief gebohrt worden sind, wie für die zweite Staffel erforderlich ist.

Ob durch dieses Verfahren Kosten vermieden werden, ist fraglich, denn einmal verursacht das Tieferbohren der Brunnen Mehrkosten und ferner müssen die Brunnen bis zur zweiten Staffel freigelegt werden, wodurch ein erheblicher Mehraushub entsteht. Vorteilhaft ist es jedoch, in der unteren Staffel eine doppelte Rohrleitung zu haben. Dagegen fällt als Nachteil ins Gewicht, daß beim plötzlichen Versagen der Anlage die Baugrube leicht ersaufen kann, weil die erste Staffel abgebaut worden ist, die im andern Falle in Betrieb gesetzt werden

könnte. Es ist also zu überlegen, ob man sich des vorerwähnten Verfahrens bedienen will. Ein sicherer Notbehelf ist stets empfehlenswert; das sollte nicht übersehen werden.

Der Antrieb der gestaffelten Anlage erfolgt in gleicher Weise wie bei der einstaffligen Anlage mittels Lokomobile oder Elektromotor. Wird der erstere Antrieb gewählt, so wird die Lokomobile in der Höhe der ersten Staffel aufgestellt, während die Pumpe in die Höhe der unteren Staffel gesetzt und an die Saugrohrleitung angeschlossen wird. Die Übertragung zwischen Lokomobile und Pumpe erfolgt mittels Riemen. Beim elektrischen Antrieb, der für größere Anlagen in Frage kommt, erfolgt die Anordnung vorteilhaft folgendermaßen: Der Motor erhält seinen Standort über dem nicht gesenkten Wasserspiegel und wird ebenfalls durch Riemen mit der Pumpe verbunden. Beim Versagen der unteren Staffel kann somit der Motor nicht unter Wasser gesetzt und beschädigt werden.

c) Beobachtungen während des Absenkungsverfahrens.

Die durchaus notwendigen und für spätere Anlagen lehrreichen Beobachtungen der Absenkungsanlagen werden leider oft nicht oder zum mindesten nicht gründlich durchgeführt, und doch wäre eine möglichst weitgehende Bereicherung unserer Kenntnisse durch Erfahrungen sehr erwünscht. Wie bereits im Abschnitt »Bedeutung geologischer Untersuchungen« hervorgehoben wurde, bedeutet fast jede Tiefbohrung eine Bereicherung unserer feldgeologischen Kenntnisse, auch bedeutet eine jede Beobachtung des Grundwasserspiegels, Feststellung seiner Mächtigkeit, Geschwindigkeit usw. stets eine Bereicherung unserer hydrologischen Kenntnisse.

Leider werden aber nicht nur bei Ausführung kleinerer Anlagen, bei denen Zeit und Mittel eine eingehendere Beobachtung nicht gestatteten, sondern auch bei größeren Ausführungen staatlicher und städtischer Behörden die Grundlagen durch Beobachtungen und Messungen des Grundwasserspiegels oft nicht in erwünschtem Maße gesammelt. Es werden wohl einzelne Aufzeichnungen gemacht, auch wohl bei den Vorversuchen oder Versuchsbrunnen tiefergehende Betrachtungen

angestellt, aber bei der Hauptausführung werden in der Regel lediglich die Veränderungen des Grundwasserspiegels festgestellt. Die sehr wichtige Feststellung der geförderten Wassermenge z. B. wird oft ganz übersehen; man beschränkt sich auf ihre »Schätzung« die doch oft recht fragwürdige Ergebnisse liefert. Und leicht könnte das Messen des ausgepumpten Wassers, etwa durch Verwendung der »Poncelet-Überfälle«, geschehen. (Vgl. Abschnitt »Messung der geförderten Wassermengen«.)

Von ebensolcher Wichtigkeit wie die Feststellung der geförderten Wassermengen ist die Bestimmung des Kraft- und Materialverbrauchs, um einwandfreie Unterlagen sowohl für Neuanlagen als auch Erweiterungen zu schaffen.

d) Anordnung der Rohrbrunnen.

Es kommen sowohl Einzel- wie Reihenbrunnen in Betracht, je nach der Größe der Anlage.

Der Rohrbrunnen, dessen einfachste Ausführung der sog. Abessinier- oder Nortonbrunnen ist, besteht aus dem Mantelrohr, dem Saugerohr mit Saugekorb und dem Filter.

Der Filter ist meistens aus Kupfer oder verzinktem Eisenblech von 1 bis 3 mm Stärke hergestellt, das mit runden oder eiförmigen Löchern versehen ist. Das untere Ende des Filters ist verschlossen, meist durch einen kräftigen Holzpfropfen. Um den Filter bequem hinabzuführen und wieder hochzuholen, erhält er oben einen eisernen Bügel, der umklappbar ist. Der Filter wird vor dem Einsetzen mit einem Filter- (Tressen-) gewebe umspannt, dessen Maschenweite von der Korngröße der wasserführenden Schicht abhängig ist. Es muß tunlichst vermieden werden, daß Sandmengen in den Filter eindringen können; zwar wird sich nicht umgehen lassen, daß bei der ersten Inbetriebsetzung der Anlage die staubförmigen Sandteilchen mitgeführt werden; doch muß ihr Eindringen allmählich aufhören, sonst ist es ein Zeichen, daß das Filtergewebe zu weitmaschig gewählt wurde. Dadurch kommt der Brunnen in Gefahr, vollständig zu versanden. Bei Anlagen in der Nähe bewohnter Gebäude tritt noch die hohe Gefahr hinzu, daß sich

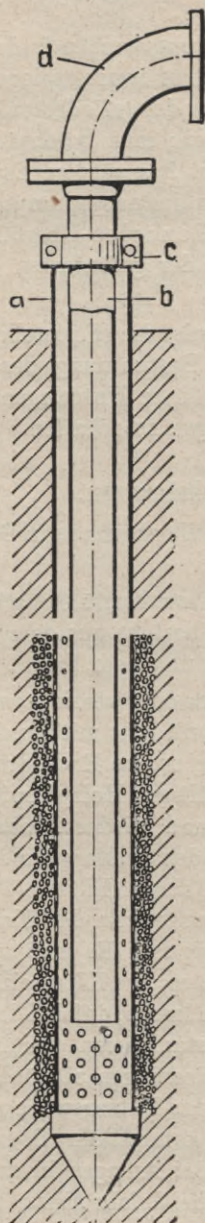


Abb. 18.

Filterbrunnen
(Rohrbrunnen).

Der Brunnen besteht aus einem oben offenen, unten durch einen Holzpfropfen verschlossenen Filterrohr „a“, das auf seinem unteren Teil mit einer großen Anzahl von Löchern versehen und mit feinmaschigem Metalltuch, sogenannter Tresse, umgeben ist; das Filterrohr steht unten in einer Kiesschicht, die einem Verschmutzen des Metalltuches vorbeugt und dadurch den ungehinderten Eintritt des Grundwassers aufrecht erhält.

Das Absaugen des Grundwassers erfolgt durch das unten offene Saugrohr „b“, das oben von einer Schelle „c“ umfaßt ist, die sich auf den oberen Rand des Filterrohres legt und das Saugrohr frei im Filterrohr hängen läßt. Das Saugrohr endet oben in einem Flansch mit Rückschlagklappe und schließt sich dann mit einem Rohrkrümmer „d“ an die Saugleitung an.

durch Auswaschungen des Erdbodens leicht Hohlräume bilden, die sehr unangenehme Folgen für die Standsicherheit benachbarter Baulichkeiten haben können und langwierigen Rechtsstreitigkeiten Tür und Tor öffnen.

Andererseits gebietet die Rücksicht auf größtmögliche Durchlässigkeit des Filtergewebes die Vermeidung zu engmaschigen Gewebes.

Das Filtergewebe besteht meistens aus Kupfer, Messing oder verzinnem Eisen¹⁾. Zum Schutz des Gewebes wird der Filter in der Regel mit mehreren starken Kupfer- oder Messingdrahttringen versehen oder ein zweites weitmaschiges Schutznetz darübergerlegt.

Vorteilhaft ist es, den Filter mit einer Kiesschicht zu umgeben, um zu vermeiden, daß der Brunnen durch feine Sandteilchen zugeschwemmt wird und um die Durchlässigkeit des Filters zu erhöhen. Die Korngröße der Umschüttung muß vom Filter nach außen abnehmen, so daß das größte Korn dicht am Filter liegt.

Um zu erreichen, daß das Wasser nicht nur an den Löchern des Filterrohres, sondern durch das ganze Gewebe hindurchtritt, ist es ratsam, zwischen Filtergewebe und Filterrohr eine 3 bis 4 mm starke Zwischenlage anzuordnen; diese besteht vorteilhaft aus spiralförmig gewickeltem Kupfer- oder Messingdraht.

Die Mantel- oder Brunnenrohre sind meistens geschweißte schmiedeeiserne Rohre, entweder mit nach innen und außen ausgemufften Seiten und Gewinde, oder sie sind innen und außen glatt. Die Mantelrohre haben etwas größeren Durchmesser als der Filter, der mit seinem oberen Teil $\frac{1}{2}$ m oder etwas mehr in das Mantel- oder Brunnenrohr einmündet, und reichen bis zur Geländehöhe oder Sohle des gemauerten Schachtes.

Die Tiefbohrungen werden in der Regel mit besonderen Rohren hergestellt, die einen um 5 bis 10 cm größeren Durchmesser als die Mantelrohre haben. Nur bei einfachen und bei

¹⁾ Wegen der durch den Kriegszustand bedingten Beschlagnahme von Kupfer, Messing usw. werden jetzt Ersatzmetalle verwendet.

Versuchsanlagen, bei denen der Rohrbrunnen eine beschränkte Zeit im Betriebe bleiben soll, werden die Bohrrohre gleich als Brunnenmantelröhre benutzt. In diesem Fall verfährt man folgendermaßen: Nach dem Niederbringen der Bohrung auf die erforderliche Tiefe wird der Filter, dessen Länge gewöhnlich 3 bis 5 m beträgt, sich aber nach der Mächtigkeit der wasserführenden Schicht zu richten hat, in das Bohrloch eingesetzt. Hierauf werden die Bohrrohre etwas »gezogen«, damit der Filter frei wird. Man zieht die Rohre um das Maß der Mächtigkeit der wasserführenden Schicht, höchstens aber soviel, daß mindestens $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ m des Filterkorbes innerhalb des Bohrrohres verbleiben. Nun werden die oberen Bohrrohre bis Flurhöhe abgenommen, das Saugrohr eingesetzt und an eine Pumpe angeschlossen; damit ist der Rohrbrunnen fertiggestellt.

Die Mantelrohre, die bei besseren Rohrbrunnen in die Bohrrohre gesetzt werden, haben einen um 5 bis 10 cm kleineren Durchmesser als die Bohrrohre. Bei Herstellen einer Kies-schüttung müssen die äußeren Bohrrohre einen entsprechend größeren Durchmesser haben, der in marktgängigen Abstufungen von 100, 125, 150, 200 oder 250 mm zur Verfügung steht.¹⁾

Der Durchmesser der aus geschweißten Rohren, auch aus Gasrohren, bestehenden Saugrohre richtet sich nach dem Durchmesser des Filters. Die aus dem Brunnen geförderte Wassermenge darf nicht mit zu hoher Geschwindigkeit durch die Rohre geleitet werden, weil sonst die Rohrwände durch das mit Sandteilchen versetzte Wasser angegriffen würden. Die Verbindungsstellen des Saugrohres müssen, falls das Rohr aus mehreren Teilen besteht, durchaus luftdicht sein. Ferner muß das Saugrohr so lang sein, daß es auch bei tiefstem Wasserstand noch in das Wasser eintaucht, um ein »Abreißen« des Wassers zu vermeiden, das sofort erfolgen würde, falls Luft in die Leitung eindringen könnte. Um beim Abreißen der Pumpe ein Zurückschlagen des Wassers zu vermeiden, erhält

1) Vgl. »Die Trockenhaltung des Untergrundes mittels Grundwassersenkung« von Zivilingenieur E. Prinz im »Zentralblatt der Bauverwaltung«, Jahrg. 1906, Seite 596.

das Saugerohr am unteren Ende ein Fußventil, oder es wird oberhalb des Saugrohrs, vor der Verbindung mit der Saugrohrleitung, eine Rückschlagklappe eingeschaltet. Die Saugrohre werden am oberen Ende des Brunnens durch eine Schelle od. dgl. befestigt.

Die einfachste Ausführung des Rohrbrunnens, der Abessinierbrunnen, besteht aus 4 bis 6 cm starkem Gasrohr, das am unteren Ende ein gelochtes und mit Tressengewebe überzogenes Rohrstück mit angeschmiedeter Spitze trägt. In der Regel werden derartige Brunnen in den Erdboden »geschlagen« oder eingerammt. Diese einfache Ausführung dient lediglich vorübergehenden Zwecken. Ohne aufgesetzte Pumpe werden die Rohre zur Beobachtung des Grundwasserspiegels als sog. »Beobachtungsrohre« benutzt. Bei besserer Ausführung wird ein Bohrloch von 200 bis 350 mm Durchmesser niedergebracht und das eingesetzte Rohr mit grobem Kies umfüllt.

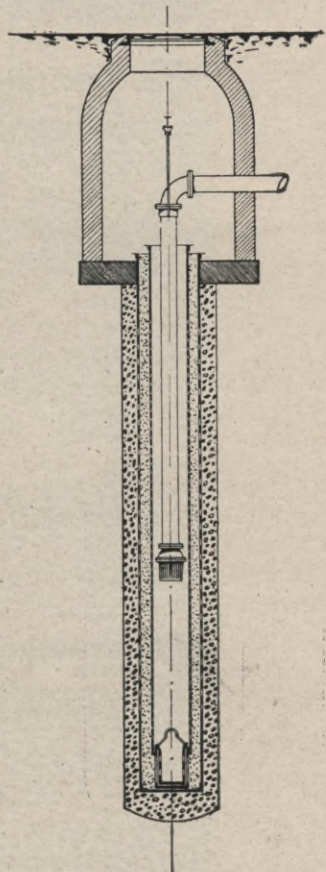


Abb. 19.

Rohrbrunnen der Firma
Bopp & Reuther.

Abb. 19 bis 21 zeigen den Spezialbrunnen der Firma Bopp & Reuther, Mannheim-Waldhof. Hier sind 2 Siebe in die Bohrung niedergebracht, und der Zwischenraum ist mit gewaschenem Kies ausgefüllt worden. Aus den Abbildungen ist dieser Spezialrohrbrunnen in seinen Einzelheiten ersichtlich. Auf der einen Seite, Abb. 21, ist der Normalfilter beschrieben, während recht der Patentfilter mit quadratischer Zungenlochung dargestellt ist. Der Patentfilter soll besondere Vorzüge bieten:

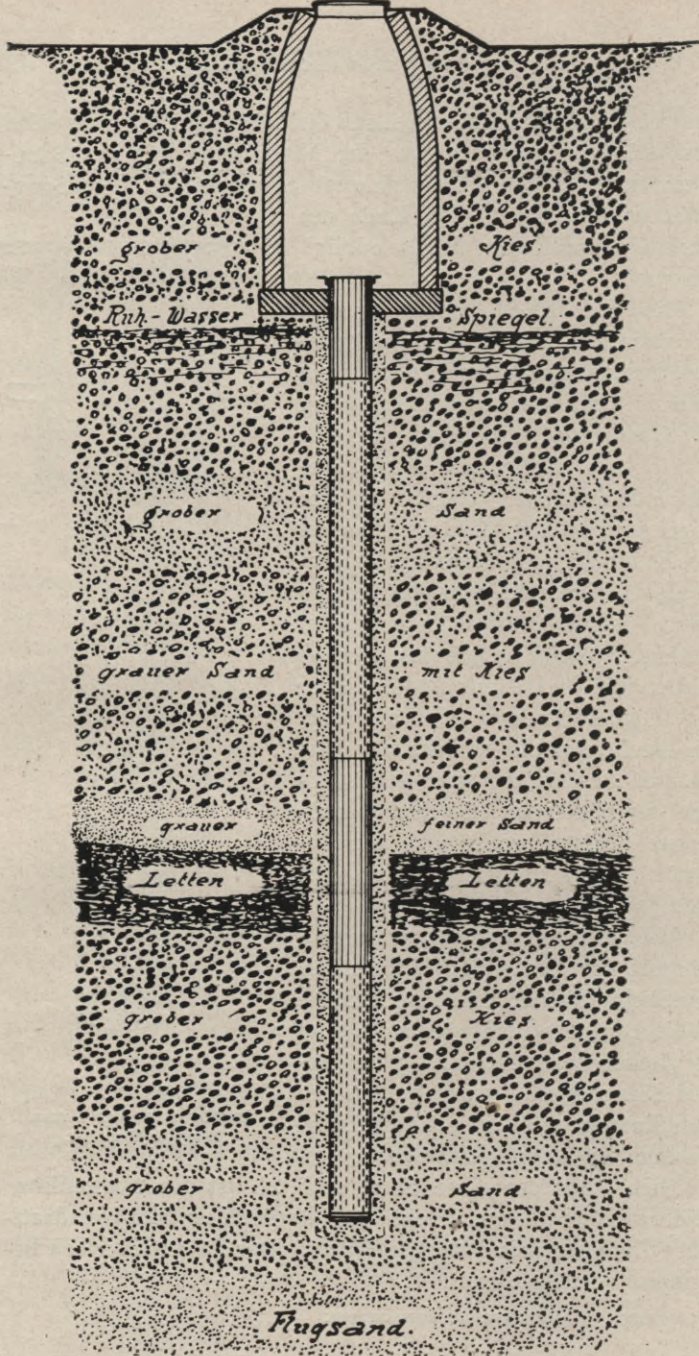


Abb. 20. Rohrbrunnen der Firma Bopp & Reuther.

Große Eintrittsquerschnitte,
geringe Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in den
Filter,
Sicherheit gegen Verstopfung der Eintrittsöffnungen
durch Schüttungskies,
geringe Absenkung des Wasserspiegels,
Fortfall des Gewebeüberzuges,
Freihalten der wirksamen Filterfläche durch Abweiser.

Für die Hebung des Wassers werden vielfach die Rohrbrunnenpumpen benutzt.

Das Wesentliche an einer Rohrbrunnenpumpe besteht darin, daß ein Pumpenzylinder mit Saugventil an einer aus schmiedeeisernen Rohren mit Muffen oder Flanschen zusammengeschaubten Rohrtour beliebig tief unter Flur in das Bohrloch eingehängt werden kann. Dabei ist es gleichgiltig, ob sich der Pumpenzylinder bis zur erreichbaren Saughöhe (5 bis 6 m), über oder weit unter dem jeweiligen Wasserstande befindet.

Die Arbeitsweise ist folgende: In dem Pumpenzylinder bewegt sich ein mit Ledermanschetten abgedichteter schwerer Ventilkolben; beim Aufgang des Kolbens wird das Wasser gehoben und am oberen Ende der Rohrtour ausgegossen oder auch direkt in einen Hochbehälter weiter gefördert. Beim Niedergang sinkt der Kolben durch sein eigenes Gewicht, und das Wasser zwischen Kolben und Saugventil tritt durch das Kolbenventil hindurch. Das Gestänge, an dem der Kolben hängt, wird daher nur auf Zug beansprucht; es besteht aus je 6 m langen Rundeisenstangen, die durch Gestängekupplungen verbunden sind. Der Antrieb des Kolbens erfolgt von einem meist etwas über Gelände angebrachten Antriebsrahmen aus.

Wenn die Förderhöhe über Flur wesentlich größer ist als die Förderhöhe unter Flur, so ist ein direkter Ausgleich durch entsprechende Wahl des Kreuzkopflungerdurchmesser möglich. Man erhält so eine Art Differentialpumpe. Im Grenzfall kann der Kreuzkopflunger den gleichen Durchmesser wie der Pumpenkolben haben. Reicht die Ausgleichung dann noch nicht aus, so wird in dem großen Zahnrade der Kurbelwelle ein Bleigegengewicht angebracht (eingegossen). Besser

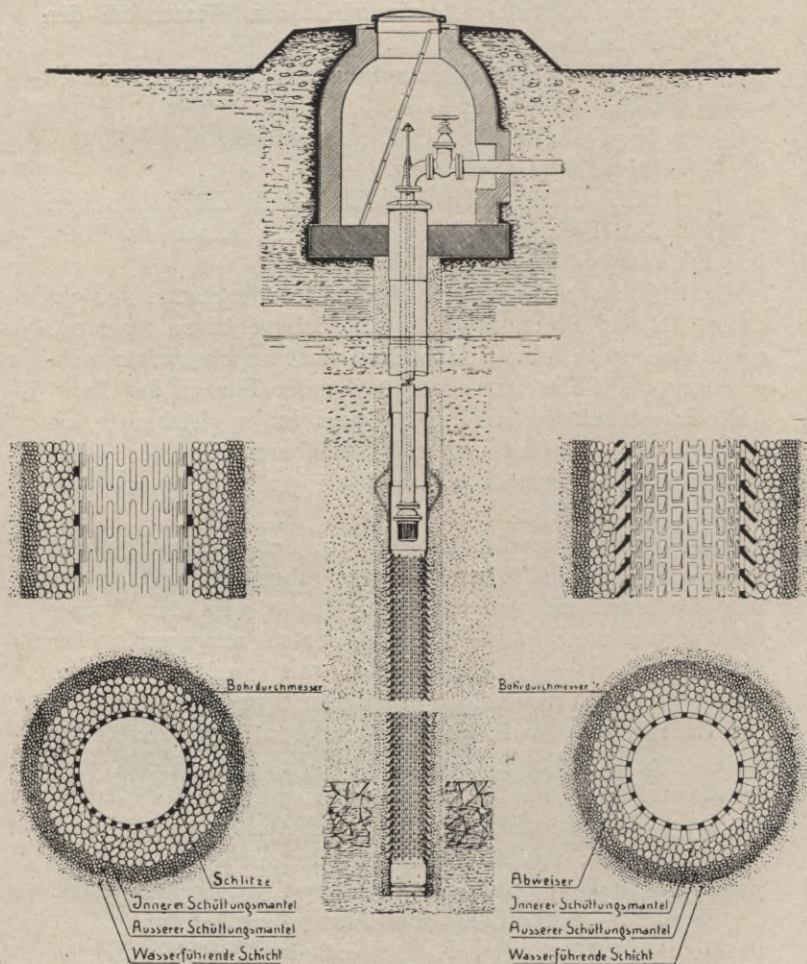


Abb. 21. Rohrbrunnen mit Einzeldarstellungen.

Patentfilter der Firma Bopp & Reuther, links Normalfilter.

ist es jedoch, wenn man seitlich am Windkessel zwei Ausgleichs-
plunger anordnet, die am verlängerten Kreuzkopfbolzen an-
greifen. Die zugehörigen Zylinder stehen dauernd mit der

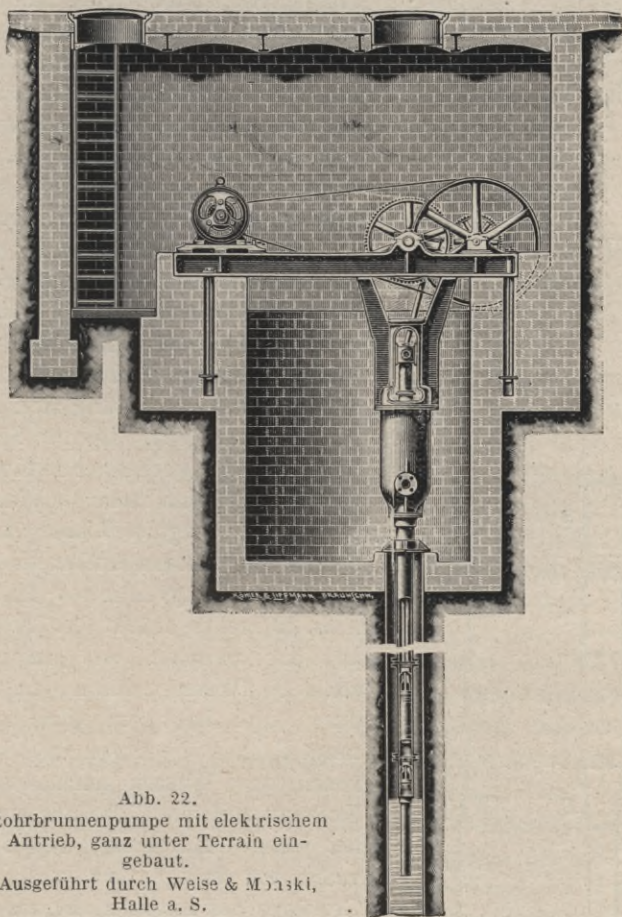


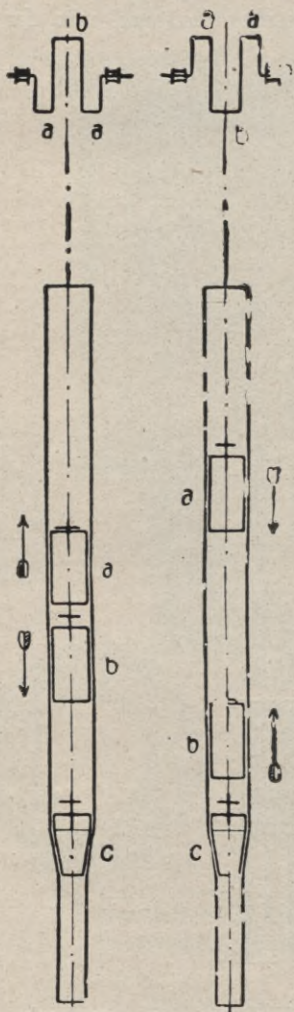
Abb. 22.

Rohrbrunnenpumpe mit elektrischem
Antrieb, ganz unter Terrain ein-
gebaut.

Ausgeführt durch Weise & Moskwi,
Halle a. S.

Druckleitung in Verbindung. Die Wirkung der Ausgleichs-
plunger ist ähnlich der des Gegengewichts; man hat aber den
Vorteil, daß die hin und her gehenden Massen nur unwesent-
lich vermehrt werden.

Bei verhältnismäßig geringer Förderhöhe über Flur oder bei stark veränderlichem Wasserstande kann die Ausgleichung



hydropneumatisch erfolgen. Die Ausgleichszylinder werden dann mit einem von der Druckleitung unabhängigen, zum Teil mit Wasser gefüllten Windkessel verbunden. Mittels eines kleinen Luftkompressors wird in dem Windkessel ein bestimmter, von der Förderhöhe unter Flur abhängiger Druck gehalten.

Vollständig entbehrlich wird die Ausgleichung bei doppeltwirkenden Rohrbrunnenpumpen, deren Wirkungsweise Abb. 23 zeigt. Im Pumpenzylinder arbeiten übereinander und gegenläufig zwei Kolben »a« und »b«. In der Skizze links hebt der hochgehende Kolben »a« das über ihm stehende Wasser; gleichzeitig saugt er Wasser durch den niedergehenden Kolben »b« und durch das Saugventil »c« an. In Abb. 23 rechts drückt der Kolben »b« das zwischen »a« und »b« stehende Wasser durch »a« hindurch und hebt es; gleichzeitig saugt Kolben »b« durch das Saugventil »c« Wasser nach. Jedes Kolbenventil spielt also nur einmal bei jeder Umdrehung, das Saugventil »c« dagegen zweimal. Das Gestänge des Kolbens »b« wird in der gewöhnlichen Weise ausgeführt, das Gestänge für den Kolben »a« ist als Rohrtour ausgebildet und wird über das erste Gestänge geschoben. Das Rohrgestänge des

Abb. 23. Darstellung der Wirkungsweise der doppeltwirkenden Rohrbrunnenpumpe.
Fabrikat der Firma Weise & Monski Halle a. S.

oberen Kolbens erhält am Antriebsrahmen eine besondere Führung. Die Ventile in den Kolben werden als Ringventile ausgeführt.

Die doppelwirkenden Rohrbrunnenpumpen eignen sich besonders gut zu Schöpfpumpen für große Wassermengen aus verhältnismäßig engen Bohrlöchern; denn bei einer Schöpfpumpe, die nur bis Flurhöhe fördert, fehlt der zur hydraulischen Ausgleichung einer einfachen Rohrbrunnenpumpe nötige Druck. Aus konstruktiven Gründen lassen sich diese doppelwirkenden Rohrbrunnenpumpen erst von 180 mm Kolbendurchmesser ausführen, da bei kleinerem Durchmesser die einzelnen Konstruktionseinzelheiten zu klein werden und die bei solchen Anlagen unbedingt notwendige Betriebssicherheit ungünstig beeinflussen. Es sind doppelwirkende Rohrbrunnenpumpen schon mit 50 m Einbautiefe ausgeführt worden.

Wenn die Förderhöhen über und unter Flur jede für sich bedeutend sind, so empfiehlt es sich, die Pumpenanlage in eine Rohrbrunnenpumpe als Schöpfpumpe und in eine unmittelbar darüberstehende, einfachwirkende Plungerpumpe zu teilen. Man erreicht damit, daß der Ventilkolben nicht den Druck der Gesamtförderhöhe, sondern nur den der Förderhöhe unter Flur erhält, und kommt daher mit einem leichteren Gestänge aus. Die Arbeitsverteilung fällt bei einer solchen Pumpe an sich gleichmäßiger aus als bei einer einfachen Rohrbrunnenpumpe. Je nach dem Verhältnis der Teilförderhöhen kann es nötig werden, die Pumpe durch ein eingegossenes Bleigewicht oder durch zwei Ausgleichsplunger auszugleichen.

Die Abb. 22 und 23 stellen Konstruktionen der Firma Weise & Monski, Halle a. d. S. dar. Der Antrieb kann sowohl durch Dampfkraft, wie auch Gas-, Benzin- oder Elektromotor erfolgen.

Die Rohrbrunnen werden, wie eingangs erwähnt, entweder als Einzel- oder Reihenbrunnen verwendet und an die Hauptsammelleitung angeschlossen. Die Anordnung der Rohrbrunnen geschieht etwa folgendermaßen: Es werden, bei unbekanntem Untergrund, 5 bis 9 Rohrbrunnen kreuzweise $\begin{matrix} & & & & x \\ & & & & x \\ & & & & x \\ & & & & x \\ & & & & x \end{matrix}$ zueinander niedergebracht. Während des nun folgenden Ab-

pumpens wird der Absenkungstrichter (vgl. Abb. 11 und 12) festgestellt, um daraus die Anzahl der Brunnen zu bestimmen, die erforderlich ist, um den Wasserspiegel um das erforderliche Maß zu senken.

Schon beim Niederbringen der Rohrbrunnen ist darauf zu achten, daß die Brunnen nicht innerhalb des späteren Bauwerkes liegen, weil die Abdichtung der Brunnenköpfe meist schwierig ist und zur Erzielung sicherer Isolierungen umfangreiche Spezialkonstruktionen¹⁾ erforderlich sind, die man möglichst zu vermeiden sucht.

Art der Filterstellung.

Maßgebend für die Filterstellung ist die Tiefe des Rohrbrunnens, die vom Grundwasserstand und der Sohlentiefe des zu errichtenden Bauwerkes abhängig ist. Es ist erforderlich, daß der Grundwasserstand mindestens $\frac{1}{2}$ m tiefer als die tiefste Stelle der späteren Fundamentsohle abgesenkt wird, wobei zu berücksichtigen ist, daß der Wasserstand in den einzelnen Brunnen selbst tiefer ist als zwischen den Brunnen. Der Höhenunterschied richtet sich nach der Durchlässigkeit des Erdbodens. Maßgebend für die Absenkung bleibt der höchste Stand des abgesenkten Grundwasserspiegels, also der Stand zwischen den Brunnen, der durch eingesetzte Beobachtungsrohre festgestellt wird. Diese Beobachtungsrohre sind Gasrohre, die unten mit einem Holzpfropfen verschlossen und etwa $\frac{1}{2}$ m hoch mit Löchern von 2 bis 4 mm Durchmesser versehen und in die wasserführende Schicht gesetzt werden. Bei sehr feiner wasserführender Schicht wird über die durchlöcherten Stellen des Rohres ein Sieb gelegt, um ein Verstopfen der Löcher zu vermeiden. Oben wird das Beobachtungsrohr, um es vor Verunreinigungen zu schützen, durch einen Nippel geschlossen. Durch Messen des Wasserspiegels innerhalb dieser Beobachtungsrohre wird sein Stand genau und regelmäßig festgelegt.

¹⁾ Vgl. Bergwald, »Grundwasserdichtungen« (Isolierungen gegen Grundwasser und aufsteigende Feuchtigkeit), München und Berlin 1916, R. Oldenbourg.

Die Länge des Filters ist so zu bemessen, daß bei dem tiefsten Wasserstande im Brunnen noch eine gewisse Filterfläche verfügbar ist, also sich noch im Wasser befindet, um zu erzielen, daß die zu fördernde Wassermenge noch mit einer gewissen Geschwindigkeit in den Brunnen tritt. Es ist also auf genügend tiefe Bohrung und entsprechend tiefe Stellung des Filters zu achten.

Fremde Beimengungen im Wasser und Gase können schädliche Wirkungen auf die Wassersenkungsanlagen ausüben, worüber im I. Abschnitt unter »Eigenschaften des Grundwassers« die nötigen Angaben gemacht worden sind.

e) Anordnung der Rohrleitungen.

Der bis zur Gelände-Oberkante niedergebrachte Rohrbrunnen wird mittels Krümmer und Zwischenstück an die Saugleitung angeschlossen. Im Zwischenstück wird ein Schieber eingebaut, damit der Brunnen jederzeit ausgeschaltet werden kann.

I. Saugleitungen.

Die Saugleitung besteht entweder aus gußeisernen oder schmiedeeisernen, geschweißten Muffen- oder Flanschenrohren. Über die Normalabmessungen der Rohre geben nachfolgende Tabellen Aufschluß.

Die Dichtung der Muffenrohre erfolgt in der Regel mittels Weißstrick und Blei; zu beanstanden sind Dichtungen mittels Teerstrick, wie man es oft angegeben findet. Flanschenrohre werden mittels Gummischeiben gedichtet. Bei Flanschenrohren ist auf die Bohrung zu achten, für welche im allgemeinen die »Normalbohrung« gewählt wird, wenn nichts Gegenteiliges besonders vorgeschrieben wird.

Zu Gunsten der Muffenrohrleitungen spricht die größere Nachgiebigkeit bei Bodenveränderungen und eine gewisse Ausgleichmöglichkeit bei nicht genau passenden Anschlüssen. Ein Nachteil ist, daß ein Auswechseln beschädigter Stücke schwer möglich ist, ferner bei beweglichem Boden die Gefahr, daß infolge der Nachgiebigkeit der fertig verlegten Leitung die Muffen leicht undicht werden können.

Normaltabelle guß-

Rohr					Gewicht					
Lichter Durchmesser D	Normale Wandstärke d	Äußerer Durchmesser D	Normale Baulänge	Gewicht für 1 Rohr	1 lfd. m Baulänge		eine Muffe	Bleidichtung	Bleiefe	Dichtungsstrick ca.
					mit Muffe	ohne Muffe				
mm	mm	mm	m	kg	kg	kg	kg	kg	mm	kg
40	8	56	3	29,80	9,80	8,75	2,82	0,56	35	0,06
50	8	66	3	34,85	11,61	10,57	3,14	0,70	35	0,07
60	8,5	77	3	48,70	14,52	18,26	3,89	0,81	35	0,08
70	8,5	87	3	49,95	16,65	15,20	4,35	0,90	35	0,09
80	9	98	3	59,80	19,94	18,24	5,09	1,14	40	0,12
			3,5	68,95	19,71					
90	9	108	3	66,60	22,19	20,29	5,70	1,25	40	0,13
			3,5	76,20	21,80					
100	9	118	3,5	84,40	24,11	22,34	6,20	1,38	40	0,14
125	9,5	144	4	124,05	31,01	29,10	7,64	1,66	40	0,17
150	10	170	4	155,65	38,91	36,44	9,89	2,07	45	0,21
175	10,5	196	4	189,45	47,36	44,36	12,00	2,48	45	0,25
200	11	222	4	225,85	56,46	52,85	14,41	3,00	45	0,30
225	11,5	248	4	264,70	66,17	61,95	16,89	3,31	45	0,33
250	12	274	4	306,05	76,51	71,61	19,61	4,37	50	0,44
275	12,5	300	4	349,90	87,48	81,85	22,51	4,71	50	0,47
300	13	326	4	396,50	99,13	92,68	25,75	5,12	50	0,51
325	13,5	352	4	445,20	111,29	104,08	28,83	5,52	50	0,55
350	14	378	4	496,50	124,13	116,07	32,27	5,92	50	0,59
375	14	403	4	530,40	132,61	124,04	34,27	6,73	50	0,67
400	14,5	429	4	586,70	146,68	136,89	39,15	8,05	50	0,80
425	14,5	454	4	621,80	155,46	145,15	41,26	10,00	60	1,00
450	15	480	4	680,40	170,10	158,87	44,90	10,35	60	1,03
475	15,5	506	4	731,65	185,41	173,17	48,97	10,63	60	1,06
500	16	532	4	806,65	201,66	188,04	54,48	11,89	60	1,19
550	16,5	583	4	813,95	228,49	212,90	62,34	12,90	60	1,29
600	17	634	4	1026,75	256,69	238,90	71,15	14,79	60	1,47
650	18	686	4	1178,55	294,64	273,86	83,10	15,87	60	1,58
700	19	738	4	1342,65	335,65	311,15	98,04	17,38	60	1,78
750	20	790	4	1514,30	378,58	350,69	111,29	20,53	65	2,05
800	21	842	4	1700,00	425,01	392,69	120,26	24,07	65	2,40
900	22,5	945	5	2051,20	512,80	472,76	160,17	28,1	65	2,80
			5	2523,90	504,78					
1000	24	1048	4	2485,00	608,76	559,76	195,99	34,84	70	3,45
			5	2994,80	598,95					
1100	26	1152	4	2911,00	727,75	666,81	243,75	38,28	70	3,80
			5	3577,80	715,56					
1200	28	1256	4	3427,10	857,78	783,15	294,50	41,70	70	4,10
			5	4210,25	842,05					
1500	30	1560	4	4558,00	1139,50	1044,50	380,00	55,70	70	5,56
			5	5602,50	1120,50					

eiserner Muffenröhren.

Muffe									
Muffen-tiefe t	Stärke der Dichtungs-fuge f	Innere Muffen-weite D_2	Muffen-wand-stärke $y = 1,4 d$	Wulst		Zentrierungsring			Lichter Durch-messer D
				Stärke, Breite, Anschlußrad. $x = 7 + 2d$	Äußerer Durchmesser D_3	Größter Durchmesser $D_1 + \frac{1}{3}f$	Kleinst. Durchm. $D_1 + \frac{2}{3}f$	Tiefe $1,5 d$	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
74	7	70	11	23	116	65	61	12	40
77	7,5	81	11	23	127	76	71	12	50
80	7,5	92	12	24	140	87	82	13	60
82	7,5	102	12	25	150	97	92	13	78
84	7,5	113	12,5	25	163	108	103	14	80
86	7,5	123	12,5	25	173	118	113	14	90
88	7,5	133	13	25	183	128	123	14	100
91	7,5	159	13,5	26	211	154	149	14	125
94	7,5	185	14	27	239	180	175	15	150
97	7,5	211	14,5	28	267	206	211	16	175
100	8	238	15	29	296	233	228	16	200
100	8	264	16	30	324	259	254	17	225
103	8,5	291	17	31	353	285	280	18	250
103	8,5	317	17,5	32	381	311	306	19	275
105	8,5	343	18	33	409	337	332	20	300
105	8,5	369	19	34	437	363	358	20	325
107	8,5	395	19,5	35	465	389	384	21	350
107	9	421	20	35	491	415	409	21	375
110	9,5	448	20,5	36	520	442	436	22	400
110	9,5	473	20,5	36	545	467	461	22	425
112	9,5	499	21	37	573	493	487	23	450
112	9,5	525	21,5	38	601	519	513	23	475
115	10	552	22,5	39	630	545	539	24	500
117	10	603	23	40	683	596	590	25	550
120	10,5	655	24	41	735	648	641	26	600
122	10,5	707	25	43	793	700	693	27	650
125	11	763	26,5	45	850	753	746	28	700
127	11	812	28	47	906	805	798	30	750
130	12	866	29,5	49	964	858	850	31	800
135	12,5	970	31,5	52	1074	962	954	33	900
140	13	1074	33,5	55	1184	1065	1057	36	1000
145	13	1178	36,5	59	1296	1169	1161	39	1100
150	13	1282	39	63	1408	1273	1265	42	1200
160	14	1588	42	67	1722	1578	1569	45	1500

Normaltabelle schmiede-

Lichter Rohrdurchmesser	Wandstärke	Äußerer Rohrdurchmesser	Baulänge	Gewicht					
				pro Rohr	1 lfd. m Rohr abgerundet	1 lfd. m glattes Rohr	ein Flansch	Gummiring 3 mm stark	Bleiring 4 mm
40	8	56	2	22	11	8,75	1,90	0,030	0,24
			3	30	10				
50	8	66	3	37	13	10,60	2,40	0,040	0,27
60	8,5	77	3	46	16	13,30	3,00	0,044	0,29
70	8,5	87	3	52	18	15,20	3,20	0,050	0,34
80	9	98	3	62	21	18,25	3,85	0,053	0,38
90	9	108	3	70	24	20,30	4,40	0,070	0,41
100	9	118	3	77	26	22,35	5,00	0,078	0,50
125	9,5	144	3	100	34	29,10	6,25	0,092	0,60
150	10	170	3	125	42	36,45	7,70	0,114	0,70
175	10,5	196	3	151	51	44,35	9,00	0,129	0,94
200	11	222	3	180	60	52,85	10,70	0,143	0,99
			4	233	59	61,95	11,00	0,160	1,10
225	11,5	248	3	208	70				
			4	270	68				
			3	241	81	71,60	13,00	0,165	1,21
250	12	274	4	313	79				
			3	275	92	81,85	14,40	0,180	1,31
275	12,5	300	4	358	89				
			3	309	103	92,68	15,35	0,190	1,42
300	13	326	4	402	101				
325	13,5	352	4	456	114	105	19,50	0,235	1,81
350	14	378	4	507	127	116	21,30	0,253	1,93
375	14	403	4	545	137	124	24,30	0,270	2,06
400	14,5	429	4	599	150	137	25,45	0,290	2,19
425	14,5	454	4	636	159	145	27,65	0,300	2,31
450	15	480	4	696	174	159	29,90	0,320	2,44
475	15,5	506	4	758	190	173	32,40	0,385	2,76
500	16	532	4	822	206	188	34,70	0,410	3,10
550	16,5	583	4	940	235	213	44,30	0,440	3,38
600	17	634	4	1051	263	239	47,40	0,480	3,67
650	18	686	4	1196	300	277	50,15	0,520	3,95
700	19	738	4	1358	340	311	56,50	0,550	4,24
750	20	790	4	1523	381	351	59,81	0,590	4,53
800	21	842	4	1726	432	393	76,80	0,670	5,35
			4	2059	515	473	84,30	0,750	6,09
900	22,5	945	5	2532	507				
			4	2423	606	560	91,60	0,830	6,74
1000	24	1048	5	2982	597				
			4	2883	721	667	108,00	0,910	7,38
1100	26	1152	5	3550	710				
			4	3372	843	783	120,00	0,990	8,02
1200	28	1256	5	4156	832				
			4	4482	1121	1045	152,00	1,350	11,10
1500	30	1560	5	5526	1106				

eiserner Flanschröhren.

Anzahl	Schrauben				Flanschen					Lichter Rohrdurchmesser
	Dicke		Durchm. des Schraubenloches	Bolzenlänge ohne Kopf	Durchmesser	Dicke	Lochkreis	Dichtungsleiste		
	mm	Zoll						Breite	Höhe	
4	13	1/2	15	70	140	18	110	25	3	40
4	16	3/8	18	75	160	18	125	25	3	50
4	16	3/8	18	75	175	19	135	25	3	60
4	16	3/8	18	75	185	19	145	25	3	70
4	16	3/8	18	75	200	20	160	25	3	80
4	16	3/8	18	75	215	20	170	25	3	90
4	19	3/4	21	85	230	20	180	28	3	100
4	19	3/4	21	85	260	21	210	28	3	125
6	19	3/4	21	85	290	22	240	28	3	150
6	19	3/4	21	85	320	23	270	30	3	175
6	19	3/4	21	85	350	23	300	30	3	200
6	19	3/4	21	85	370	23	320	30	3	225
8	19	3/4	21	90	400	24	350	30	3	250
8	19	3/4	21	90	425	25	375	30	3	275
8	19	3/4	21	90	450	25	400	30	3	300
10	22,5	7/8	25	105	490	26	435	35	4	325
10	22,5	7/8	25	105	520	26	465	35	4	350
10	22,5	7/8	25	105	550	27	495	35	4	375
10	22,5	7/8	25	105	575	27	520	35	4	400
12	22,5	7/8	25	105	600	28	545	35	4	425
12	22,5	7/8	25	105	630	28	570	35	4	450
12	22,5	7/8	25	105	655	29	600	40	4	475
12	22,5	7/8	25	105	680	30	625	40	4	500
14	26	1	28,5	115	740	33	675	40	5	550
16	26	1	28,5	115	790	33	725	40	5	600
18	26	1	28,5	115	840	33	775	40	5	650
18	26	1	28,5	115	900	33	830	40	5	700
20	26	1	28,5	115	950	33	880	40	5	750
20	29	1 1/8	32	135	1020	36	940	45	5	800
22	29	1 1/2	32	135	1120	36	1040	45	5	900
24	29	1 1/4	32	135	1220	36	1140	45	5	1000
26	29	1 1/8	32	135	1320	40	1250	45	5	1100
28	29	1 1/8	32	135	1428	40	1355	45	5	1200
34	32	1 1/4	35	140	1725	43	1650	50	5	1500

Mitunter werden auch Behelfsanlagen mit Gummiringen aus bestem Paragummi gedichtet. Die Ringe werden auf das Schwanzende des einen Rohres fest aufgebracht; dieses wird alsdann in die Muffe des anderen Rohres fest eingeschoben. Ein Vorteil dieser Gummidichtung ist, daß bei Senkungen des Bodens Undichtigkeiten nicht so leicht eintreten, auch kann das Verlegen der Rohrleitung verhältnismäßig schnell erfolgen. Da der Gummi aber im Laufe der Zeit brüchig wird, kommen für diese Dichtungsart nur Behelfs- oder kleinere Anlagen in Frage.

Die Flanschenrohrleitungen besitzen im Gegensatz zu den Muffenrohrleitungen eine große Starrheit und Festigkeit in den Verbindungsstellen. Ein Nachteil ist, daß infolge dieser Starrheit und Unnachgiebigkeit Rohrbrüche, besonders bei beweglichem Boden, leicht entstehen können.

Die Frage, ob es zweckmäßiger ist, guß- oder schmiedeeiserne Rohre zu verwenden, richtet sich nach folgenden Erwägungen:

Für gußeiserne Rohre spricht die größere Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse des Bodens, handliche Baulänge und leichtes Ausbessern, ferner leichtes Einsetzen neuer Abzweige und Anbohrungen unter Druck. Nachteilig wirkt die sehr geringe Zugfestigkeit und die damit verbundene Bruchgefahr, ferner die vielen Dichtungstellen infolge der kurzen Baulängen.

Die schmiedeeisernen Rohre besitzen große Zugfestigkeit und Zähigkeit. Infolgedessen ist die Bruchgefahr nur gering. Durch die großen Abmessungen — Durchmesser bis 3000 mm und Baulängen bis 45 m — sind nur wenig Verbindungen erforderlich. Das Gewicht der schmiedeeisernen Rohre ist geringer als das der gußeisernen, wodurch sich auch geringere Arbeits- und Förderkosten ergeben, was besonders für abgelegene Baustellen ins Gewicht fällt.

Vor dem Verlegen sind die Rohre einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Die Prüfung hat sich darauf zu erstrecken, ob die Rohre vollständig rund und gerade sind und die vorgeschriebene Wandstärke besitzen. Abweichungen sind nur bis höchstens 10% zu gestatten. Die Maße der Muffen und

Schwanzenden und die Bohrungen der Flanschen sind genau nachzuprüfen. Rohre mit Gußfehlern dürfen keineswegs abgenommen werden.

Zum Rostschutz werden die Rohre in heißem Zustande mit Asphaltteer überzogen. Fertig verlegte Rohrleitungen müssen durch Wasser- oder Dampfdruck geprüft werden. Zu diesem Zwecke wird die Leitung vollständig gefüllt, bis das Wasser ruhig ohne Stöße am obersten Ende abläuft. Das ist das Zeichen, daß sämtliche Luft aus der Leitung entfernt ist. Nunmehr erfolgt das Abdrücken der beiderseits geschlossenen Leitung in üblicher Weise vom oberen Ende mit dem vorgesehenen Druck. Hierbei werden die Rohre und Dichtungen einzeln nachgesehen. Der Druck darf in der ersten Viertelstunde um 1 bis 2 Atm. zurückgehen, muß dann aber stehen bleiben.

Die Leitungen werden stets von den tieferen nach höheren Punkten verlegt und zwar mindestens 0,80 bis 1,00 m unter Geländehöhe, damit die Rohre frostfrei liegen; im allgemeinen wählt man eine mittlere Bodendeckung von 1,25 bis 1,50 m. Die Rohrleitungen dürfen nicht unmittelbar auf vorhandene Mauerkörper, Steine usw. aufgelegt werden. Derartige Hindernisse im Rohrgraben sind wegzuräumen oder sie müssen mit Sand oder Erdboden 40 bis 50 cm hoch überdeckt und mit der Grabensohle eingeebnet werden. Die Rohre können auch durch geeignete Befestigungsvorrichtungen gesichert werden, damit sie bei Bewegungen des Erdbodens nicht brechen. Aus gleichem Grunde ist auch dafür zu sorgen, daß die Rohrgrabensohle völlig eben ist. Bei schlechtem Baugrund, z. B. Moor, Trieb sand usw., wird die Grabensohle entweder durch eingeschlämten Sand oder durch Kies od. dgl. besonders befestigt oder durch Beton- oder Holzpfähle genügend gesichert. Es ist beim Verlegen der Leitung darauf zu achten, daß die Rohre vollständig hinterfüllt werden, damit keine Hohlräume entstehen. Die Hinterfüllung darf nur mit steinfreiem Boden geschehen. Beim Zufüllen des Grabens werden die Rohre zuerst 25 cm über dem Rohrscheitel überdeckt, hierauf wird unter ständigem Wasserzusatz mit dem festen Einstampfen des Erdbodens in Lagen von 20 bis 25 cm be-

gonnen. Dem Fortschreiten der Grabenzufüllung entsprechend, wird die Aussteifung allmählich entfernt.

II. Druckleitungen.

Die Druckleitungen bestehen meist aus Flanschenrohren, die von den Pumpen bis zu den Behältern führen, wohin das Wasser gelangen soll. Über die Art der Dichtung und Verlegung findet sinngemäß das vorher Gesagte Anwendung. Vor dem Inbetriebsetzen sind die Rohrleitungen ebenfalls einer Druckprobe zu unterziehen, um sich zu vergewissern, daß sie vollständig dicht und dem Betriebsdruck gewachsen sind.

Sobald zum Abfluß des Wassers Gefälle vorhanden ist, wird man aus Gründen der Ersparnis zu offenen Gerinnen seine Zuflucht nehmen können. Diese Gerinne bestehen aus Holz, Blech oder offenen Gräben. Holzgerinne, sog. Drummen, werden, um sie wasserdicht zu machen, mittels geteerter Dachpappe ausgekleidet oder nur auch geteert. Blechgerinne werden aus 2 bis 4 mm starkem Eisenblech hergestellt. Als Rostschutz wird das Eisenblech entweder verzinkt oder gestrichen. Offene Gräben sind im Lehm- oder Tonboden ohne weiteres wasserdicht herzustellen, während sie in anderen Bodenarten gegen Versickerung geschützt werden müssen, was am besten durch Tonschichten geschieht.

III. Rohrüberführungen und Unterführungen.

Oft werden sich, besonders bei ausgedehnten Anlagen, Rohrüber- und -unterführungen als notwendig erweisen, insbesondere bei Eisenbahnen, Straßen, Chausseen, Brücken, Tälern, Flüssen usw.

Bei Überführung von Eisenbahnen, Straßen und Chausseen erhält die Rohrleitung vorteilhaft einen Schutz durch Überrohre, um bei Rohrbrüchen ein Überfluten zu vermeiden.

Das Überschreiten von Brücken erfolgt meist durch Aufhängen der Rohrleitungen an den Brücken. Gegebenenfalls kommt auch hier ein Überrohr in Frage.

Tiefe Täler werden folgendermaßen überschritten: Die Rohrleitungen werden zunächst an den Abhängen soweit hinuntergeführt, daß der innere Leitungsdruck eine gewisse Größe

nicht überschreitet; die Reststrecke wird durch eine Rohrbrücke überschritten. Die Rohrleitung wird also gewissermaßen als Düker geführt.

Bei Unterführungen kleinerer Flüsse werden die Rohrleitungen mit Beton oder Mauerwerk umkleidet und in die Flußsohle gelegt. Größere Flußunterführungen werden entweder durch Taucher auf dem Grund verbunden oder sie werden vorher fertig hergestellt und durch Einlassen von Wasser versenkt. Stets ist darauf zu achten, daß die Rohre tiefer als die Flußsohle liegen und mit Boden bedeckt sind, damit sie nicht durch die Schifffahrt beschädigt werden.

In anderen Fällen erfolgt auch eine Unterdükerung der Flüsse. Beim Verlegen ist auf Ausdehnungsmöglichkeit der Rohrleitungen zu achten.

f) Maschinelle Einrichtung.

I. Pumpen.

Allgemeines.

Für die zur Verwendung gelangenden Pumpen wähle man stets beste Erzeugnisse bekannter Firmen. Ihre Einzelteile müssen jederzeit bequem zugänglich und leicht austauschbar sein. Die Pumpen müssen gleichförmigen Gang, einfache Schmierung besitzen und leicht regulierbar sein.

Für eine größere Steigerungsfähigkeit der Leistung der gewählten Pumpe ist Vorsorge zu treffen. Über die Größe dieser zu treffenden Steigerungsfähigkeit lassen sich naturgemäß keine allgemein gültigen Angaben machen, doch kann sie bis zu 100% betragen.

Der Wasserausfluß aus der Pumpe muß so niedrig wie möglich angeordnet werden. Bei Bauten am Meere, wo man es mit häufig wechselndem Wasserspiegel zu tun hat, ist es empfehlenswert, den Ausfluß veränderlich anzulegen.

1. Kreiselpumpen.

Wegen der zu fördernden großen Wassermengen sind Kreiselpumpen sehr gebräuchlich. Ihre Saughöhe beträgt bei guter Ausführung bis ca. 6,5 m. Maßgebend für die Saug-

höhe ist der Wasserspiegel des Brunnens. Es wird also die erzielte Absenkung des Grundwassers nach der Art der Bodenbeschaffenheit eine mehr oder minder große Abweichung von dieser Angabe ergeben. Die Kreiselpumpen erfordern infolge ihrer einfachen Bauart nur geringe Wartung. Als Nachteile wären zu erwähnen:

1. Zum Inbetriebsetzen der Pumpen sind besondere Auffüll- und Ansaugvorrichtungen erforderlich.
2. Es besteht die Gefahr des Abreißen des Wasserstranges, wobei die ganze Anlage leicht versagt.

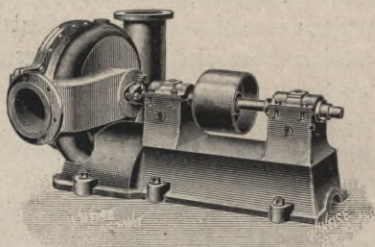


Abb. 24. Kreiselpumpe der Firma Albert Doering. G. m. b. H., Maschinen- und Pumpenfabrik, Sinn (H.-N.).

Ein besonderer Vorzug dieser Pumpen ist, daß sie niedrige Tourenzahlen haben und für Saughöhen bis 8 m zu gebrauchen sind. Die Druckhöhe kann bis zu 20 m betragen. Der Flansch am Saugstutzen ist aus Schmiedeeisen und drehbar gefertigt, was für Tiefbauzwecke sehr vorteilhaft ist. Hervorzuheben ist noch die kräftige und solide Bauart der Pumpe.

Das Auffüllen der Kreiselpumpen erfolgt entweder mittels einer Wasserleitung oder mittels des bereits gehobenen Wassers durch Zurückleiten des Wassers aus der Druck- in die Saugleitung.

Als Ansaugvorrichtungen dienen entweder Dampf- oder Wasserstrahl Düsen, je nachdem Dampf- oder Wasserkraft zur Verfügung steht, ferner Luftpumpen und endlich Kolben- oder Membranpumpen.

Vor jede Pumpe ist zwischen Pumpe und Saugleitung ein Schieber einzusetzen, um im Bedarfsfalle die einzelnen Pumpen ein- und ausschalten zu können. Hinter die Pumpe, zwischen Pumpe und Druckleitung, ist ein Rückschlagventil oder eine Klappe einzuschalten, da sonst das Wasser bei plötzlichem Abreißen aus der Druckleitung zurückfließen würde, was in

der Saugleitung heftige Schläge und bei Muffenrohrleitungen leicht Undichtigkeiten hervorrufen würde.

Die Arbeitsleistung der Maschine wird bei Kreiselpumpen in zweifacher Form, und zwar sowohl als sog. lebendige Kraft

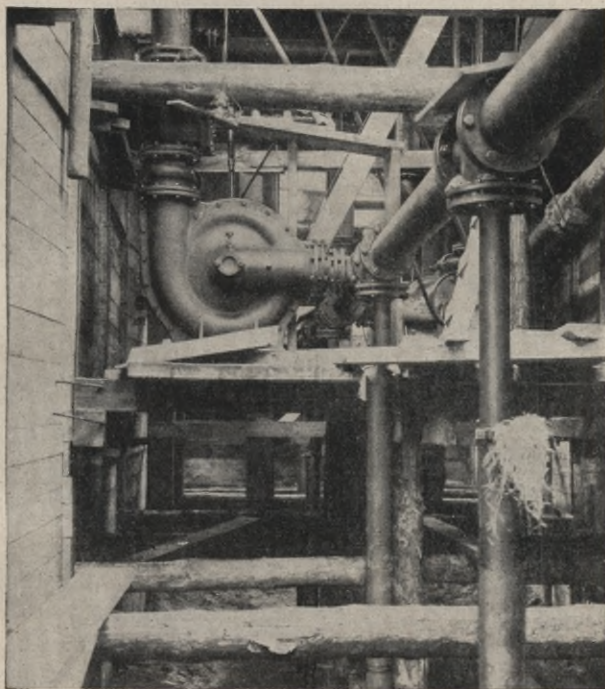


Abb. 25. Dückerbaugrube am Emserplatz in Berlin-Wilmersdorf. Zwei Kreiselpumpen mit zugehöriger Saugleitung. Die Elektromotoren sind wegen Raumangel höher gestellt.

wie als Pressungsenergie übertragen. Es kann jede der beiden Energieformen in die andere umgewandelt und zur Wasserhebung benutzt werden.

Die Bauart der Kreiselpumpe ist leicht verständlich. Bei der einfachsten Bauart besitzt sie ein Flügelrad, das mitunter außerachsig im Pumpengehäuse lagert. Der Eintritt des Wassers in die Pumpe erfolgt zur Radachse gleichlaufend. Bei der Umdrehung wird das Wasser von den Flügeln gefaßt,

die es in den äußeren Ringkanal schleudern, an den das Druckrohr tangential angeschlossen ist.

Die mit den Kreiselpumpen zu überwindende Förderhöhe ist abhängig von der Drehzahl des Rades. Es ist zu unterscheiden zwischen Niederdruckpumpen mit einem Rad ohne Leitvorrichtung für Förderhöhen bis 20 m und Hochdruckpumpen mit einem oder mehreren hintereinander geschalteten Rädern und Leitvorrichtung für Förderhöhen bis 1000 m.

Die von einem Rad zu überwindende Förderhöhe ist

$$h = \varphi \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt hierbei:

$$v \leq 40 \text{ skm.}$$

Für Niederdruckpumpen ist

$$h = \infty \frac{v^2}{22}$$

Für Hochdruckpumpen ist

$$h = \infty \frac{v^2}{20} \text{ bis } \frac{v^2}{18}.$$

Wegen der gedrängten Bauart brauchen die Kreiselpumpen nur wenig Platz und kleinen Unterbau. Wegen des gleichmäßigen Wasserdurchflusses sind keine Windkessel erforderlich. Infolgedessen sind größere Wassergeschwindigkeiten und damit kleinere Rohrdurchmesser als bei Kolbenpumpen zulässig. Bei Saugleitungen können Wassergeschwindigkeiten bis 2 skm, bei Druckleitungen bis 2,5 skm zugelassen werden. Die Umlaufzahlen wachsen bei jeder Pumpe mit der Förderhöhe und betragen bei kleineren Pumpen bis 2700 in der Minute.

Die Kreiselpumpen eignen sich zur Förderung von großen Wassermassen, auch schlamm- oder sandhaltigem Wasser.

Der Betrieb beginnt mit dem Auffüllen oder Ansaugen des Pumpengehäuses. Das Druckwasser tritt in den Spalt zwischen Lauf- und Leitrad, woraus sich eine Kraft ergibt, die jedes Rad in Richtung der Wellenachse zu treiben bestrebt ist.

Staffelung der Kreiselpumpen-Anlagen.

Wenn tiefere Absenkungen in Frage kommen, so muß zur Staffelung der Kreiselpumpen geschritten werden. Die über

dem natürlichen Grundwasserspiegel verlegte Saugleitung mit den an sie angeschlossenen Rohrbrunnen bildet die erste Staffel. Entsprechend der Absenkung erfolgt nun die Ausschachtung der Baugrube. Über den nun gesenkten Grundwasserspiegel wird die neue Saugleitung verlegt, nachdem neue Brunnen gebohrt und an die Saugleitung angeschlossen

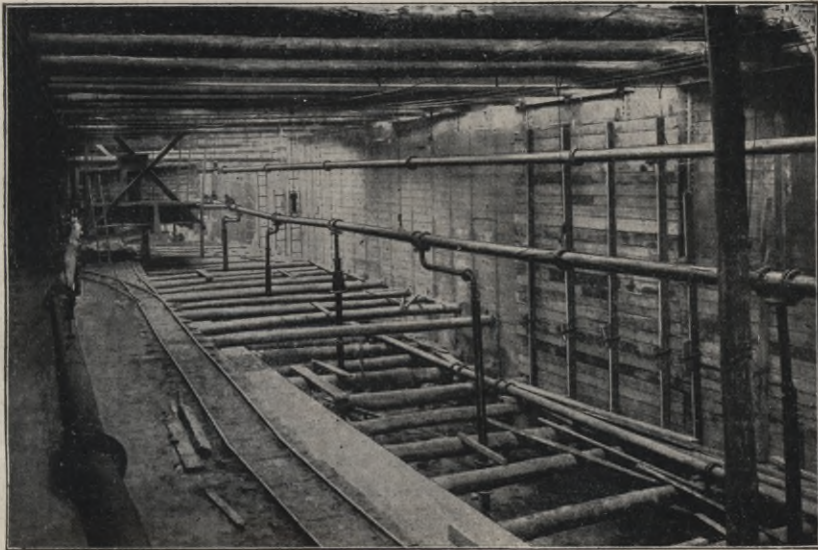


Abb. 26. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn.

Mehrstafflige Grundwasserhaltungsanlage für die Herstellung des Doppeltunnels der Schöneberger Untergrundbahn in der Motzstraße; Tiefe der Absenkung 7,5 m.

worden sind. Diese zweite Saugleitung wird nun als zweite Staffel in Betrieb genommen. Nach weiterer Absenkung des Grundwasserspiegels wird erneut ausgeschachtet usw. Die oberen Brunnen werden durch die immer weitere Absenkung des Grundwasserspiegels trockengelegt und außer Betrieb genommen.

Derartige mehrstafflige Grundwasserspiegelsenkungsanlagen in bis fünffacher Staffelung wurden u. a. bei den Neubauten auf der Museumsinsel in Berlin und den Berliner Untergrundbahnbauten von Siemens & Halske, A.-G. ausgeführt. Die Anordnung ist aus Abb. 26 ersichtlich.

Da die Wassermenge mit der Tiefe zunimmt, müssen die Brunnen der unteren Staffel enger aneinander gebohrt und die Abmessungen der Leitungen vergrößert werden.

Es ist vorteilhaft, die Brunnen der ersten Staffel stets in Betriebsbereitschaft zu halten, um beim plötzlichen Versagen der unteren Staffel ein Ersaufen der Anlage mit Maschinen usw. zu verhüten.

Entsprechend der mit der Tiefe zunehmenden Wassermenge wird man oft zwei oder mehr Saugleitungen für die unteren Staffel anordnen müssen.

In den Fällen, wo in den oberen Schichten sich gröbere Einlagerungen vorfinden, die ein leichtes Durchsickern des Wassers ermöglichen und dort, wo sich offene Gewässer, Seen oder Flüsse, in der Nachbarschaft befinden, muß auch die erste Staffel der Anlage ständig im Betrieb bleiben. Die Absenkungskurve wird bei diesen Fällen bedeutend steiler ansteigen, so daß ein Außerbetriebsetzen der ersten Staffel gar nicht in Frage kommt.

2. Kolbenpumpen.

Die Kolbenpumpen werden für Grundwasserspiegelabsenkungsanlagen nicht in dem Maße wie Kreiselpumpen benutzt. Kolbenpumpen werden nur bei Förderung geringerer Wassermengen verwendet, weil dort die Kreiselpumpen unwirtschaftlich arbeiten und ihr Betrieb sich wirtschaftlich nicht rechtfertigen lassen würde. Diejenigen Kolbenpumpen, die als Tiefpumpen mit tiefliegendem Zylinder Verwendung finden, sind später behandelt worden.

3. Mammutpumpen.

Die Mammutpumpen kommen nur für Tiefbrunnenanlagen an Stelle einer mehrstaffligen Kreiselpumpenanlage in Betracht; sie können beliebig tief gebohrt werden, ihr Hauptvorteil ist, daß sie von einer bestimmten Saughöhe unabhängig sind. Allerdings ist Bedingung, daß zur Erzielung einer bestimmten Förderhöhe das Fußstück um das gleiche Maß ins Wasser eintaucht, da die außerhalb des Steigerohres befindliche Wassersäule das Gemisch von Wasser und Luft innerhalb

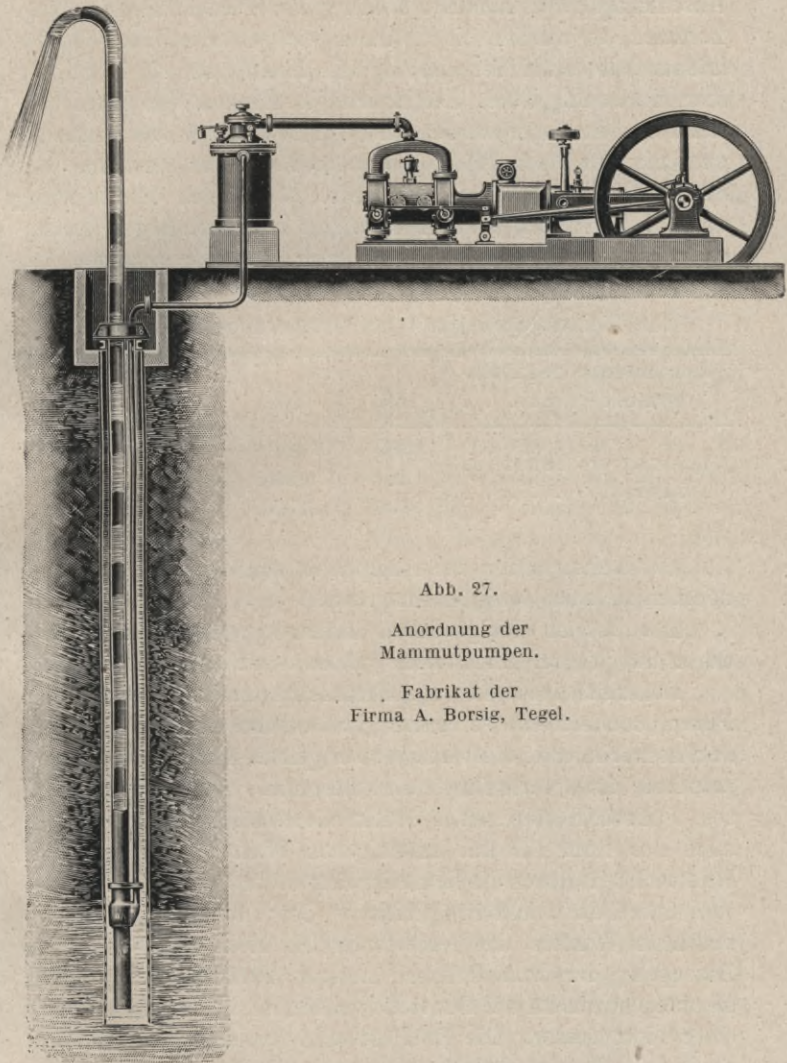


Abb. 27.

Anordnung der
Mammutpumpen.

Fabrikat der
Firma A. Borsig, Tegel.

des Steigerohres empodrückt. Da die Brunnen infolgedessen sehr tief gebohrt werden müssen, werden sie aus wirtschaftlichen Gründen nur dort verwendet, wo es sich um bedeutende

Absenkungstiefen handelt. Wenn große Förderhöhen in Frage kommen, so würden die Brunnen viel tiefer gebohrt werden müssen, als es bei Verwendung von Kreiselpumpen in Staffelform notwendig wäre. Die Bohrungen können also unter Umständen recht teuer werden und den Betrieb mittels Mammutpumpen unwirtschaftlich gestalten, besonders deshalb, weil die Mammutpumpen nur mit einer wirklichen Nutzleistung von etwa 25% arbeiten. Der Betrieb erfordert wegen der nötigen großen Luftmengen auch große Luftrohrleitungen, die wiederum größere Unkosten verursachen.

Die Leistungsfähigkeit der Mammutpumpen beträgt:

Durchmesser des Rohrbrunnens in mm. . .	150	200	250	300
Leistung pro Minute in Litern	300 bis 900	550 bis 3000	1150 bis 4000	2200 bis 5500

Die Konstruktion der Pumpen ist sehr einfach, an Raum nehmen sie sehr wenig in Anspruch.

Der Betrieb erfolgt durch Zuführung von Preßluft, wodurch das Wasser unmittelbar gehoben und ausgeworfen wird.

Bekanntlich ist die sog. Mammutpumpe keine eigentliche Pumpe, sondern eine Vorrichtung, bei welcher durch Vorhandensein komprimierter Luft das Wasser gehoben wird. Diese komprimierte Luft wird durch eine besondere Luftleitung in ein sog. Fußstück, eine Art T-Stück mit Düse, gedrückt, an das auch das Rohr für das aufsteigende Wasser geschraubt ist. Nun wird teils durch die Kraft der Expansion und des Auftriebes teils durch das leichtere spezifische Gewicht des mit Luft gemischten Wassers das letztere in die Höhe getrieben. Die Erzeugung der zum Betriebe nötigen Preßluft erfolgt, falls sie nicht schon an der Baustelle vorhanden ist, meistens durch einen Kompressor. Die Preßluft wird durch einen möglichst großen Luftkessel geleitet, der zur Erzielung eines möglichst gleichmäßigen Auftriebes mit Sicherheitsventil und Manometer versehen ist. Die erforderliche Luftkompression richtet sich nach der Größe der zu fördernden Wassermenge,

der Tiefe des natürlichen Grundwasserspiegels und der erforderlichen Absenkungstiefe.

Ein Nachteil bei der Verwendung der Mammutpumpe ist die notwendige große Eintauchtiefe. Infolgedessen sind wie gesagt, sehr tiefe Bohrungen erforderlich, wie sie selbst bei einer mehrstufigen Kreiselpumpenanlage nicht notwendig wären. Der Filter steht bedeutend tiefer als bei Verwendung von Kreiselpumpen in der niedrigsten Staffel.

Als Vorteile der Verwendung von Mammutpumpen wären dagegen zu erwähnen, daß man bei tiefen Absenkungen die Brunnen gleich vom Gelände, ohne spätere Staffelung bohren kann. In der Anlage selbst hat man eine größere Sicherheit für den Betrieb, weil Fehler, sowohl im Luftdruck- als auch Wasserdruckrohr sich sofort kenntlich machen und sich verhältnismäßig leicht abstellen lassen. Dagegen bietet das Ansaugen der Wassersäulen durch eine Kreiselpumpe oft große Schwierigkeiten. Bei fortschreitenden Erdarbeiten ist man in der Lage, durch einfache Weiterführung der kleinen Luftleitung eine Anzahl weiterer Brunnen der Anlage anzuschließen.

In Berlin sind die Mammutpumpen vorzugsweise bei den Spreeuntertunnelungen zur Anwendung gelangt, sowohl bei der Ausführung der Spreetunnels¹⁾ der Hochbahngesellschaft im Zuge der Strecke Spittelmarkt-Alexanderplatz, als auch bei den neuesten Bauwerken, wie z. B. der Untertunnelung der Spree an der Weidendammer Brücke für die Nord-Süd-Untergrundbahn. Die Ausführung geschah bei den genannten Bauwerken durch die Firma A. Borsig, Berlin-Tegel.

4. Tiefbrunnenpumpenausführung der Siemens-Schuckertwerke.

Von den Siemens-Schuckertwerken werden Spezialtiefbrunnenpumpen ausgeführt, die vielfach, insbesondere auch bei den Grundwassersenkungen der Berliner Untergrundbahnen Verwendung gefunden haben, worüber an anderen Stellen dieses Buches auch berichtet worden ist.

¹⁾ Vgl. Theodor Steen, »Mammutpumpen-Anlage zur Untertunnelung der Spree« im »Zentralblatt der Bauverwaltung«, Jahrg. 1911, Nr. 85, Seite 524.

Diese Pumpen sind im Prinzip Hubpumpen mit drei Kolben, die in der Brunnentiefe in einem als Arbeitszylinder ausgebildeten Rohrstück arbeiten und an langen Gestängen befestigt sind. Diese drei Kolben sind übereinander angeordnet und werden mit Hilfe von drei verschiedenen Gestängen durch einen einfachen Kurbeltrieb mit Versetzung der einzelnen Kurbeln gegeneinander um 120° angetrieben. Der Kurbeltrieb gelangt unmittelbar über dem Brunnenrohr zur Aufstellung und wird durch einen Elektromotor angetrieben. Durch diese drei mit Ringventilen versehenen Kolben wird eine gleichmäßige Entnahme des Wassers erzielt, was für Absenkungszwecke besonders wichtig ist. Der Durchmesser der Brunnenrohre beträgt 150—200 mm und reicht auch für größere Wasserförderungen aus. Das Gestänge für die beiden oberen Kolben ist aus Stahlrohren, die sowohl zum Brunnenrohr als auch untereinander konzentrisch angebracht sind. Für den untersten Kolben ist ein volles Gestänge angeordnet.

Bei diesen Pumpen ist eine besondere Saugleitung nicht erforderlich. Zur Ableitung des geförderten Wassers dienen Abflußrinnen.

Ein Vorteil dieser Pumpen ist, daß beim Aufhören des Wasserzuflusses die betreffende Pumpe abmontiert und an anderer Stelle wieder verwendet werden kann, während bei Kreiselpumpen der betreffende Brunnen durch einen Schieber geschlossen werden muß.

Als Nachteil der Tiefbrunnenpumpen ist der hohe Preis zu nennen. Für kleinere und weniger tiefe Absenkungen würden diese Pumpen also unwirtschaftlich arbeiten und kommen dementsprechend nur bei sehr tiefen Anlagen, dort allerdings mit sehr gutem Erfolge, in Frage.

5. Der hydraulische Widder oder Stoßheber.

Der hydraulische Widder (Stoßheber) ist eine der ältesten Wasserhebevorrichtungen. Das Wasser wird im hydraulischen Widder durch die lebendige Kraft, die es infolge seiner Strömungsgeschwindigkeit erlangt hat, zu einer größeren Höhe erhoben als die ist, von welcher es herabfällt. Der Grundge-

danke ist, daß das Wasser plötzlich in seiner Bewegung gehemmt wird und durch den Stoß das Ventil zu einem Steigrohr öffnet und emporsteigt, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Im allgemeinen besitzt allerdings der hydraulische Widder nur geringe Nutzwertung; daher ist seine Verwendung keine allzu große, doch können Verhältnisse vorliegen, wo die Anwendung eines Widders möglich und vielleicht ratsam ist, denn die Vorrichtung arbeitet ohne Betriebskosten und fast ohne Wartung. Die Nutzleistung verringert sich wesentlich, wenn das verfügbare Gefälle im Verhältnis zur Steighöhe gering ist.

Anwendbar sind die hydraulischen Widder überall dort, wo Wassergefälle aus einer Quelle, einem Teiche oder fließendem Gewässer vorhanden ist. Durch solche Wasserkraft in Betrieb gesetzt, fördert der hydraulische Widder einen Teil des ihn treibenden Wassers selbsttätig auf beliebige Höhen und Entfernungen. Aus diesem Grunde kann seine Anwendung zur billigen Beförderung von Wasser für Gemeinden, Gutsgehöfte, Eisenbahnhöfe usw. in Frage kommen.

Da der hydraulische Widder, sobald er in Tätigkeit gesetzt ist, selbsttätig und ohne besonderer Wartung weiterarbeitet, so ist er für oben angedeutete Verhältnisse eine billige und einfache Wasserhebemaschine.

Über die Leistung eines Widders kann man bestimmte Angaben nicht machen, da dies in jedem einzelnen Falle von der Triebwassermenge, der Gefällhöhe, der Steighöhe, der Länge der Rohrleitungen und schließlich der Größe des Widders selbst abhängt. Die Leistung ist um so größer, je geringer die zu fördernde Höhe ist, und je größeres Wassergefälle vorhanden ist.

Die geringste praktisch ausnutzbare Gefällhöhe beträgt 1 m, die größte 15 m, da bei größeren Gefällhöhen die auftretenden Stöße zu groß werden würden. Die größte Steighöhe ist 150 bis 160 m. Die höchste Leistung eines Widders beträgt 28 skl.

Das Verhältnis der von einem Widder geförderten zu der von ihm verspeisten Wassermenge ist abhängig von dem Verhältnis der Steighöhe zur Gefällhöhe. Unter günstigen

Bedingungen arbeiten die Widder mit einem Wirkungsgrade $\eta = 0,7$.

In nachfolgenden Formeln bedeuten:

h = Steighöhe

H = Gefällhöhe

q = geförderte Wassermenge

Q = verspeiste Wassermenge.

Wenn nun $h = 7 H$, so ist:

$$q \cdot h = \eta \cdot Q \cdot H,$$

$$q = \eta \cdot \frac{Q \cdot H}{h}$$

$$q = \frac{Q}{10}.$$

Das heißt $\frac{1}{10}$ des dem Widder zufließenden Wassers wird die Höhe h gefördert, während $\frac{9}{10}$ von dem Apparat selbst als Betriebskraft verspeist werden. Es ist also für den Betrieb ein entbehrlicher Wasserüberschuß notwendig, der um so größer sein muß, je höher das Wasser im Verhältnis zur Gefällhöhe gefördert werden muß.

Eine sehenswerte Widderanlage befindet sich auf dem Inselsberg in Thüringen, die mit einer Steighöhe von 154 m arbeitet. Die Burg Normannstein bei Treffurt mit dem hochliegenden Teil der Stadt Treffurt erhält ebenfalls das Wasser mittels eines Widders.

II. Betriebsmaschinen.

Allgemeines.

Zum Antrieb der Pumpen kommen Elektromotoren und Lokomobilen in Frage. Verbrennungsmotoren kommen bisher nur in seltenen Fällen zur Anwendung. Der Hauptgrund dürfte sein, daß heutzutage elektrischer Strom fast überall vorhanden ist, infolgedessen zu Elektromotoren gegriffen wird. Andererseits besitzen die Baufirmen fast stets Lokomobilen, die auch für andere Arbeiten verwendbar sind.

Die bisher nur wenig verwendeten Verbrennungsmotoren besitzen mancherlei Vorzüge, von denen vor allen Dingen die

stete Arbeitsbereitschaft, sodann die leichte Handhabung, die bequeme Beschaffung der Betriebsstoffe und die Leistungsfähigkeit genannt seien. Dagegen kommen Verbrennungs-

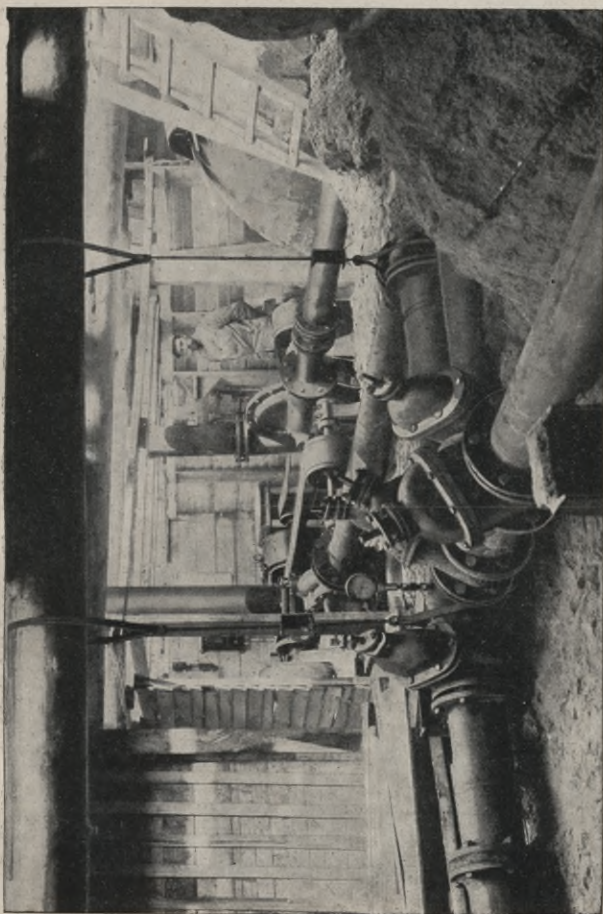


Abb. 28. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn. Pumpstelle in der Tunnelbaugrube am Nollendorplatz.

motoren für feststehende Anlagen vielfach zur Anwendung.

Zur Sicherheit und Bequemlichkeit des Betriebes gehören Übersichtlichkeit in der Anordnung der maschinellen Ein-

richtung, leichte Zugänglichkeit der Anlage, Geräumigkeit und Helligkeit in allen Teilen.

Bei der Kupplung ist zu beachten, daß die direkte Kupp-

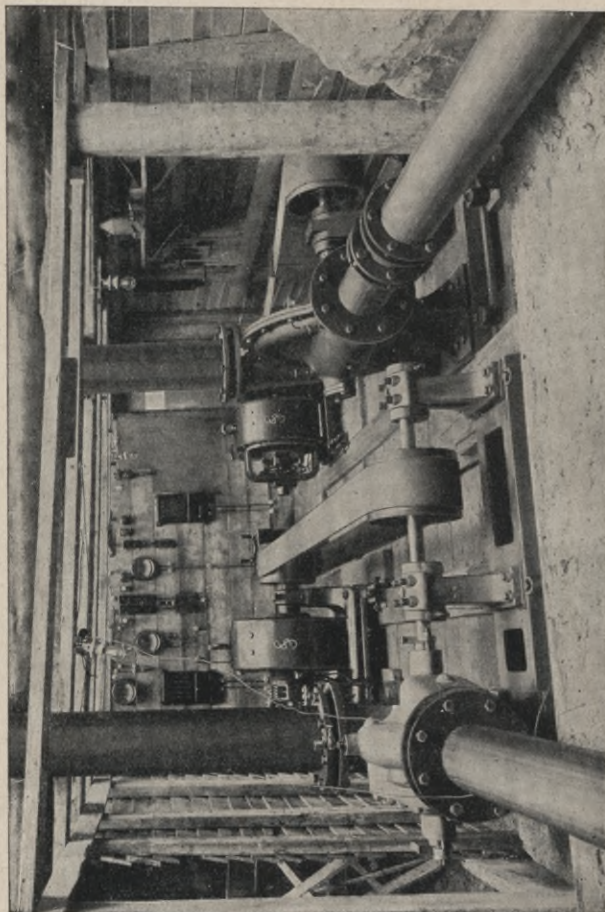


Abb. 29. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn.
Pumpstelle mit zwei Maschinensätzen im Treppenschacht am Nollendorferplatz.
Ausgeführt durch Siemens & Halske, Akt.-Ges.

lung von Maschinen und Pumpen den Vorzug bietet, daß Betriebsstörungen durch Abfallen der Riemen vermieden werden. Sämtliche Kontrollapparate, wie Manometer, Vakuumeter, Wasserstandsanzeiger, sollen übersichtlich angeordnet werden.

Genaue und gewissenhafte Buchführung und Notierung der Betriebszeiten, Umdrehungszahlen, erreichten Absenkungen, geförderten Wassermengen usw. erleichtern den Betrieb und gewährleisten ein einwandfreies Arbeiten. Für genügenden Vorrat an leicht auswechselbaren Reserveteilen, Schmiermitteln und Putzmaterialien muß gesorgt werden. Stets betriebsfähige Behelfsanlagen (Reserven) sichern vollständigen und ununterbrochenen Betrieb.

Elektromotoren.

Von den Elektromotoren kommen die verschiedensten Arten, von den kleinsten bis zu den größten Stärken, in Frage. Hier seien nur die Fabrikate der AEG., Siemens-Schuckertwerke, Bergmann A.-G. usw. erwähnt. Abb. 30 zeigt eine Zentrifugalpumpe, die direkt mit einem Motor gekuppelt ist. Fabrikat der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft.

Der Antrieb bei Wasserhaltungen erfolgt fast ausschließlich mit Drehstrom-Hochspannungsmotoren, die insofern eine Spezialausführung darstellen, weil sie bei den hier in Frage kommenden Leistungen von etwa 600 bis 1400 PS mit etwa 1400 bis 1500 Umdrehungen in der Minute arbeiten müssen, um für die Pumpen die günstigsten Konstruktionen zu erhalten, die auch wirtschaftlich am vorteilhaftesten arbeiten. Für die Aufrechterhaltung des Betriebes ist stete Betriebsbereitschaft und Betriebsfähigkeit der Wasserhaltung erforderlich. Um nun bei eventuellen Betriebsstörungen eine schnelle Lieferungsmöglichkeit zu erzielen, ist durch den Bergbauverein in Essen bei den größeren Elektrizitätsfirmen veranlaßt worden, die Wasserhaltungsmotoren zu normalisieren. Für diese Normalisierung kommen sowohl die Längen-, Breiten- und Höhenmasse wie auch die Lage der Wellenachse und die Abmessungen des Wellenstumpfes für die Kuppelung mit der Pumpe in Frage. Es soll durch diese Normalisierung erreicht werden, Motoren beliebiger Konstruktionen zu verwenden bzw. untereinander auszuwechseln. Es sind für diese Spezialausführungen die Wasserhaltungsmotoren ventiliert geschlossen, tropf- und spritzwasserdicht konstruiert.

Um nun bei den geschlossenen Motoren nicht unwirtschaftlich große Konstruktionen zu bekommen, erhalten die Motoren eine künstliche Kühlung durch Erhöhung der Luftzirkulation. Diese Erhöhung der Luftzirkulation wird durch Ventilatorflügel erreicht, die man auf der Motorwelle an-

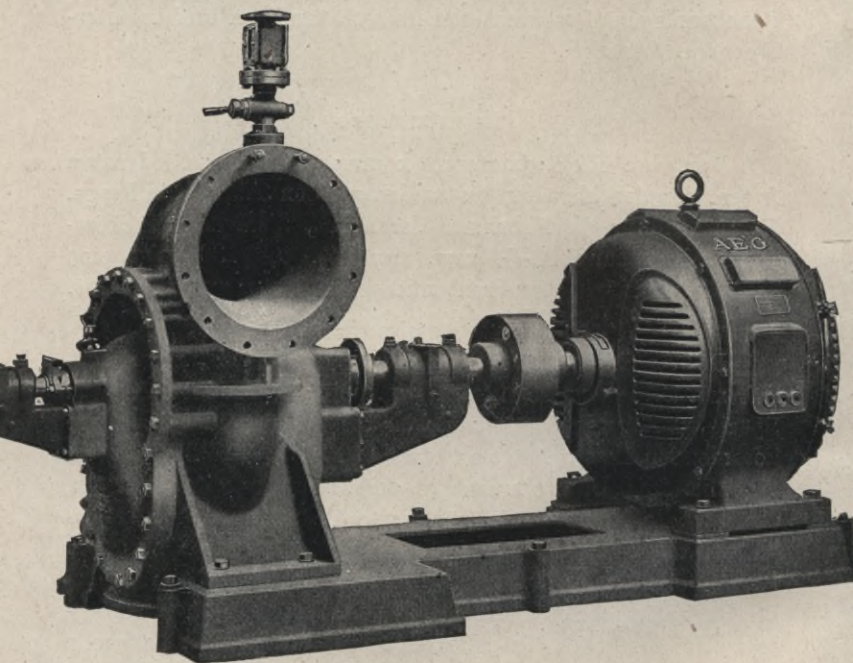


Abb. 30.

Schnellaufende Kreiselpumpe mit direkt gekoppeltem Drehstrommotor,
auf gemeinsamer Grundplatte aufgeschraubt.

Fabrikat der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft.

ordnet. Durch diese Ventilatorflügel wird die Luft an den Lagerseiten angesaugt und durch Luftkanäle, die im Innern des Motors angeordnet sind, hindurch gedrückt. Um zu verhindern, daß die Ventilationskanäle durch mitgerissene Staubteilchen allmählich sich verstopfen und häufigere Betriebspausen für die Reinigung der Motoren zu vermeiden, werden

Luftfilter angeordnet, die durch Kanäle mit den Luftzuführungsstutzen der Motoren direkt verbunden und in der

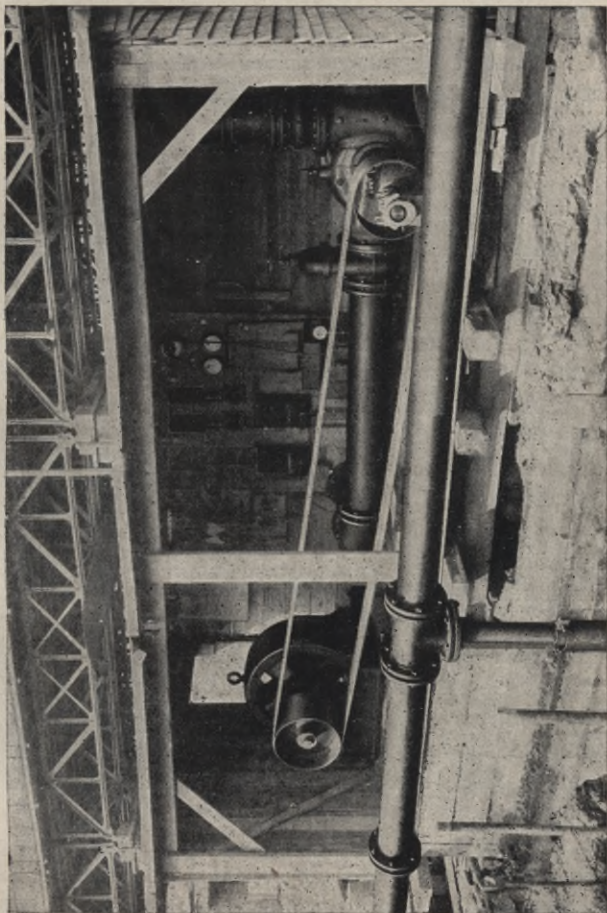


Abb. 31. Innenansicht einer Pumpstelle auf der Museumsinsel in Berlin.
Kreiselumpenantrieb durch Elektromotor.

Pumpenkammer untergebracht werden. Durch diese Luftfilter wird die Betriebssicherheit der Wasserhaltungsmotoren bedeutend erhöht.

Lokomobilen.

Von den Lokomobilen gelangen sowohl Heißdampf- wie auch Niederdampf-Lokomobilen zur Verwendung. Die be-

kanntesten Maschinen sind die der Firmen R. Wolf-Magdeburg und Heinrich Lanz-Mannheim.

Der Betrieb erfolgt meistens in Verbindung mit Kreisel-pumpen; er stellt sich vorteilhaft, weil:

1. infolge der Möglichkeit einer fahrbaren Anordnung der Transport von einem Platz zum andern leicht bewerkstelligt werden kann,

2. ihre Vereinigung von Kessel und Maschine in einem fahrbaren Aggregat bequeme Bedienbarkeit und geringe Platzverhältnisse gestattet, wodurch ihre Aufstellung provisorisch unter Wellblechdach oder in einem Holzschuppen ermöglicht wird,

3. nur ein kurzer Kamin erforderlich ist, da man durch Abdampf- und Frischdampfgebläse sich jederzeit von den natürlichen Zugverhältnissen unabhängig machen kann,

4. die Feuerbüchse für alle Arten von Brennmaterialien für sich oder in Mischungen, wie sie gerade bei ungünstigen Bauplatzverhältnissen zur Verfügung stehen, Verwendung finden kann,

5. die Lokomobile sich in Hinsicht auf Tourenzahl und Scheibenabmessungen ganz den Antriebverhältnissen von Zentrifugalpumpen billig anpassen läßt und sich

6. bezüglich wechselnder Belastung und Überlastung leicht den jeweiligen Betriebsverhältnissen von selbst anpaßt.

Man ist also nicht an einen bestimmten, schwer zu beschaffenden Brennstoff gebunden, vielmehr kann jedes zur Verfügung stehende Brennmaterial, wie z. B. Steinkohlen, Braunkohlen oder deren Briketts, Holz und Holzabfälle, Torf, Naphtha, Teeröl usw. vorteilhaft verheizt werden.

Im Bau-fach findet die Lokomobile in zwei Formen ausgedehnte Anwendung und zwar zunächst als stationäre Lokomobile dort, wo dauernd eine Betriebskraft gebraucht wird, wie z. B. bei ständig in Betrieb befindlichen Grundwasser-senkungsanlagen für Bergwerksbetriebe und wo die Aufstellung in einem geschlossenen Maschinenhaus erfolgt. Hierfür werden wohl stets Heißdampf-Verbundlokomobilen in Betracht kommen. Die zweite Anwendungsform sind fahrbare Lokomobilen, deren einfache Transportfähigkeit sie in besonderem Maße zur

Verwendung auf der Baustelle geeignet erscheinen lassen. Je nach der Größe, Leistung und Betriebsdauer sind hierfür Satttdampf- oder auch Heißdampf-Lokomobilen, mit oder ohne Kondensation, Hochdruck- oder Verbundmaschinen, am Platze.

Abb. 32 zeigt, wie zwei fahrbare Lokomobilen der Firma Heinrich Lanz-Mannheim mit einer Leistung von 65 bis 96 PS

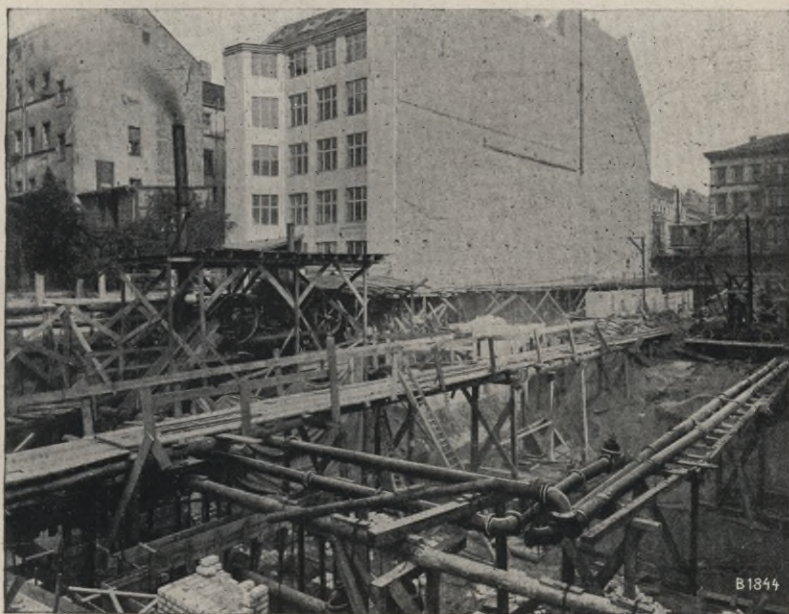


Abb. 32. Antrieb der Pumpen durch zwei Lanzsche Lokomobilen von 65—96 PS. Leistung bei der Wasserhaltung des Neubaus der Weinkellereien der Firma Kempinski & Co. in Berlin.

zum Antrieb von Zentrifugalpumpen bei einer Grundwasserabsenkung Verwendung finden. Es handelt sich hier um den Neubau der Weinkellerei der Firma Kempinski in der Friedrichstr. 225 in Berlin. Um das Grundstück besser ausnutzen zu können, wurde ein zweistöckiger Keller angeordnet. Zu diesem Zwecke war eine Grundwasserspiegelabsenkung von 4 m erforderlich. Zur Abführung des geförderten Wassers

diente ein 760 lfd. m langes, 300 mm i. L. weites Abflußrohr, das in den Landwehrkanal am Halleschen Tore mündete.

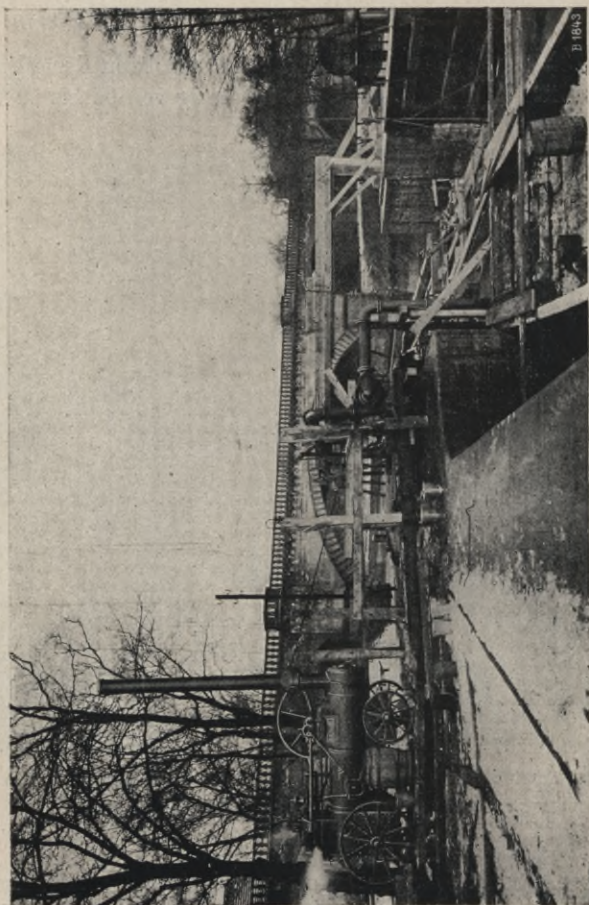


Abb. 33. Pumpenantrieb durch eine fahrbare Lanzsche Lokomobile bei der Reparatur der Tiergartenschleuse in Berlin.

Aus Abb. 33 sind die Arbeiten zwecks Reparatur der Tiergarten-Schleuse in Berlin ersichtlich. Der Antrieb der Zentrifugalpumpe zum Entleeren der Schleusenkammer erfolgte ebenfalls mittels einer Lanzschen Lokomobile.

3. Die Ausführung des Grundwasserabsenkungsverfahrens. 85

Die folgende Abb. 34 zeigt die Unterbringung und Anordnung der Lokomobilen bei den Arbeiten zur Herstellung



Abb. 34. Pumpenantrieb durch zwei Lanzsche Lokomobilen beim Bau der Entwässerungsanlage für ein Gewächshaus im Park zu Sanssouci (Potsdam).

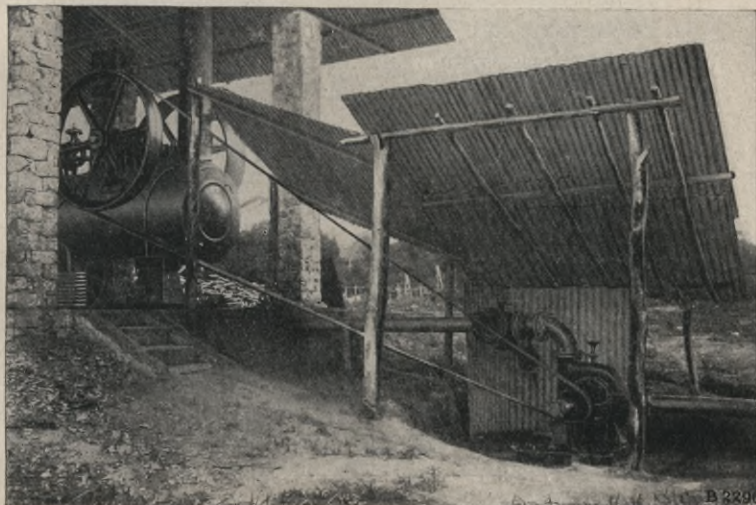


Abb. 35. Antrieb einer Kreiselpumpe durch eine Lokomobile.

einer Entwässerungsanlage für ein neues Gewächshaus im Park zu Sanssouci. Die Leistung der Lokomobilen betrug 53 bis 82 PS bzw. 60 bis 105 PS.

Abb. 35 zeigt eine Lokomobile zum Antrieb einer Kreiselpumpe. Derartige Ausführungen erfolgten mehrfach auf den Kriegsschauplätzen, direkt hinter der Front, zur Entfernung des Wassers in den Schützengräben usw.

g) Elektrische Einrichtung.

Allgemeines.

Bei größeren Grundwassersenkungen wird man in der Regel zur Anlage einer eigenen elektrischen Zentrale schreiten. Für elektrische Einrichtungen sprechen Wirtschaftlichkeit, freie Wahl der Stromart und Spannung, bequeme und leichte Bedienung, sowie stete Betriebsbereitschaft und -sicherheit. Der zur Verfügung stehende Strom kann zum Antrieb sämtlicher Baumaschinen, sowie zur Beleuchtung und Heizung verwendet werden.

Zweckmäßige Anlage der Zentrale.

Für die Zweckmäßigkeit der Anlage der elektrischen Zentrale ist einerseits ihre Lage möglichst nahe der Baustelle erforderlich, andererseits muß darauf geachtet werden, daß bequeme Zufahrtstraßen für Maschinen, Ersatzteile und Kohle vorhanden sind.

Der Betrieb der elektrischen Zentrale ist möglichst unabhängig von den eigentlichen Bauarbeiten zu betreiben. Für geeignete und zureichende Reserven ist Vorsorge zu treffen; denn eine mehrstündige Unterbrechung der Absenkung kann großen Schaden hervorrufen. Als Ersatz kommen sowohl Akkumulatoren wie auch Reservemaschinen in Betracht. In geeigneten Fällen wird man als Reserven auch den Anschluß an ein bestehendes Werk wählen, dessen Strom der eigenen Zentrale leicht eingeschaltet werden kann. Diese Art der Reservebildung hat aber den Nachteil, daß von vornherein auf Stromart und Spannung des vorhandenen Werkes Rücksicht genommen werden muß, so daß für derartige Fälle die freie Wahl von Stromart und Spannung fortfällt.

Antriebsmaschinen.

Als Antriebsmaschinen für die Dynamos kommen wohl hauptsächlich Lokomobilen in Frage. Es werden sowohl fahr-

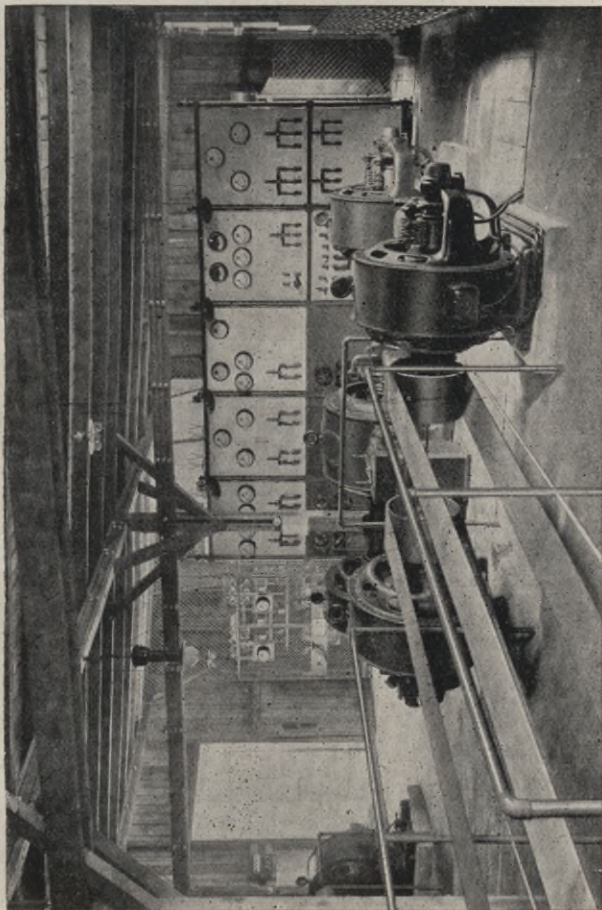


Abb. 36. Umformeranlage einer Zentrale.

bare, wie auch feststehende (stationäre) Lokomobilen gewählt. Vorteilhaft sind die Heißdampf-Verbundlokomobilen mit Kondensation, die neben hohen Wirkungsgraden geringen Raumbedarf haben.

Für geeignete Reserve ist bei der Antriebmaschine ebenso zu sorgen wie beim Stromerzeuger, denn auch hier können Betriebsstörungen genau so nachteilig wirken wie dort. Man tut deshalb gut, von vornherein eine Reservelokomobile aufzustellen, die jederzeit oder doch in kürzester Frist betriebsbereit sein muß.

Unterbringung der Maschinen.

Zum Schutze gegen Witterungseinflüsse werden die Maschinen in Schuppen oder vorhandenen massiven Gebäuden untergebracht. Für die meist nur beschränkte Zeit im Betrieb gehaltenen Anlagen genügt ein einfacher Holzschuppen, wasserdicht abgedeckt. Besonders die elektrischen Maschinen müssen vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Für Anlagen, die längere Zeit im Betrieb bleiben, dürfte sich die Herstellung massiver Räume unter Benutzung halbsteinstarker Patentwände (z. B. Prüß, Kessler usw.) empfehlen. Die Anlage muß übersichtlich angeordnet werden; dies gilt auch für die nur kurze Zeit im Betrieb befindlichen Anlagen, die jederzeit bequem zugänglich und übersichtlich anzuordnen sind.

Bemerkenswerte Anlagen dieser Art waren bei den umfangreichen Grundwasserabsenkungen beim Bau des Kaiser-Wilhelmkanal (Nord-Ostseekanal) in Holtenau und Brunsbüttelkoog, ferner beim Schleusenbau in Emden, beim Bau des Dortmund-Emskanals, des Hohenzollernkanals (Großschiffahrtsweg Berlin-Stettin) u. a. m.

h) Absenkung des Wasserspiegels durch Sickerrohre bei Kanalbauten.

Bei dem Bau von größeren Kanälen in Magdeburg wurde das Grundwasser mittels Sickerrohre abgesenkt. Die Ausführung geschah durch Verlegung von zwei Sickerrohrleitungen zu beiden Seiten der Betonsohle. Für die Rohrleitungen wurden gebrannte Tonrohre zweiter Klasse von 0,60 bis 1,00 m Länge verwendet, die an den Muffen durch aus Heu gedrehte Stricke gedichtet und mit Kies umschüttet wurden, um dem Eindringen des feinen Tribsandes vorzubeugen.

Das Gefälle der Sickerrohrleitungen entsprach dem der Kanalleitungen und betrug 1:190 bis 1:2000. Bei dem größeren Gefälle waren einige Verstopfungen durch Sand zu verzeich-

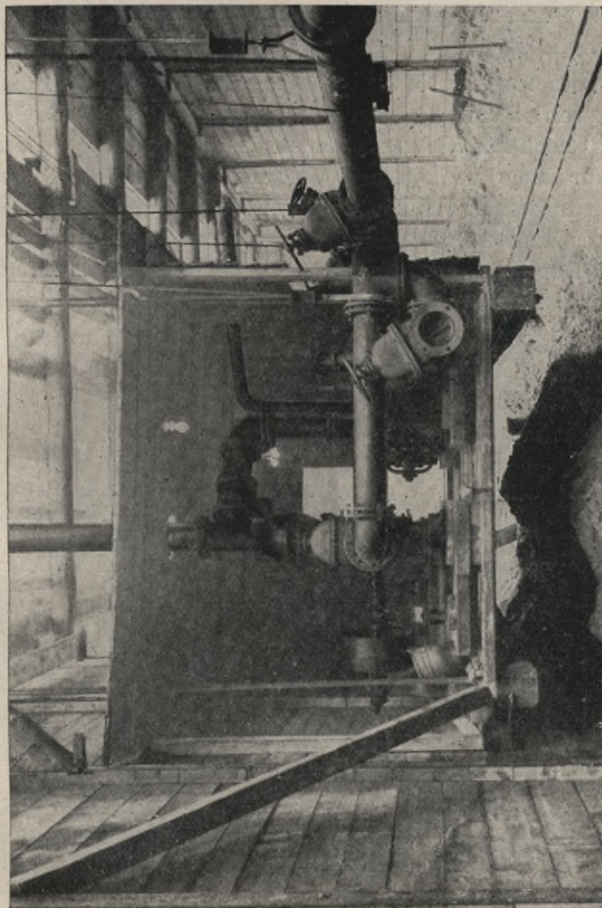


Abb. 37. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn. Pumpenanlage in der Tunnelbaugrube Ecke Motz- und Gossowstraße. Die Leitungen wurden mit Rundstählen an die Baugrubenüberbrückung aufgehängt, um die Ausschachtungsarbeiten und die nachfolgende Betonierung der Tunnelsohle nicht zu behindern.

nen. Zwecks Reinigung der Leitungen wurden in Abständen bis zu 200 m dauernd beizubehaltende Zugangsschächte angeordnet, die aus 8 cm starken Betonrohren mit 75 cm lichtem Durchmesser bestanden. Zwecks Reinigung wurden geteerte

Leinen in die Sickerrohrleitungen von Schacht zu Schacht gelegt. Mit diesen Leinen wurde zunächst ein stärkeres Tau und dann eine geeignete Reinigungsvorrichtung, z. B. ein mit Kies gefüllter Sack, durch die Leitungen gezogen, um sie wieder frei zu machen. Die geteerten Leinen blieben ständig in den Rohrleitungen liegen.

Bei einer Grundwassertiefe von 2,80 m erwiesen sich Rohrleitungen von 150 mm lichtigem Durchmesser bei einem Gefälle von 1:200 noch auf 300 m, bei einem Gefälle von 1:340 noch auf 1500 m Länge vollkommen wirksam. Nur an den Stellen, wo das Grundwasser auf große Längen bei schwachem Gefälle oder wo es dauernd abgesenkt werden sollte, wurden Rohre größeren Durchmessers, bis 300 mm lichtigem Durchmesser, verwendet.

Wo es irgend möglich war, wurde mit freier Vorflut gearbeitet. Wo jedoch durch Pumpen erst künstlich Vorflut geschaffen werden mußte, hatte man den Vorteil, daß die Pumpe nicht versetzt zu werden brauchte.

Die Ausschachtungsarbeiten gingen glatt, vonstatten, der Wasserstand erreichte in der Baugrube selten die Höhe der mittleren Betonsohlstücke.

Wenn gepumpt werden muß, also keine natürliche Vorflut vorhanden ist, so ist es empfehlenswert, das Gebiet der künstlichen Entwässerung nicht zu groß zu nehmen, sondern die Pumpe nach oben zu versetzen, die untere fertige Kanalstrecke aber abzudämmen und ersaufen zu lassen.

Bei dieser Grundwassersenkung sollen an Baukosten von M. 514000 = M. 57000, also mehr als 10%, gespart worden sein.

i) Einfluß des Absenkungsverfahrens auf benachbarte Gebäude.

Über den Einfluß des Absenkungsverfahrens auf benachbarte Gebäude herrschen noch zum Teil große Meinungsverschiedenheiten und Unklarheiten. Infolgedessen sind bei den Ausführungen auch in dieser Beziehung manche Schwierigkeiten zu überwinden, trotzdem durch die langjährigen Er-

fahrungen bereits vollständig zugunsten der neuen Bauweise entschieden worden ist.

Insbesondere wird das Setzen von Häusern öfter als Folgeerscheinung der Grundwasserentziehung hingestellt. Es hat sich aber gerade bei dem Berliner Sandboden gezeigt, daß derartige Meinungen irrtümlich sind und die Häuserbeschädigungen usw. nicht auf das Konto der Grundwasserentfernung zu setzen sind. Die Risse in Häusern mögen wohl als Folge der in unmittelbarer Nähe ausgeschachteten Baugrube anzusprechen sein, aber, guten Sandboden vorausgesetzt, niemals als Folge der Grundwasserentziehung.

Beim Bau der Untergrundbahn an der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche in Charlottenburg wurde anfangs seitens der Kirchenbaukommission befürchtet, daß das Kirchenbauwerk durch die Entziehung des Grundwassers Schaden erleiden könnte. Es dauerte seinerzeit geraume Zeit, bis die Erlaubnis zur Ausführung des Bauwerkes gegeben wurde. Weder an der Kirche, noch an vielen anderen größeren Bauwerken, in deren unmittelbarer Nähe Grundwassersenkungsanlagen erforderlich wurden, wurde irgendwelcher Schaden durch die Wasserentziehung hervorgerufen.

Bei den Wasserhaltungsanlagen wurde auch die Frage der Verkümmernng der auf Straßen und Plätzen stehenden Bäume und Anpflanzungen infolge der zeitweiligen Wasser-senkung aufgeworfen. Doch auch diese Frage gilt heute als durch die Praxis erledigt, da irgend ein Zurückbleiben der Pflanzen im Wuchs als Folge von Grundwassersenkungen nirgends beobachtet werden konnte.

Bei allen Ausführungen ist es notwendig, die Wasserhaltungsanlage so sachgemäß und zuverlässig auszugestalten, daß ein Abreißen des Wassers und Zurückfluten desselben nach Möglichkeit ausgeschlossen ist; denn so vorteilhaft das Verfahren beim Gelingen desselben ist, so verhängnisvoll kann ein Versagen der Grundwasserhaltung, namentlich bei Ausführungen in unmittelbarer Nähe bewohnter Häuser werden.

Es ist Sache der Erfahrung und Praxis, die Anlage von vornherein für den zu erwartenden Wasserandrang stark genug zu bemessen und auch für ausreichende Reserven zu sorgen.

k) Verhinderung von Rissebildungen bei durch Tiefbauarbeiten gefährdeten Gebäuden.

Die Frage der Verhinderung von Rissebildungen bei durch Tiefbauarbeiten gefährdeten Gebäuden tritt bei allen Bauausführungen erneut in den Vordergrund und dürfte es aus diesem Grunde von Interesse sein, zu erwähnen, wie man bisher erfolgreich dieser Gefahr begegnete. Langwierige und kostspielige Prozesse sind oft die Folgen von stattgefundenen Bauarbeiten. Und nicht immer ist der Nachweis, daß der Bau ohne direkten Einfluß auf die aufgetretenen Risse war, ohne weiteres zu führen.

Besonders beim Bau von Untergrundbahnen wird die Frage von Vermeidung von Rissebildungen häufig hervortreten, und es muß alles vermieden werden, was zur ev. Rissebildung der benachbarten Häuser führen könnte. Die Rissebildungen können zweierlei Ursache haben und entstehen:

1. durch Erschütterungen während des Rammens
2. durch Senkungen infolge ungenügender Absteifung der ausgeschachteten Baugrube.

Die erstere Ursache vermindert man dadurch, daß man anstatt der früher gebräuchlichen Baugrubeneinfassung mittels eingerammter Holzspundwände, die sehr heftige Rammerschütterungen zur Folge hatte, wodurch die Gefahr von Rissebildungen in den benachbarten Grundstücken sehr groß war, eiserne I-Träger, die in gewissen Abständen in die Erde gerammt und mit wagerecht eingespannten Holzbohlen verbunden werden, verwendet. Bei dem zum Teil sehr schlechten Berliner Baugrund ist auch diese Verfahren, das einen wesentlichen Fortschritt darstellt, nicht überall anwendbar, wie sich auch beim Bau der Nord-Süduntergrundbahn in der Friedrichstraße herausstellte. Es muß dann zu anderen Hilfsmitteln gegriffen werden, über die ein abschließendes Urteil noch nicht möglich ist. Doch sind die Rissebildungen durch Rammerschütterungen sehr vermindert worden.

Von nicht geringerer Wichtigkeit ist die zweite Ursache der Rissebildungen, hervorgerufen durch Senkungen infolge ungenügender Absteifung der ausgeschachteten Baugrube.

Es sei darum hier an einem interessanten Beispiel erwähnt, wie man dieser Gefahr, bisher mit gutem Erfolge, begegnete.

Während des Baues der vor einiger Zeit fertiggestellten Untergrundbahnstrecken lag ein Haus derart in der Nähe der Baugrube, daß die eine Ecke des Hauses einige Zentimeter in dieselbe hineinragte. Dieses ist nun ein gewiß außergewöhnlicher Fall. Doch haben sich die untenstehend beschriebenen Maßnahmen hier sehr gut bewährt und sind Rissebildungen, hervorgerufen durch Senkungen, vollständig vermieden worden. Die Hauptbedingung ist, die Baugrube in sich derart zu versteifen, daß ein Nachgeben des Bodens unmöglich ist. Dies wurde erreicht, indem der Trägerabstand zur Versteifung der Baugrube sehr gering — ca. 1 m — gewählt wurde. Die Einschalungsbohlen werden durchweg 10 cm stark gewählt, soweit der gefährliche Böschungswinkel von 30° in die Baugrube einschneidet. Die horizontalen Steifen wurden alle 2 m angeordnet. Um dem Austrocknen der Bohlen und Durchrieseln von Sand wirksam zu begegnen, wurde an den gefährdeten Stellen sofort nach dem Einschalen eine Schutzschicht aus Beton od. dgl. eingebracht. Mit dem Betonieren dieser Schutzschicht wurde von oben begonnen. Durch genügende Absteifung nach unten vermied man ein Abrutschen des bereits fertiggestellten Teiles der Schutzschicht, die übrigens auch aus Kalksandsteinen mit gemergelten Fugen hergestellt werden kann.

An den gefährdeten Stellen darf ferner nicht nur die Maximalspannung der Träger und Bohlen in Betracht gezogen, sondern es muß vor allen Dingen auch auf die Durchbiegung geachtet werden. Die zulässige Höchstspannung muß also derart herabgesetzt werden, daß eine meßbare Durchbiegung nicht auftritt. Um der Durchbiegung wirksam zu begegnen, nimmt man die Beanspruchung des Bohlenholzes nicht höher als 40 kg/cm^2 und des Eisens der Rammträger nicht höher als 500 kg/cm^2 an.

Da der ganze Erfolg der Einschalung wesentlich von der Sorgfalt und dem Interesse der Arbeiter abhängt, sucht man dieses Interesse dadurch wachzuhalten, daß die Vorarbeiter eine Geldprämie erhalten, wenn Rissebildungen vermieden werden.

Für die Herstellung der Sohlenschutzschicht ist schnellbindender Zement vorgesehen worden, damit das Einbringen der Schutzschicht, das Kleben der Dichtung und das Ausbetonieren der Tunnelsohle ohne Unterbrechung erfolgen konnten.

Bei dem erwähnten Grundstück wurden an keiner Stelle irgendwelche Rissebildungen wahrgenommen.

4. Über Durchlässigkeit des Untergrundes.

Die Durchlässigkeit des Untergrundes wie die Schichtenfolge und -stärke ist von bedeutendem Einfluß sowohl auf die Anzahl, wie auf den Durchmesser der niederzubringenden Brunnen. Es ist an anderer Stelle auf den Unterschied zwischen Grundwassergewinnung und Grundwasserabsenkung hingewiesen worden, der ja eine wesentliche Rolle insofern spielt, als bei Grundwassergewinnung die Grundwasserströme aufgesucht und für die vorgesehenen Zwecke nutzbar gemacht werden. Um ein sicheres Ergebnis über die Ergiebigkeit zu erhalten, werden Probeabsenkungen veranstaltet.

Bei Grundwasserabsenkung ist der für das Bauwerk gewählte Platz notwendig; derartige Anlagen sind also ohne Rücksicht auf die Menge des vorhandenen Grundwassers herzustellen und in Betrieb zu setzen, da es dort nicht auf die Höhe der geförderten Wassermenge, sondern auf die Größe der erzielten Absenkung ankommt.

Um eine möglichst gleichmäßige Absenkung an allen Teilen der Baugrube zu erreichen, ist eine größere Anzahl Brunnen kleineren Durchmessers empfehlenswerter, als eine kleinere Anzahl Brunnen größeren Durchmessers, auch die Kostenfrage führt im allgemeinen zu Brunnen kleineren Durchmessers, da die größeren Brunnen, entsprechend den größeren Wassermengen, auch in größeren Abmessungen herzustellen sind.

Der abgesenkte Wasserspiegel einerseits in und andererseits zwischen zwei Brunnen wird einen Höhenunterschied besitzen, der von der Druckhöhe abhängig ist, welche zur Erzielung der Endgeschwindigkeit des Wassers beim Eintritt in den Filter erforderlich ist. Diese Endgeschwindigkeit hängt von der Wassermenge ab, die aus dem Brunnen entnommen

wird; sie ruft also den Höhenunterschied hervor. Nach Darcy ist die zur Erzielung der Endgeschwindigkeit erforderliche Druckhöhe in erster Linie von der

Durchlässigkeit des Untergrundes

abhängig. Je feiner der Untergrund ist, desto größer wird auch der Unterschied im abgesenkten Wasserspiegel sein, da die Wassermenge im umgekehrten Verhältnis zur Durchlässigkeit des Bodens steht. Bei feinem Sande wird man also zur Vermeidung einer zu großen Wasserentnahme vorteilhaft eine größere Anzahl kleinerer Brunnen anordnen.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß für Wassergewinnungszwecke gröbere Sand- oder Kiesschichten zur leichteren Erzielung der erforderlichen Wassermassen, die wiederum zur Verringerung der Betriebskosten beiträgt, eine günstige Wirkung ausüben. Für Wasserabsenkungsanlagen ist dagegen feinerer Untergrund vorteilhafter, da es dort nur auf die größtmögliche Absenkung ankommt. Die Absenkung des Wasserspiegels ist in feineren Bodenarten leichter als in gröberen zu erreichen. Um den Höhenunterschied im abgesenkten Grundwasser zwischen und in den Brunnen möglichst gering zu gestalten, wird man demnach zu einer ausgedehnten Anordnung von Brunnen kleineren Durchmessers schreiten. Infolge der kleineren geförderten Wassermenge werden auch kleinere Rohrleitungen verwendet werden können. Die Anlage- und Betriebskosten werden sich also günstig gestalten.

Es wird nun oft bei Grundwasserabsenkungsanlagen ein großer Fehler dadurch begangen, daß bei Vorhandensein von feinen Bodenarten die Brunnen bis zur Erreichung gröberer Bodenschichten niedergebracht werden. Dadurch soll erreicht werden, daß die Filter tiefer, in den gröberen Boden hinein, gestellt werden. Man glaubt durch ein derartiges Verfahren, das bei Wassergewinnungsanlagen angebracht wäre, die Wasserentnahme günstiger und den Betrieb billiger zu gestalten. Aus den vorstehenden Ausführungen geht aber klar her-

vor, daß es sich bei diesem Verfahren um einen grundlegenden Irrtum handelt.

Jede Anlage ist den vorhandenen Verhältnissen des Einzelalles anzupassen. Nichts wäre verfehlter, als nach oberflächlichem Urteil oder von allgemeinen Gesichtspunkten aus zu verfahren. Der Untergrund der Baustelle ist sorgfältig zu prüfen und muß dem Ergebnis dieser Prüfung die ganze Anlage angepaßt werden. Das trifft sowohl auf die Anzahl und Verteilung der Brunnen, wie auch auf die Art der zu wählenden Pumpen zu. Diese dürfen nicht zu groß bemessen sein, damit sie nicht das in Rohrleitung und Brunnen befindliche Wasser auspumpen, so daß der Zufluß unterbrochen wird, wodurch ein »Abreißen« der Pumpe stattfindet. Eine Drosselung der Pumpe oder künstliche Auffüllung des Brunnens wäre höchst unwirtschaftlich.

Umgekehrt kommt es vor, daß die Anlage von vornherein zu klein bemessen wird, besonders in größeren Bodenarten, wo es sich um die Förderung größerer Wassermassen handelt.

Um die Baugrube für den als Beginn der Bauarbeiten vorgesehenen Zeitpunkt trocken zu erhalten, ist bei der Aufstellung des Bauvorganges zu berücksichtigen, ob es sich um mehr oder weniger durchlässigen Boden handelt. Danach ist der Zeitpunkt des Beginns der Absenkungsarbeiten zu bestimmen. Um die Baugrube trocken zu erhalten, ist das Wasser aus dem Untergrund bis zur Sohle des Bauwerkes zu entfernen. Die Entfernung geschieht jedoch auch seitwärts der Baugrube, so daß der abgesenkte Grundwasserspiegel sich erst in einer gewissen Entfernung von der Baugrube dem normalen nähert.

Zur Bestimmung des Zeitpunktes des Beginnes der Absenkung ist die Durchlässigkeit des Untergrundes wesentlich. Da bei der Entfernung des Wassers aus dem Untergrunde ein Spiegelgefälle erzeugt wird, so findet ein Zufluß aus der näheren oder weiteren Umgebung der Baustelle statt, der je nach der Durchlässigkeit des Untergrundes verschieden ist. Durch die stets größer werdende Absenkung nimmt das Gefälle und somit der Zufluß von außen bis zu dem Zeitpunkte zu, wo Zufluß und Förderung sich ausgleichen, also der »Beharrungszustand« erreicht ist.

Nun wird der Zeitpunkt des Eintretens des Beharrungszustandes beim Erreichen der vorgesehenen Absenkungstiefe von der Bodenart abhängig sein. Je feiner diese ist, desto länger wird es dauern, bis die erforderliche Absenkungstiefe erreicht ist; denn aus den feinen Schichten lassen sich in derselben Zeit nur kleinere Wassermassen entfernen, als aus gröbere Bodenarten. Um also die Baugrube für einen bestimmten Zeitpunkt trocken zu haben, ist es erforderlich, desto früher mit der Absenkung zu beginnen, je feiner die wasserführende Schicht ist. Die erforderliche Zeit ist so verschieden und abhängig von den verschiedensten Umständen, daß einheitliche Normen hierfür nicht aufgestellt werden können. Neben der Anordnung der Anlage, dem Untergrund, dem Bauzweck usw. spielen hier Umstände mit, die für die Zeitbestimmung eingehende Beachtung verdienen. Es sind deshalb allgemein gültige Regeln nur von Fall zu Fall festzustellen. Im übrigen ist dringend zu raten, schon die Vorarbeiten so umfangreich wie möglich zu gestalten, um vor Enttäuschungen sicher zu sein.

Schwierigkeiten bereiten oft eingelagerte undurchlässige Schichten — Ton, Lehm, Felsen usw. —, sowie feine Schließ- und Triebssandschichten, die tiefer oder höher als die Sohle des Bauwerkes liegen und so zu Abweichungen in der üblichen Art der Anlage Veranlassung geben.

Bei den undurchlässigen Schichten ist zu unterscheiden, ob sie tiefer oder höher als die Bauwerksohle liegen.

I. Tiefer als die Bauwerksohle liegende undurchlässige Schichten.

Wenn die Schicht nicht in, sondern erst einige Meter unter der späteren Sohle des Bauwerkes liegt, so ist sie ohne jeden Einfluß. Liegt die Schicht dagegen dicht unter der späteren Sohle, so ist zu prüfen, ob die Schicht stark genug ist, der Spannung des unter ihr befindlichen Wassers entgegenzuwirken oder nicht. Im letzteren Falle besteht die Gefahr, daß sich das in Spannung befindliche Wasser gewaltsam einen Weg nach der Oberfläche bahnt, wodurch ein artesischer Brunnen entsteht.

Wenn nun festgestellt worden ist, daß die undurchlässige Schicht den Druck des darunter befindlichen Wassers auszuhalten im Stande ist, so werden die Brunnen nur bis zu der Schicht oder entsprechend der vorgesehenen Tiefe über ihr niedergebracht. Ist dagegen die Zwischenschicht als nicht genügend standfest befunden worden, so müssen die Brunnen in die darunterliegende wasserführende Schicht gebohrt und die Filter so tief gesetzt werden, daß auch aus der unteren Schicht eine Wasserentnahme stattfindet, um so eine Druckverminderung und einen Ausgleich in der unteren Schicht zu schaffen. Maßgebend ist hierfür die seitliche Ausdehnung der undurchlässigen Schicht über die Grenzen der Baustelle hinweg. Ist die seitliche Ausdehnung nicht groß, so dürfte der Druckausgleich auch schon durch die obere Absenkung stattfinden; es wäre in diesem Falle nicht erforderlich, durch die Schicht hindurchzubohren. Doch entscheiden hierüber rein örtliche Maßnahmen die auf Grund sorgfältiger Beobachtungen und Vorarbeiten zu treffen sind.

Schwierigkeiten entstehen oft dann, wenn die undurchlässige Zwischenschicht in größerer Mächtigkeit ganz dicht unter der späteren Fundamentsohle liegt und die Höhe des abzusenkenden Grundwasserspiegels nur gering ist. Bei der Absenkung des Wasserspiegels werden die Brunnen, infolge Verminderung der Druckhöhe immer seichter, so daß die Wasserförderung immer geringer wird und schließlich die Gefahr des »Abreißen« der Pumpe entsteht. Um diesem Übelstande vorzubeugen, werden die Brunnen entweder in die undurchlässige Schicht hineingebohrt, um die Höhe der wasserführenden Schicht zu vergrößern, oder es werden sog. Pumpensümpfe in der undurchlässigen Schicht hergestellt, in denen sich das Wasser sammelt, um alsdann ausgepumpt zu werden.

II. Höher als die Bauwerksohle liegende undurchlässige Schichten.

Wenn die undurchlässigen Schichten höher als die Sohle des Bauwerkes liegen, die Brunnenfilter also innerhalb der wasserführenden Schicht stehen, so sind besondere Vorkehrun-

gen erforderlich, um die über der undurchlässigen Schicht befindliche wasserführende Schicht zu entleeren. Es ist also erforderlich, die obere mit der unteren wasserführenden Schicht zu verbinden. Zu diesem Zwecke wird die Bohrung durch die undurchlässige Schicht größer als der spätere Brunnendurchmesser ausgeführt und der Zwischenraum mit grobem Kies ausgefüllt. Wo dieses nicht angängig, aber die dazwischenliegende undurchlässige Schicht nicht zu stark ist, werden die Filter so groß gewählt, daß sie sowohl die obere wie die untere wasserführende Schicht erfassen. Mitunter werden auch die getrennten wasserführenden Schichten durch getrennte Bohrlöcher, die mit grobem Kies ausgefüllt werden, in Verbindung gebracht.

Aber nicht nur die undurchlässigen Zwischenschichten sind einer besonderen Beachtung zu würdigen, sondern auch eingelagerte gröbere Schichten, so z. B. grobe Kiesschichten zwischen feinem Sand, müssen auf stärkeren Zufluß hin untersucht werden; alsdann sind die Filter vorteilhaft durch die groben Schichten zu führen, so daß der stärkere Zufluß gefaßt und abgepumpt werden kann.

III. Feine Schief- und Triebssandschichten.

Feine Schief- und Triebssandschichten bereiten oft sehr große Schwierigkeiten; ihrem Vorkommen ist ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Filtergewebe sind derartig fein zu wählen, daß ein Durchdringen der feinen Schichten ausgeschlossen ist. Infolge des feinen Gewebes und der feinen Bodenart wird die Wasserförderung nur gering sein; die Absenkung wird infolgedessen längere Zeit beanspruchen.

Mitunter können die eingelagerten Triebssandschichten so feinkörnig sein, daß seine Absenkung nahezu unmöglich gemacht wird, da das Wasser wie durch einen Schwamm festgehalten wird. In diesen Fällen, die einen Übergang zu den undurchlässigen Schichten bilden, ist wie bei diesen zu verfahren.

Beim Bau einer vom Magistrat in Charlottenburg entworfenen unterirdischen Bedürfnisanstalt machte derartiger Triebssand besondere Schwierigkeiten. Nach Inbetriebnahme

der Wassersenkungsanlage wurde zunächst ein stetes Fallen des Grundwasserspiegels festgestellt, bis nach einiger Zeit der Wasserspiegel der gleiche blieb. Beim Nachforschen der Ursache entdeckte man durch Ausschachten des Bodens, daß eine Triebandschicht dem weiteren Absenken hinderlich war. Es wurde nun die Mächtigkeit der Schicht (1 bis $1\frac{1}{2}$ m) festgestellt und sie durch eine Spundwand abgeschlossen. Hierauf konnte mit dem Ausschachten fortgefahren werden; dann wurde die Entdeckung gemacht, daß der darunter befindliche Boden bereits vollständig trocken war. Es ist dies ein Beweis, wie das Wasser durch die feinen Triebandschichten festgehalten wird.

5. Probeabsenkungen und hydrologische Vorarbeiten.

Probeabsenkungen und eingehende hydrologische Vorarbeiten sind sowohl für Grundwassergewinnungs- als auch Grundwassersenkungsanlagen unerlässlich. Je eingehender und sorgfältiger diese Untersuchungen und Probetriebe veranstaltet und ihre Ergebnisse festgestellt werden, um so genauere Grundlagen wird man für alle später auftretenden Fragen haben und somit die erforderlichen Entschlüsse schnell und sicher treffen können. Es kann deshalb auch an dieser Stelle nur zu einem eingehenden Versuchsbetrieb bei allen irgendwie wesentlichen Anlagen, bei denen der Untergrund nicht genau bekannt ist, dringend geraten werden. Gerade der Mangel an solchen hydrologischen Vorarbeiten ist für spätere Erweiterungen sehr oft hinderlich gewesen, da man genötigt war, erst durch umfangreiche Bohrungen das benachbarte Gelände zu erforschen.

Die hydrologischen Vorarbeiten für Grundwasserabsenkungsanlagen unterscheiden sich wesentlich von denjenigen für Grundwassergewinnungsanlagen. Maßgebend für beide Arten von Vorarbeiten bildet die genaue Feststellung der Durchlässigkeit des Untergrundes, da sowohl die mit einer bestimmten Wassermenge erreichbare Absenkungstiefe, als auch die zur Erreichung einer bestimmten Absenkungstiefe notwendige Wassermenge von ihr abhängt. Während nun die Vorarbeiten

für die Wassergewinnung in möglichster Ausdehnung angestellt werden, um das Gelände in weitestem Umfange für die Wasserversorgung in Anspruch zunehmen, werden sie bei Wasserabsenkungen auf die Baustelle selbst und deren nächste Umgebung beschränkt.

Wie bereits gesagt wurde, besteht der wesentliche Unterschied zwischen Wassergewinnung und Wasserabsenkung darin, daß bei der Wassergewinnung eine bestimmte Wassermenge regelmäßig aus dem Untergrunde gewonnen werden kann, deren Höhe sich in gewissen Grenzen noch steigern läßt. Für die Wassergewinnung muß also das geeignete Gelände aufgesucht werden. Für die Wasserabsenkung kommt dagegen der gewählte Bauplatz ohne jede Rücksicht auf den Untergrund, in Frage. Es handelt sich also hier um die Erzielung einer bestimmten Absenkungstiefe, ohne die zu fördernden Wassermassen zu berücksichtigen.

Zunächst ist — in geologischer Beziehung — die Feststellung der Lage undurlässiger, sowie Schief- und Triebssandschichten wichtig. Wie bedeutsam derartige Einlagerungen sind, wurde bereits früher erörtert. Die Lage und Mächtigkeit der wasserführenden Schichten, ihr Verlauf und etwaige Veränderungen und Einlagerungen, sind sorgfältig festzustellen.

Nicht minder wichtig ist in hydrologischer Beziehung die Feststellung der Höhe und Veränderungen des Grundwasserspiegels, der Mächtigkeit, des Verlaufs und der Eigenart des Grundwassers, ob es sich um einen Strom, einen Tümpel od. dgl. handelt. Ferner ist festzustellen, ob es sich um Grundwasser mit freier Spiegelfläche oder solches gespannter Spiegelfläche handelt, das ev. bei Anbohrung artesisch an die Oberfläche kommen würde. Durch längeres Abspumpen von Beobachtungsbrunnen wird man über die Veränderungen des Grundwasserspiegels und die spezifische Ergiebigkeit wesentliche Ergebnisse erzielen. Wichtig ist auch die Feststellung etwa vorhandenen Gefälles, das für Abflußrinnen, Heberleitungen usw. in Frage kommen könnte.

Die Bohrproben sind, sorgfältig nach Bohrloch und Schichtenfolge geordnet, zu sammeln, da aus ihnen über die Durchlässigkeit des Untergrundes geschätzt werden kann.

6. Betrieb einer Versuchsbrunnenanlage.

Der Betrieb einer Versuchsbrunnenanlage findet am besten gegen Ausgang des Herbstes statt, weil um diese Jahreszeit der Grundwasserspiegel am ungünstigsten — am tiefsten — liegt. Über die Dauer der Versuchsbrunnen lassen sich ohne weiteres keine allgemein gültigen Angaben machen. Im allgemeinen dürften wohl 4 bis 6 Wochen zur Erzielung des Resultates genügen, doch kommt es auch vor, daß der Versuchsbetrieb monatelang durchgehalten wird.

Mit dem Versuchsbetrieb¹⁾ wird begonnen, nachdem die erforderlichen Vorarbeiten durch Niederbringen einer mehr oder minder großen Anzahl von Rohrbrunnen, sowie Feststellen des Grundwassers, seines Verlaufs, seiner Mächtigkeit usw., erledigt sind und man die in geologischer und hydrologischer Beziehung wünschenswerten Aufklärungen erhalten hat. Auf Grund des gesammelten Materials ist man also in der Lage, über die Anzahl, Entfernung und Tiefe der niederzubringenden Brunnen und die erforderliche Absenkung zu entscheiden.

Zum Versuchsbetrieb wird eine Reihe von Rohrbrunnen gebohrt, deren Anordnung der späteren Anlage entspricht, so daß die Versuchsbrunnen für die Anlage selbst verwendet werden können. Zur Beobachtung der Grundwasserspiegelabsenkung werden in reichlichem Maße »Beobachtungsrohre« aufgestellt, worüber bereits an anderer Stelle berichtet wurde. Die Messung der geförderten Wassermengen erfolgt durch »Poncelet-Überfälle« in Verbindung mit einem Registrierapparat oder andere Meßvorrichtungen.

Nach Erreichung des »Beharrungszustandes«, der daran erkenntlich ist, daß eine weitere Absenkung des Grundwasserspiegels bei gleichmäßiger Wasserentnahme nicht stattfindet, kann der Versuchsbetrieb eingestellt werden. Die erzielten Werte werden, unter Beobachtung der auf Grund

¹⁾ Vgl. Zivilingenieur E. Prinz »Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung«, Nr. 18/19, Jahrg. 1901 »Betrieb und Bewirtschaftung von Versuchsbrunnenanlagen«.

der örtlichen Verhältnisse in Frage kommenden Umstände, für die endgültige Fassung nutzbar gemacht.

Zum Antrieb kommen entweder reichlich starke Lokomobilen oder Elektromotoren in Frage. Als Pumpen werden hauptsächlich Zentrifugalpumpen verwendet. Um lästige Betriebsstörungen und Stockungen des Betriebes zu vermeiden und Zuverlässigkeit der erzielten Ergebnisse zu gewährleisten, muß die Montage ebenso sorgfältig wie bei Daueranlagen ausgeführt werden.

Aus dem gewonnenen Untersuchungsmaterial ist man alsdann in der Lage, zu einem Urteil über die Herkunft, Mächtigkeit, Eigenschaften und sonstige Beschaffenheit des Wassers zu kommen. Die Lage, Anzahl, Entfernung und Tiefe der Brunnen, sowie die erforderliche Absenkung können nun gleichfalls festgelegt werden.

Es wäre durchaus verfehlt, um an den Kosten für Vorarbeiten sparen zu wollen, diese etwa nicht in dem gebotenen Umfange auszuführen. Ein solches Vorgehen könnte nicht nur den ganzen Erfolg in Frage stellen, sondern wäre direkt unwirtschaftlich. Auch versäume man nicht, die vielleicht zunächst nebensächlich erscheinenden Messungen und genauen Beobachtungen der Grundwasserspiegel und der geförderten Wassermengen, die im Laufe der Untersuchungen ganz besondere Bedeutung erlangen könnten, aber niemals nachgeholt werden können, streng durchzuführen.

Es ist also höchst wichtig, derartige Vorarbeiten planmäßig und ausreichend vorzunehmen.

7. Messung der geförderten Wassermengen.

I. Messung von Wassermengen mittels Wassermesser.

Für Rohrleitungen finden die in verschiedensten Ausführungen in den Handel gebrachten Wassermesser Anwendung.

Für vollkommen mit Wasser gefüllte Leitungen können die Siemens & Halskeschen Woltmann-, Partial- und Venturimeter Anwendung finden. Die Woltmann- und Partialmesser

sind nur für reines, nicht sandhaltiges Wasser geeignet, während die Venturimesser auch für stark verunreinigtes Wasser verwendet werden können.

Die Woltmannmesser (siehe Abb. 38) bestehen im Prinzip aus einem horizontal gelagerten Flügelrad mit schraubenförmig gewundenen Flügelflächen, welches durch die Wassergeschwindigkeit in Umdrehung versetzt wird. Die Tourenzahlen werden

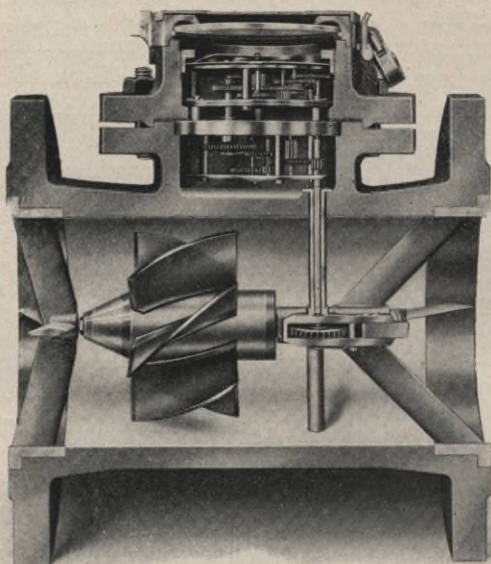


Abb. 38.

durch ein Räderwerk auf das Zeigerwerk übertragen. Zur genauen Messung ist erforderlich, daß vor dem Messer eine gerade Rohrstrecke von 1 bis 2 m vorhanden ist. Die Größe der Messer wird nach der stündlichen Durchflußmenge bestimmt.

Die Partialmesser bestehen im Prinzip aus einem mit einer besonders geformten Düse versehenen Rohrteil (Venturirohr) zu dem parallel ein kleiner Wassermesser geschaltet ist, der aber gleich die gesamte durch das Hauptrohr fließende Wasser-

menge anzeigt. Diese Messer werden der vorhandenen Rohrweite angepaßt und der Durchflußmenge entsprechend ausgeführt.

Die Venturimesser besitzen wie die Partialmesser ein mit Düse versehenes Rohrteil, nur statt des kleinen Nebennessers

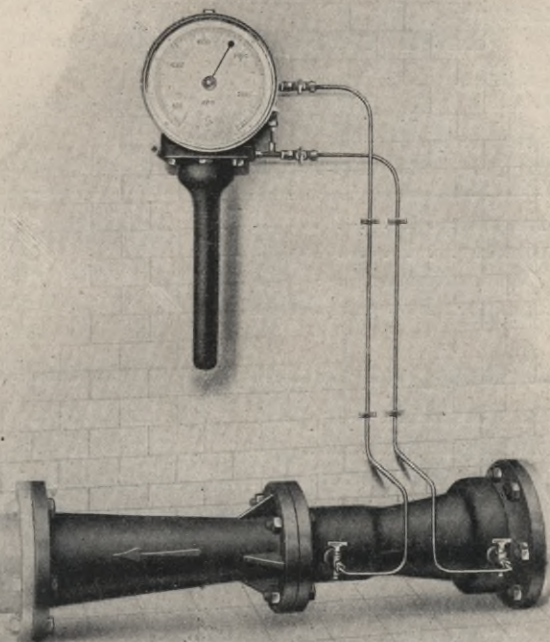


Abb. 39.

wird hier ein Leitungsanzeiger eingeschaltet, der die pro Zeiteinheit durchfließende Wassermenge anzeigt. (Siehe Abb. 39). Die Anzeige-Apparate können auch mit Registriervorrichtungen versehen werden, so daß auch später der Betrieb nachkontrolliert werden kann.

Untenstehende Tabelle I gibt die Höchst- und Mindestleistung eines Wassermessers mit bestimmter Durchflußweite, sowie die Grenze, bei welcher noch eine Bewegung des Wassermessers stattfindet, an.

Tabelle I.

Durchflußweite mm .	7	10	13	15	20	25	30	40	50	65	75	100
Höchstleistung cbm/Std.	1,8	2,5	4,2	5,4	7,5	12,5	15	20	45	60	90	120
bis 2% Mindestleistg. l/Std.	34	40	75	100	130	150	200	250	450	750	1100	1500
und zeigen noch Bewegung bei l/Std.	10	20	30	40	50	60	70	100	200	260	325	575

Durchflußweite mm	125	150	200	250
Höchstleistung cbm/Std.	250	340	475	750
bis 2% Mindestleistung . . . l/Std.	2500	3000	4000	7000
und zeigen noch Bewegung bei l/Std.	1200	1800	2000	3000

II. Messung von Wassermengen mittels Überfällen.

Für Wasserläufe von geringer Mächtigkeit, für Versuchsbrunnenanlagen und Anlagen mit unregelmäßigem Wasserzufluß werden mit Vorteil die Poncelet-Überfälle angewendet. Der Meßkasten (Abb. 40) ist in eine größere und eine kleinere Kammer unterteilt. Das Wasser tritt in die kleinere Kammer ein und befindet sich infolge des Zuflusses und des Ausweichens der im Wasser enthaltenen Luft in unruhigem Zustande. Die Wasseroberfläche der größeren Kammer befindet sich dagegen infolge der Anordnung der Scheidewand im ruhigen Zustande. Zur Sicherheit ist es von Vorteil, ein angekettetes Schwimmbrett auf die Wasseroberfläche zu legen; denn zur genauen Messung muß der Wasserspiegel durchaus ruhig sein. Das Wasser ist nun gezwungen, durch den Überfall abzufließen.

Der Überfall erhält eine bestimmte Breite b_1 z. B. 20 bis 30 cm, je nach der zu erwartenden Wassermenge. Durch die sich

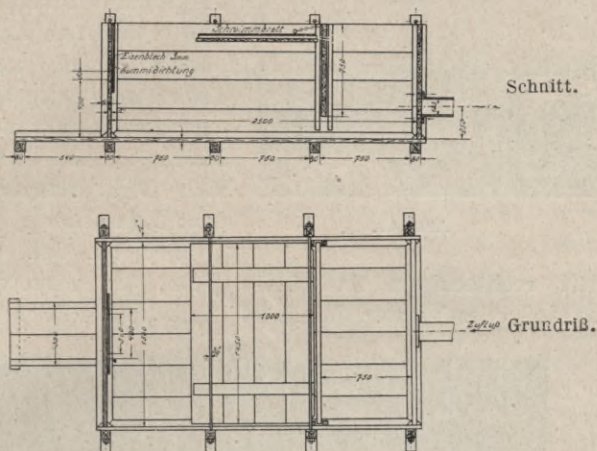


Abb. 40. Meßkasten mit Poncelet-Überfall.

ergebende Strahlhöhe a ist man an der Hand der untenstehenden Tabelle II in der Lage, die zufließende Anzahl skl und mithin auch cbm festzustellen. Bei stark schwankendem Zufluß ist es empfehlenswert, mit dem Meßkasten einen Registrierapparat (Abb. 41) zu verbinden. Der Wasserspiegel des Registrierapparates hat dieselbe Höhe wie die des Meßkastens. Die Tauchglocke (Schwimmer) macht alle Schwankungen des Wasserspiegels mit, steigt also auf und nieder und zeichnet den Stand auf das Papier der Schreibtrommel (Diagramm). Die Trommel, um welche das alle 24 Stunden auszuwechselnde Diagramm gespannt ist, ist mit einem Uhrwerk versehen. Soll

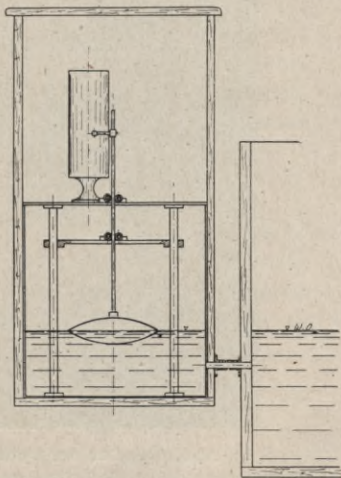


Abb. 41. Registrierapparat.

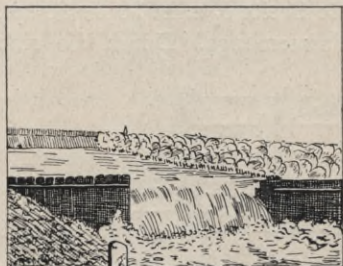


Abb. 42.

mit rechteckigem Ausschnitt (Abb. 42) wasserdicht ein, so daß alles Wasser durch den Ausschnitt fließen muß. Es

das Wasser, statt frei abzufließen, von einer Rohrleitung aufgenommen werden, so ist noch eine dritte Kammer anzuordnen, von welcher die Rohrleitung ausgeht.

Wasserbäche von geringerer Mächtigkeit werden am schnellsten folgendermaßen gemessen: Man setzt in den Fluß, Graben od. dgl. ein Brett

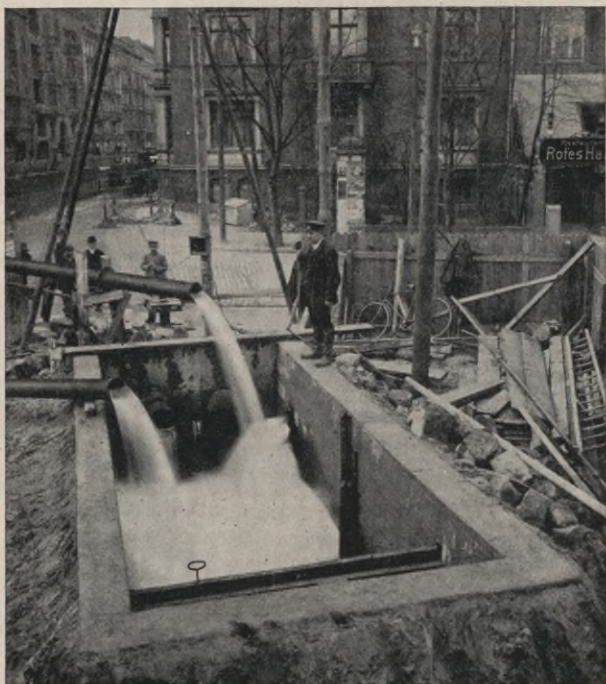


Abb. 43. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn. Einmündung der Abflußleitungen in ein Sammelbecken am Nollendorfplatz zwecks Messung der geförderten Wassermassen.

Tabelle II.

Strahl- höhe cm	Überfallbreite cm								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Menge in skl								
1	0,4	0,62	0,84	1,05	1,28	1,50	1,72	1,94	2,16
2	1,1	1,69	2,28	2,87	3,46	4,05	4,64	5,23	5,82
3	1,9	2,96	4,02	5,08	6,14	7,20	8,26	9,32	10,38
4	2,9	4,49	6,08	7,67	9,26	10,85	12,44	14,03	15,62
5	4,1	6,29	8,48	10,67	12,86	15,05	17,24	19,43	21,62
6	5,3	8,14	10,98	13,82	16,66	19,50	22,34	25,18	28,02
7	6,6	10,17	13,74	17,31	20,88	24,45	28,02	31,59	35,16
8	8,1	12,45	16,80	21,15	25,50	29,85	34,20	38,55	42,90
9	9,6	14,79	19,98	25,17	30,36	35,55	40,74	45,93	51,12
10	11,2	17,28	23,36	29,44	35,52	41,60	47,68	53,76	59,84
11	12,8	19,81	26,82	33,83	40,84	47,85	54,86	61,87	66,88
12	14,6	22,59	30,58	38,57	46,56	54,55	62,54	70,53	78,52
13	16,4	25,41	34,42	43,43	52,44	61,45	70,46	79,47	88,48
14	18,3	28,37	38,44	48,51	58,58	68,65	78,62	88,79	98,86
15	20,3	31,44	42,58	53,72	64,86	76,00	87,14	98,28	109,42
16	22,3	34,58	46,86	59,14	71,42	83,70	95,98	108,26	120,54
17	24,5	37,91	51,32	64,73	78,14	91,55	104,96	118,37	131,78
18	26,6	41,21	55,82	70,43	85,04	99,65	114,26	128,87	143,48
19	28,8	44,65	60,50	76,35	92,29	108,05	123,90	139,75	155,60
20	30,9	48,01	65,12	82,23	99,34	116,44	133,55	150,66	167,77
21	33,2	51,37	69,94	88,31	106,68	125,05	143,42	161,79	180,16
22	35,6	55,25	74,90	94,55	114,29	133,85	153,50	173,15	192,80
23	37,8	58,76	79,72	100,68	121,64	142,60	163,56	184,52	205,49
24	40,1	62,39	84,68	106,97	129,26	151,55	173,84	196,13	218,42
25	42,4	66,10	89,80	113,50	137,20	160,90	184,60	208,30	232,00
26	44,7	69,79	94,88	119,97	145,06	170,15	195,24	220,33	245,42
27	47,2	73,67	100,14	126,61	153,08	179,55	206,02	232,49	258,96
28	49,6	77,49	105,38	133,27	161,16	189,05	216,94	244,83	272,72
29	52,2	81,53	110,86	140,19	169,52	198,85	228,18	257,51	286,84
30	54,6	85,46	116,32	147,18	178,04	208,90	239,76	270,62	301,48

ist hierbei streng darauf zu achten, daß alles Wasser auch wirklich durch den Ausschnitt hindurch und nicht nebenbei oder unten durchfließt. Der Ausschnitt ist an den Kanten nach außen auf 45° abzuschärfen. Bei breiteren Flußläufen

müssen je nach Erfordernis zur Befestigung des Brettes eine größere oder kleinere Anzahl Pfähle eingerammt werden. Man ermittelt nun zur Feststellung der Wassermenge wie bei dem Meßkasten den Querschnitt, die Breite und Höhe des überfließenden Wassers. Die Breite des Ausschnittes ist leicht abmeßbar und soll mindestens $\frac{2}{3}$ der Flußbreite betragen, um dem Wasser einen freien und ungehinderten Abfluß zu ermöglichen. Die Höhe des überlaufenden Strahles (Strahlhöhe) erhält man, indem die Höhe der Ausschnittunterkante an einem Pfahl (Pegel) durch eine Wagerechte festgesetzt wird. Der Pfahl muß etwa 1 m von dem Ausschnittbrett entfernt abwärts stehen. Ist z. B. die Überfallbreite 2 m, die Strahlhöhe 30 cm, so ist die überfließende Wassermenge mit Benutzung beistehender Tabelle folgendermaßen leicht festzustellen. In der Tabelle steht bei 30 cm Strahlhöhe und 1 m Überfallbreite die Zahl 301,48; diese bedeutet die Wassermenge bei einem Ausschnitt von 1 m Breite, bei 2 m Breite würde also die doppelte Wassermenge $2 \cdot 301,48 = 602,96$ skl überfließen.

III. Messung von Wassermengen mittels Spansschützen.

Wenn bei einem Wasserwerk oder auf dem Bauplatz ein Spansschütz vorhanden ist, so spanne man das Wasser möglichst hoch an und regle den Zufluß und Abfluß durch Öffnen der Schützen so, daß der Wasserspiegel vollkommen zur Ruhe kommt, sich also weder hebt noch senkt. Man messe nunmehr die Breite der Schützenöffnung, dann wie hoch der Schützen gezogen ist, sowie das mittlere Gefälle, das ist die Entfernung vom Oberwasserspiegel bis Mitte Schützenöffnung, also $h - \frac{1}{2}b$. In nachstehender Tabelle bedeutet h' das mittlere Gefälle, also die Entfernung vom Oberwasserspiegel bis Mitte Öffnung; die nebenstehende Zahl ist ein Koeffizient, der, wenn man die Querschnitte der Schützenöffnung mit diesem multipliziert, die Anzahl der Liter ergibt, welche aus der Schützenöffnung in der Sekunde fließen.

Angenommen, die Breite der Schützenöffnung sei 1,50 m, der Schützen 0,40 m hoch gezogen, so ist der Querschnitt der Schützenöffnung demnach $1,5 \text{ mal } 0,4 = 0,6 \text{ qm}$.

Das mittlere Gefälle sei 1,00 m. In der Tabelle steht bei 1 m Gefälle die Zahl 2832. Diese Zahl mit dem Querschnitt 0,6 multipliziert, ergibt 2832 mal 0,6 = 1699,2 Liter Wasser, welche in der Sekunde durch die Schützenöffnung fließen.

Durch schräge Stellung der Schützen wird das Ergebnis ein etwas höheres sein; es genügen aber für diese Fälle die aus vorstehender Rechnung gewonnenen Werte.

Tabelle III.

h' mm	Zahl	h' mm	Zahl	h' mm	Zahl
260	1428	650	2265	1100	2976
280	1478	675	2309	1125	3011
300	1526	700	2352	1150	3045
320	1574	725	2395	1175	3078
340	1622	750	2437	1200	3111
360	1669	775	2479	1225	3144
380	1715	800	2520	1250	3176
400	1761	825	2560	1275	3207
420	1806	850	2600	1300	3238
440	1850	875	2640	1325	3269
460	1894	900	2679	1350	3299
480	1937	925	2718	1375	3328
500	1979	950	2756	1400	3356
525	2031	975	2784	1425	3388
550	2081	1000	2832	1450	3420
575	2130	1025	2868	1475	3454
600	2176	1050	2905	1500	3489
625	2221	1075	2941		

IV. Messung von Wassermengen mittels Schwimmer.

Wasserläufe mit größeren Wassermengen werden, um ein ungefähres Ergebnis zu erlangen, mittels Schwimmer folgendermaßen gemessen:

Man suche eine möglichst gerade Strecke im Fluß, messe davon z. B. 30 m ab, kennzeichne die abgemessene Strecke durch deutliche Merkmale, peile die Querschnitte an verschiedenen Stellen des Wasserlaufes und ermittle daraus den Durch-

schnittswert. Wäre nun die Geschwindigkeit bei allen Stellen gleich groß, so würde, wenn ein Schwimmer (Stück Eichenholz und teilweise gefüllte Flasche) die Strecke in einer gewissen Zeit zurückgelegt hat und daraus die Geschwindigkeit in einer Sekunde berechnet ist, durch Multiplikation der gefundenen Geschwindigkeit mit dem Querschnitt in Quadratmeter sich das Ergebnis der durchlaufenden Menge ergeben. Dies ist aber erfahrungsgemäß nicht der Fall, sondern nach der Seite des Grabens zu und auf der Oberfläche des Wassers ist die Geschwindigkeit eine geringere. Nachfolgende Tabelle IV gibt einen ungefähren Anhalt, wie sich die gefundenen Geschwindigkeiten zu den mittleren wirklichen verhalten. Genau werden diese Werte nie sein, sondern nur Annäherungswerte.

Angenommen, die Breite eines Wasserlaufes sei 10 m, die Tiefe des Wassers bei $a = 100$ mm, bei $b = 220$ mm, bei $c = 550$ mm, bei $d = 450$ mm und bei $e = 180$ mm, so ist die durchschnittliche Tiefe des Wasserlaufes 300 mm und somit der Querschnitt der Wassermenge 10,00 mal $0,30 = 3,00$ qm. Die größte Geschwindigkeit von 0,2 m in der Sekunde hat man dadurch gefunden, daß der Schwimmer die abgesteckten 30 m in 2,5 Min. ($30 \text{ m} : 150 \text{ s.} = 0,2 \text{ m in 1 Sekunde}$) durchlaufen hat. Nach bei folgender Tabelle ist die mittlere Geschwindigkeit bei $0,2 = 0,14$ m und somit die Wassermenge im Graben $0,14 \text{ mal } 3 = 0,42 \text{ cbm i. d. Stunde}$.

Tabelle IV.

Bei größter Geschwindigkeit v. m . . .	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Mittlere Geschwindigkeit v. m	0,14	0,31	0,47	0,64	0,81	0,98	1,16	1,33
Bei größter Geschwindigkeit v. m . . .	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	
Mittlere Geschwindigkeit v. m	1,51	1,70	1,88	2,06	2,25	2,43	2,61	

8. Das Abdichten der Bauwerke zum Schutze gegen das Grundwasser während des Betriebes der Absenkungsanlage.

Bei dem hier in Frage kommenden Abdichten der Bauwerke¹⁾ handelt es sich um Isolierungen zum Schutze des Baues gegen Zerstörungen durch Grundwasser und gegen aufsteigende Feuchtigkeit. Die Isolierungen können erfolgen durch:

- a) Außenhaut-Dichtungen,
- b) Innenhaut-Dichtungen,
- c) porenfüllende Dichtungen.

Mit »Außenhaut-Dichtungen« bezeichnet man die Ausführungsarten, die außerhalb des Bauwerkes — dem Grundwasser zugekehrt — an dem Bauwerk angebracht und durch eine »Schutzschicht«, aus Beton oder Mauerwerk bestehend, gegen das Grundwasser zu, vor Zerstörung geschützt werden. Diese Dichtungen sind also vom Innern des Bauwerkes aus nicht sichtbar, im Gegensatz zu den »Innenhaut-Dichtungen«, die auf die zu isolierenden Flächen aufgebracht werden und meistens auch sichtbar bleiben. »Porenfüllende Dichtungen« durchdringen den Baukörper gänzlich, werden also den Baustoffen während der Verarbeitung zugesetzt.

I. Außenhaut-Dichtungen.

Als Baustoffe kommen hauptsächlich in Betracht:

1. Ton,
2. Eisenbeton,
3. Wellblechumhüllungen,
4. Blei,
5. Zinkeinlagen,
6. Dachpappe und Asphaltpappe mit eingewalzter Bleischicht und
7. Asphalt.

Während Tondichtungen seltener und nur bei großen Tiefbauwerken angewandt werden, kommen Eisen-, Well-

¹⁾ Vgl. Bergwald, »Grundwasserdichtungen« (Isolierungen gegen Grundwasser und aufsteigende Feuchtigkeit) München und Berlin 1916, Verlag R. Oldenbourg.

blech-, Zink- und Bleidichtungen mehr für Sonderzwecke in Frage. Dagegen werden Dachpappe und Asphalt in ausgiebigster Weise benutzt. Reine Pappisolierungen kommen dort in Frage, wo es sich nur um die Fernhaltung der aufsteigenden Feuchtigkeit handelt. Für Bauwerke im Wasser sind sie dagegen wertlos, da die Pappe hygroskopisch ist und sich voll Wasser saugt, wodurch die Pappe das Bauwerk unter Umständen gefährden kann.

Dagegen finden die Pappdichtungen in Verbindung mit Asphalt allgemeine Anwendung und zwar in der Regel in wechselweisem Verband mit Anstrichen. Es kommt, je nach dem vorhandenen Wasserdruck, dem Verwendungszweck usw. eine mehr oder minder große Anzahl von Papplagen in Frage, die miteinander durch Bitumenanstriche verbunden werden. Die Pappe wird im Verband aufeinandergelegt. Nach Dr.-Ing. Joachim Schultze sind folgende Erfahrungssätze in Anwendung zu bringen:

Wasserdruck auf die Dichtung		Anzahl der Papplagen	Anzahl der Anstriche
der Wand	der Sohle		
	0,00 bis 0,30 m	2	3
0,00 bis 4,00 m	0,30 « 4,00 «	3	3
4,00 « 8,00 «	4,00 « 8,00 «	3	6
mehr als 8,00 «	mehr als 8,00 «	4	8

II. Innenhaut-Dichtungen.

Während die Außenhautdichtungen durch Umhüllung des Bauwerkskörpers erfolgen, die je nach dem Fortschreiten des Bauwerkes angebracht und dadurch mit ihnen dauernd und unlöslich verbunden werden, bestehen die Innenhautdichtungen aus Anstrichen oder Vorlegesichten, die auf die zu dichtenden Flächen unmittelbar aufgebracht werden.

Die Innenhautdichtungen eignen sich für nachträglich notwendig werdende, ursprünglich nicht vorgesehene Dichtungen, da sie zu jeder Zeit erfolgen können, ohne Rücksicht auf den jeweiligen Bauzustand. Ferner haben sie den Vorzug der dauernden, leichten Nachprüfung. Mitunter sind sie die

einzig möglichen Ausführungen. So können z. B. Gebäude, Gruben, Kellerräume usw., die unter der Bodenfeuchtigkeit und dem durchsickernden Tageswasser leiden, oft in wirksamer und billiger Weise isoliert werden. Man kann auch Grundwasserdichtungen auf diese Weise ausführen und damit bei günstigen Verhältnissen trockene Räume erzielen.

Die Innenhautdichtungen werden aber durch Bewegungen (»Setzen«) des Bauwerkes leicht schadhaf, auch sind sie chemischen und mechanischen Angriffen aller Art und sonstigen Beschädigungen leicht ausgesetzt, falls nicht eine besondere Schutzschicht vorgesehen wird.

Diese Isolierungen bestehen aus:

- a) Anstrichen, z. B. Gudron, Solutin, Preolith, Inertol usw.
- b) Vorlegesichten aus Dachziegeln oder Hintermauerungssteinen mit dazwischenliegenden Lufträumen.

III. Porenfüllende Dichtungen.

Zu den porenfüllenden, also ganz durchdringenden Dichtungen gehören:

Teer, Pech, Schwefel, Harz, Paraffin, Wachs, Gummi, Alaun sowie Traß und Fettkalk und ähnliche Baustoffe.

Als Grundstoff, dessen Poren gefüllt werden sollen, kommt der Zementmörtel in Frage. Der eingehüllte Kleinschlag z. B. Hintermauerungsteine, Betonschlag, Kiesel usw., ist im allgemeinen als ziemlich wasserdicht anzusprechen. Zu dichten ist also der die Hohlräume des Kleinschlags ausfüllende Mörtel — das Bindemittel.

Die zum Zwecke der Dichtung eingebrachten Stoffe kann man in solche, die die Isolierung durch mechanische Bindung, und in solche, die sie durch chemische Verbindung herstellen, unterscheiden. Zu den ersteren gehören: Teer, Pech, Schwefel, Harz, Paraffin, Wachs, Gummi und Alaun, während zu den letzteren Traß und Fettkalk zu rechnen sind.

Die Schutzmasse wird dem Mörtel schon bei der Verarbeitung beigegeben, so daß das Bauwerk nach Fertigstellung gedichtet ist.

Diese Dichtungsform hat den Vorzug der Billigkeit, da sich der mit der Isolierungsmasse vermengte Putz mit den Flächen gut verbindet und keinerlei Schutzschichten weiter erforderlich sind. Da der Putz frei zutage tritt, können kleine Undichtigkeiten leicht behoben werden, auch läßt sich eine nachträgliche Isolierung alter Bauwerke ohne größere Kosten ausführen.

Unter den porenfüllenden Dichtungen ist besonders das Ceresitverfahren bekannt, das bei einer Reihe Bauwerke verschiedenster Art Verwendung gefunden hat.

Abschnitt III.

Beispiele ausgeführter Absenkungsanlagen.

1. Flußuntertunnelungen.

Einen breiten Raum nehmen in der Grundwasserabsenkungstechnik die Flußuntertunnelungen ein. Sie werden durch verschiedene Bauverfahren ausgeführt, wovon besonders erwähnt seien das Verfahren

1. durch Schildvortrieb mittels Druckluft,
2. durch Versenken von Caissons,
3. durch Herstellung offener Baugruben in Verbindung mit Grundwasserabsenkungsanlagen.

Den Verfahren unter 1. und 2. haften gewisse Nachteile an, die ihre Verwendung beschränken. Das Druckluftverfahren, das z. B. in Paris bei der Durchquerung der Seine, in Berlin bei Herstellung des ersten Spreetunnels in Stralau, in Hamburg beim Bau des Elbtunnels usw. angewandt wurde, ist kostspielig, in der sicheren Ausführbarkeit schwierig und gefährdet die Gesundheit der Arbeiter. Dem Tunnelbau durch Versenken von Caissons, wie er in Paris und New York Verwendung gefunden hat, haften im allgemeinen dieselben Nachteile wie dem Schildvortrieb an, auch ist die Bauaufsicht schwierig.

Alle diese Nachteile fallen bei Verwendung von offenen Baugruben mit Hilfe einer Grundwasserabsenkungsanlage fort. Der Bau kann hier in altgewohnter Weise von oben her er-

folgen, so daß eine verhältnismäßig leichte Kontrolle sowohl der eigentlichen Bauausführungen, wie auch der sehr wichtigen Abdichtungsarbeiten, möglich ist. Bei Flußuntertunnelungen ist dieses Verfahren der Absenkung allerdings nur dort möglich, wo das Grundwasser mit dem Flußufer nicht in Verbindung steht, wie es z. B. bis zu einem gewissen Grade bei der Spree in Berlin der Fall ist. Hier trennt eine dicke Schlammschicht das Grund- und das Flußwasser, so daß ersteres abgesenkt werden kann.

Eine derartige Tunnelausführung mittels offener Baugrube und Grundwasserabsenkung hat beim Bau des Spree-tunnels im Zuge der Untergrundbahn Spittelmarkt—Alexanderplatz Verwendung gefunden. Über die Ausführung dieses Baues vergleiche weiter unten.

Beim Bau der AEG-Untergrundbahn, die die Spree an der Jannowitzbrücke kreuzt, wurde seitens der bauausführenden Firma Siemens & Halske A.-G. ein neues Verfahren benutzt. In die Flußsohle wurden im Zuge des zukünftigen Tunnels beiderseits Spundwände geschlagen, zwischen diesen wurde eine Rinne ausgebagert, deren Tiefe sich nach der Stärke einer besonderen Schutzdecke richtet und hier rd. 1,50 m betrug. In die ausgebagerte Rinne wurden eiserne Deckenträger eingelassen und seitlich auf die vorher unter Wasser abgeschnittenen Spundwände verlegt; sodann wurde um die Deckenträger herum Beton geschüttet und nach Erhärten desselben abgedichtet. Jetzt wurde die vorher eingebaute Wasserhaltungsanlage in Betrieb gesetzt. Nach der Absenkung des Grundwassers wurde mit dem Ausschachten des Erdbodens von den Seiten aus begonnen. Nach Fertigstellung dieser Arbeit hatte man ein Tunnelrohr vor sich, in das der eigentliche Tunnel der Untergrundbahn hineingebaut werden konnte.

Die Spreeuntertunnelung in Berlin im Zuge der Strecke Spittelmarkt-Alexanderplatz.

Die Spree hat an der Baustelle eine Breite von 125 m; der Spreetunnel beginnt im Süden an der Straße Neukölln a. W., und steigt auf dem anderen Ufer in der Nähe der Parochial-

kirche zu der Höhe der Untergrundbahn wieder empor. Die Steigung der Rampen beträgt auf der nördlichen Seite 26,32 % und auf der südlichen 22,22, die Länge des Unterwassertunnels einschließlich der beiden Rampen beträgt 405,40 m, während der eigentliche Tunnel unter der Spree nur 124,50 m mißt. Die Tiefenlage der Schienenoberkante unter dem mittleren

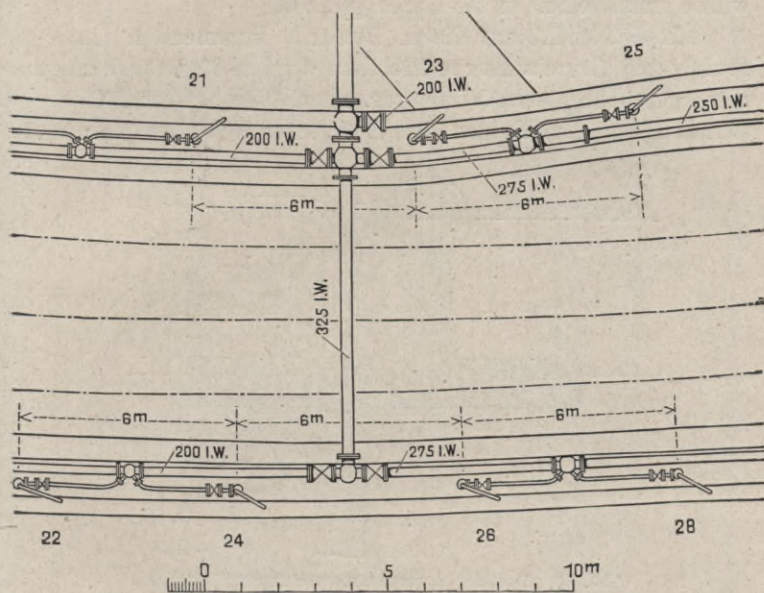


Abb. 45. Bau der Spreeuntertunnelung in Berlin.
Anordnung der Rohrbrunnen und Saugleitungen.

Spreespiegel beträgt 8,70 m, der nutzbare Tunnelquerschnitt 24,40 qm. Die gesamte Bauzeit betrug rd. 3 Jahre. Die Ausführung des Tunnels erfolgte in mehreren aufeinanderfolgenden Bauabschnitten zwischen Fangedämmen in offener Baugrube. Ursprünglich sollte das Bauwerk in zwei Bauabschnitten hergestellt werden, durch einen im Frühjahr 1912 erfolgten Wasser einbruch mußte dieser Plan geändert und das Bauwerk in drei Bauabschnitten fertiggestellt werden.

Die Ausführung gestaltete sich folgendermaßen: Der Bauplatz wurde durch einen zwischen eingerammten Spund-

wänden eingebrachten, 4,50 m starken Fangedamm eingeschlossen. Dieser wurde mit lehmhaltigem Sand, dem zu größerer Dichtung etwas Pferdemist beigemischt wurde, ausgeführt. Die Entfernung des Grundwassers aus der rd. 180 m langen Baugrube erfolgte durch 61 Tag und Nacht in Betrieb befindliche Mammutpumpen. Das von ihnen geförderte Wasser wurde unmittelbar in die Spree geleitet.

Mit Rücksicht auf die in Betracht kommenden Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wurden 61 Rohrbrunnen niedergebracht, deren Verteilung aus den Abb. 44 und 45 ersichtlich ist. Die Sohlen der Bohrlöcher befanden sich rd.

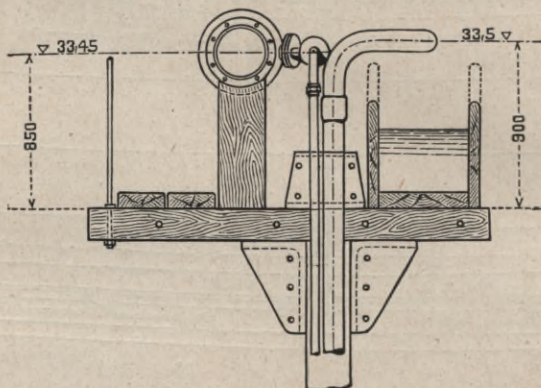


Abb. 46. Bau der Spreeuntertunnelung in Berlin.
Befestigung der Mammutpumpen.

15 m unter der Flußsohle. Mit Rücksicht auf die Größe des zu erwartenden Wasserzuflusses erhielten die Rohrbrunnen in der Rampenstrecke einen lichten inneren Durchmesser des Filters von 219 mm und diejenigen im Innern des Spreebettes einen solchen von 228 mm. Die an die Wasserhaltung zu stellenden Anforderungen sind als ungewöhnlich zu bezeichnen. Der Absenkungsspiegel in der Baugrube mußte rd. 12 m unter dem Spiegel der Spree gehalten werden. Es war aber außerdem auch notwendig, die bei der angegebenen Absenkung der Baustelle zufließende Wassermenge aus 61 Rohrbrunnen gleichzeitig zu entnehmen. Da nun von vornherein nicht die genaue

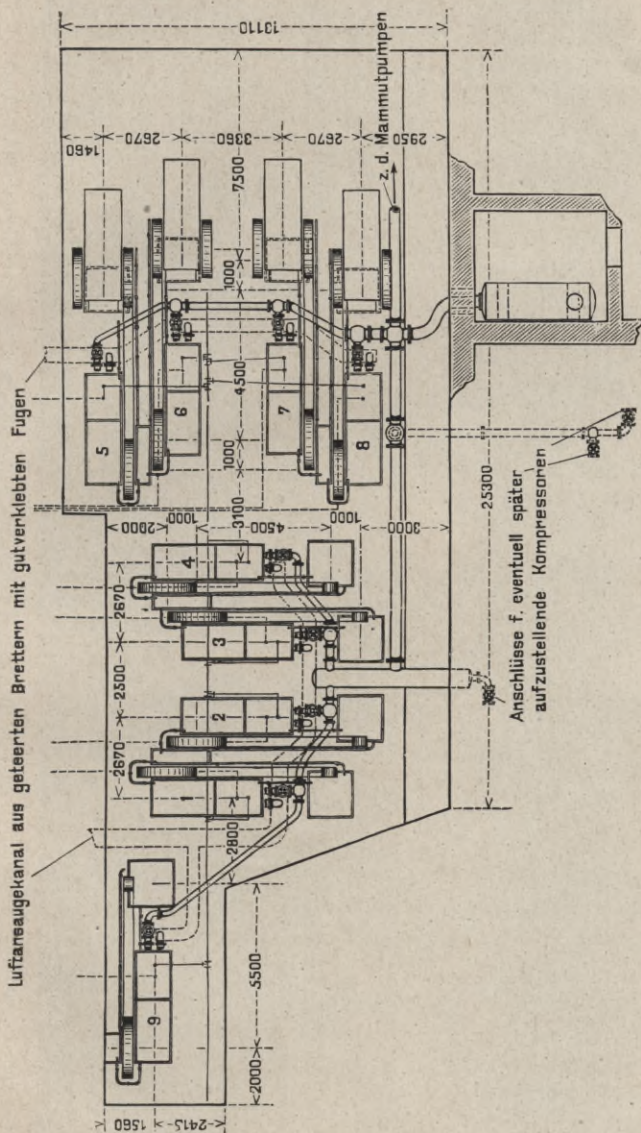


Abb. 47. Bau der Spreuntertunnelung in Berlin.
 Aufstellung der Kompressoren zur Mammut-Pumpenanlage. Ausgeführt durch A. Borsig, Tegel.

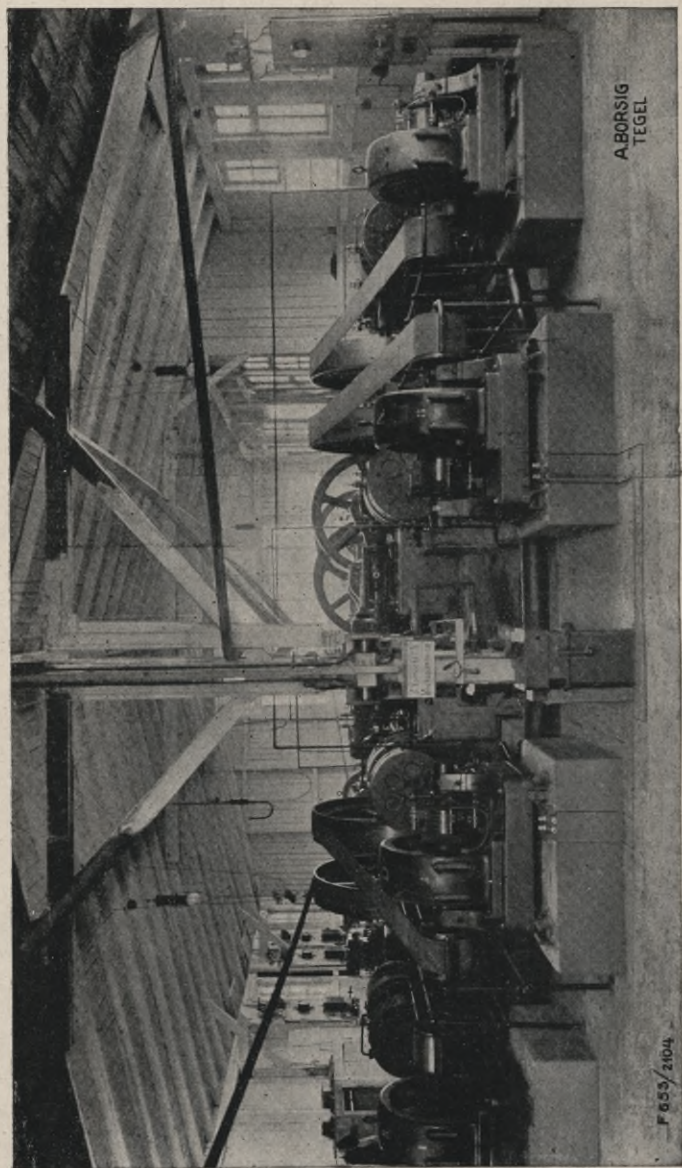


Abb. 48. Bau der Spreuntertunnelung in Berlin. Aufstellung der Kompressoren zur Mammut-Pumpenanlage.

Wassermenge angegeben werden konnte, so wurden dadurch die Schwierigkeiten in der Bestimmung eines geeigneten Pumpwerkes noch bedeutend vergrößert. Es mußte also ein Pumpwerk geschaffen werden, dessen Fördermenge in weiten Grenzen in Anspruch genommen werden konnte. Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Anlage waren in erster Linie zu beachten.

Bei Anwendung von Kreiselpumpen wäre eine mehrstafelige Anlage erforderlich gewesen. Es lag nun beim Eintritt einer Störung des Pumpbetriebes die Gefahr nahe, daß ein

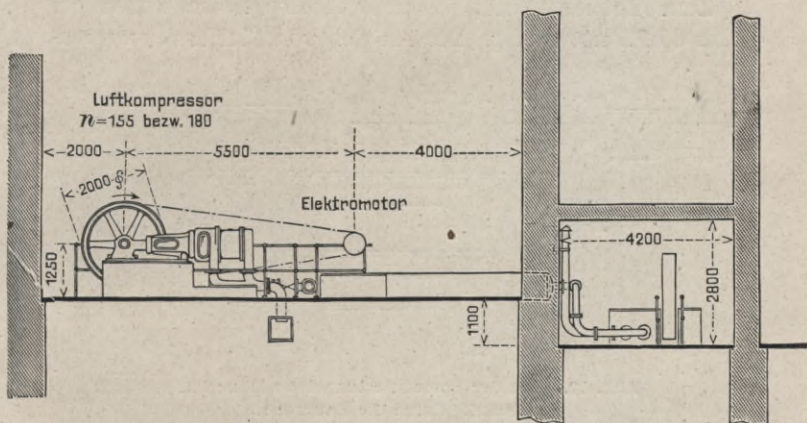


Abb. 49. Bau der Spreeuntertunnelung in Berlin.
Aufstellung der Kompressoren zur Mammut-Pumpenanlage.

großer Teil der Baugrube unter Wasser gesetzt werde, wodurch sich Zerstörungen des Bauwerkes und der unteren Wasserhaltungen ergeben hätten. Auch wäre durch die zahlreichen Rohrleitungen usw. in der verhältnismäßig engen Baugrube der vorhandene Arbeitsraum noch bedeutender verkleinert worden. Aus diesem Grunde wurde von der Verwendung der Kreiselpumpen Abstand genommen und zu der Ausführung von Mammutpumpen geschritten. Über die Konstruktion und Wirkungsweise der Mammutpumpen vgl. den Abschnitt »Mammutpumpen«. Von den 61 zur Wasserhaltung verwendeten Mammutpumpen waren 41 für eine Leistung von 20 skl

und 20 für eine Leistung von 10 skl bestimmt. Durch entsprechende Einteilung war man im Stande, den Zustand einer jeden Pumpe während des Betriebes ohne jede weitere Vorbereitung zu prüfen und gegebenen Falles zu verbessern. Die Gesamtfördermenge des gehobenen Wassers wurde während der Zeit des größten Zuflusses auf 850 skl geschätzt.

Die Bedienung der 61 Pumpen erfolgte mit doppeltwirkenden Luftkompressoren für Riemenbetrieb. Hiervon waren, je nach der Größe der Absenkung des Wasserspiegels, 4 bis 7 im Betrieb, während die anderen als Reserve dienten.

Zum Betriebe eines jeden Luftkompressors waren ca. 44 bis 65 PS notwendig. Der Antrieb von fünf Luftkompressoren

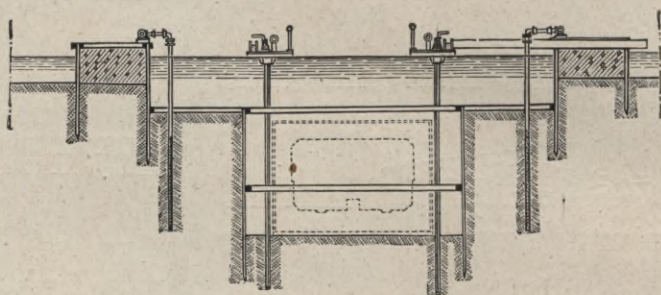
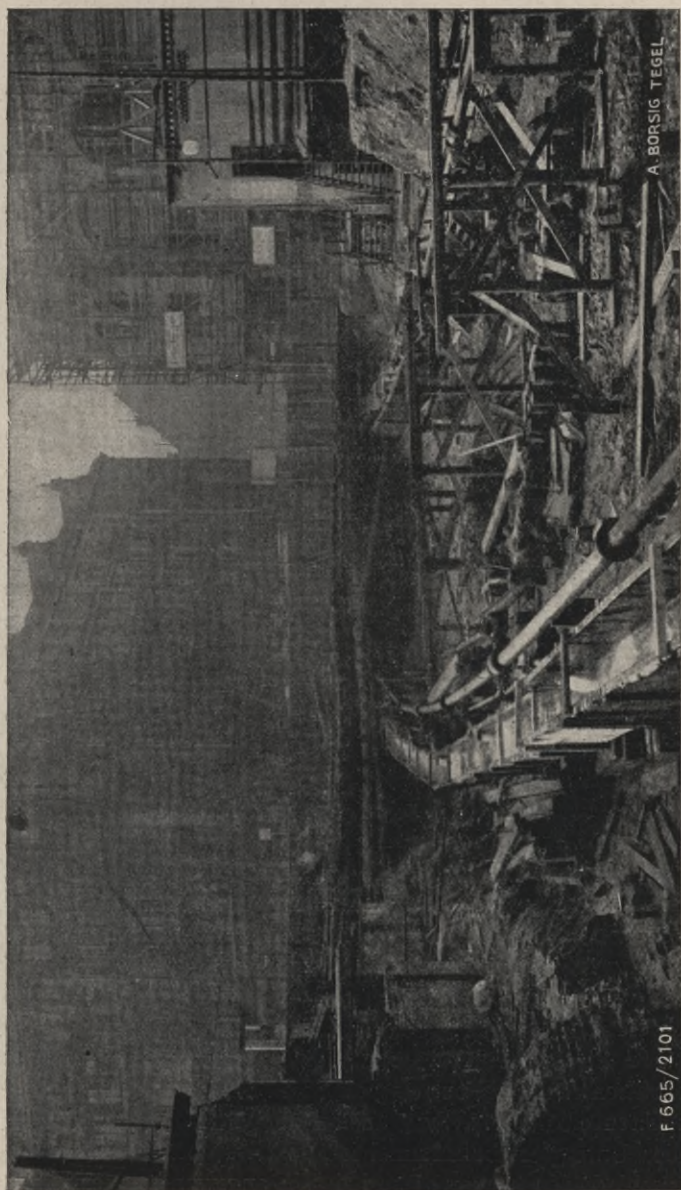


Abb. 50. Bau der Spreeuntertunnelung in Berlin.
Querschnitt durch die Baugrube.

soren erfolgte mittels Riemen durch Gleichstromelektromotoren, die mit 700 Volt Spannung arbeiteten. Die anderen vier Luftkompressoren wurden mittels Lokomobilen angetrieben.

Die einzelnen Bauvorgänge zeigten ungefähr folgendes Bild:

Während des ersten Vorganges wurden die Fangedämme errichtet, gedichtet, die Baugrube ausgepumpt und ausgebaggert (Abb. 50). Nachdem auf diese Weise das Spreebett trockengelegt worden war, wurden die Spundwände, für den Tunnel aus I-Trägern Nr. 50 bestehend, eingerammt und die seitlichen Arbeitsgerüste sowie die Wasserhaltungsanlage eingebaut und in Betrieb gesetzt. Beim zweiten Bauvorgang wurde mit dem Bodenaushub bis zum abgesenkten Grundwasserspiegel fortgeföhren. Gleichzeitig erfolgte der Einbau



A. BORSIG TEGEL

F. 565/2101

Abb. 51. Bau der Spreuntertunnelung in Berlin, Einzeldarstellung der Baugrube.

der Grubenversteifung zwischen den Spundwänden. Hierauf wurde der Sohlenbeton eingebracht und der äußere Teil der Sohle gegen das Grundwasser gedichtet. Nunmehr wurde mit dem Herstellen des inneren Teiles der Tunnelsohle und der Seitenwände begonnen, nachdem vorher die hölzerne Mittelabsteifung entfernt worden war. Alsdann mußte mit der Errichtung der eisernen Deckenstützen und dem Verlegen der Deckenträger begonnen werden. Hierauf wurde die Decke eingewölbt und der Tunnel im Rohbau fertiggestellt.

Die ganze Tunnelausführung geschah ähnlich den übrigen Ausführungen bei der Untergrundbahn in Beton mit Eiseninlagen. Die Wände erhielten in den Nischen für die Kabel eine Mindeststärke von 0,80 m; an den übrigen Stellen besitzen sie eine größere Stärke. Die Tunneldecke wurde 1 m stark ausgeführt, darüber eine 0,75 m hohe Packung, aus groben Steinen verlegt, damit die Decke vor der Beschädigung durch Staken, Schiffsanker, Schiffswracken usw. geschützt ist. Oberkante Steinpackung liegt auf der Höhe der Flußsohle.

Die tiefste Stelle des Tunnels liegt rd. 10 m unter dem Wasserspiegel der Spree. Die Dichtung gegen das Eindringen des Wassers erfolgte durch eine Schicht, die aus einer mehrfachen Lage von Asphaltpappe, wechselnd mit Bitumenanstrichen, besteht. Über die Ausführung derartiger Dichtungen ist an anderer Stelle weiter eingegangen worden.

Die Ausführung der Spreeuntertunnelung, die durch die Siemens & Halske A.-G. erfolgte, kostete im Rohbau rd. M. 1,5 Mill.; hierzu kommen noch die Kosten für den Grunderwerb, der auf beiden Seiten der Spree erfolgen mußte. Die Gesamtbaukosten betragen rd. M. 4,5 Mill.

Ein Vergleich mit der früher hergestellten Spreeuntertunnelung zwischen Stralau und Treptow zeigt, daß die Ausführung in offener Baugrube und Absenkung des Grundwassers sich wesentlich billiger gestaltet. Der Tunnel unter der Spree zwischen Stralau und Treptow ist im Gegensatz zu dem eben beschriebenen Tunnel nur eingleisig und hat M. 3,5 Mill. reine Baukosten erfordert. Wenn auch dieser Tunnel etwas länger als der Untergrundbahntunnel ist, so tritt doch der Kostenunterschied klar hervor. Das bei ihm angewandte Verfahren

— Schildvortrieb — ist schon an und für sich kostspielig, ferner mußte der Tunnel 5 m unter die Spreesohle gelegt werden, um dem erheblichen Auftriebe entgegen zu wirken. Dagegen

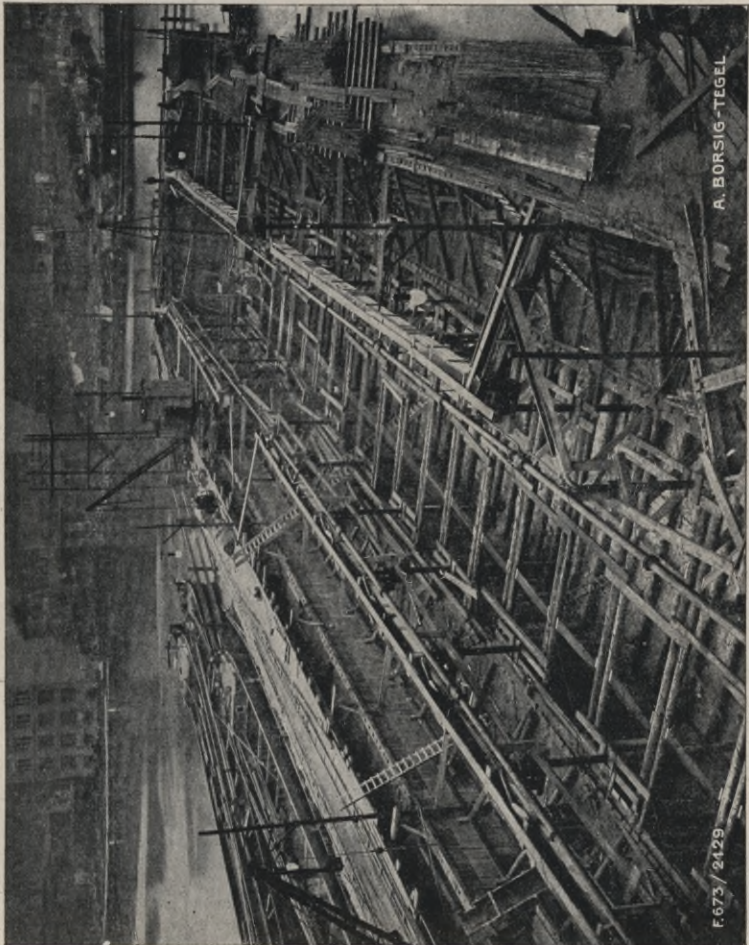


Abb. 52. Bau der Spreeuntertunnelung in Berlin. Aufsicht auf die Baugrube.

liegt der Untergrundbahntunnel nur 2 m unter der Spree-
sohle, da er durch sein größeres Eigengewicht dem Auftrieb
mehr Widerstand entgegensetzt.

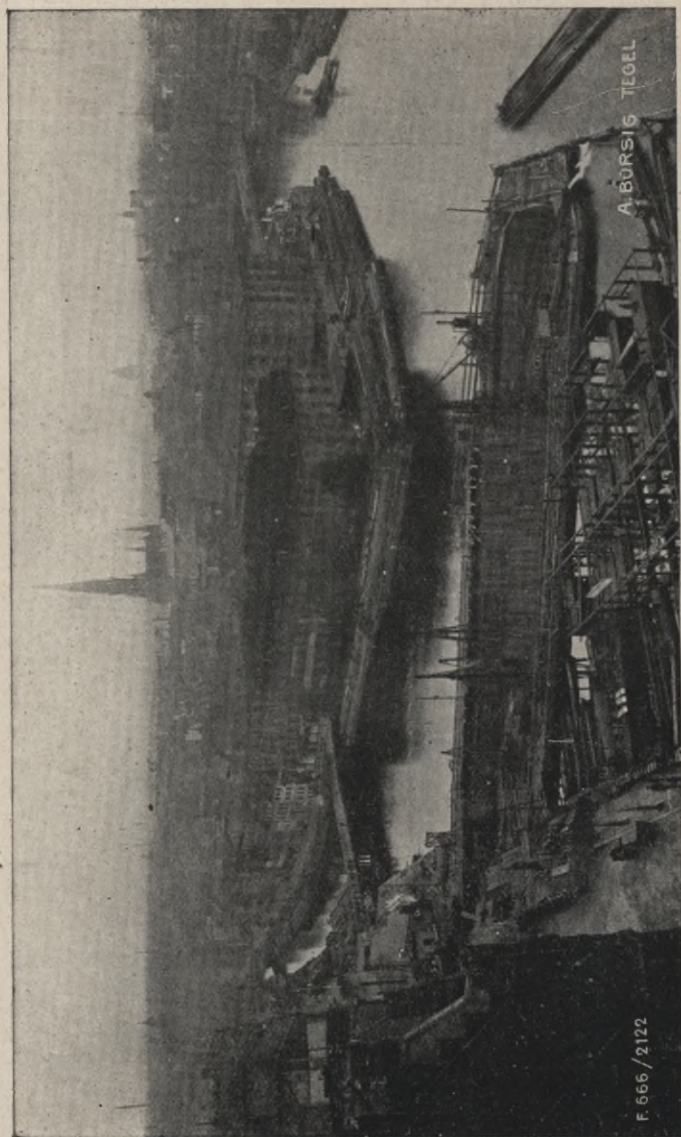


Abb. 53. Bau der Spreuntertunnelung in Berlin. Baugrube an der Inselstraße.

2. Untergrundbahnbau-Ausführungen in Berlin und Umgegend.

A. Schöneberger Untergrundbahn.

Bekanntlich weist infolge ungünstiger geologischer Verhältnisse der Berliner Baugrund bereits in geringerer Tiefe, durchschnittlich rd. 3 bis 4 m unter der Straßenoberfläche, Grundwasser auf, worauf bei allen Tiefbauarbeiten entsprechende Rücksicht zu nehmen ist.

Das frühere Gründungsverfahren, das darin bestand, daß man nach Einfassung der Baugrube mit Spundwänden in den derart abgeschlossenen Raum Beton schüttete und dann das Wasser herauspumpte, oder daß man das Bauwerk auf eingerammten Pfählen hochführte, oder auch eiserne oder gemauerte Brunnen zur Absenkung brachte, kommt heute fast gar nicht oder doch nur in selteneren Fällen zur Ausführung, da man in der modernen Grundwasserabsenkung ein bedeutend wirtschaftlicher arbeitendes Verfahren gefunden hat.

Für die in den Jahren 1908 bis 1910 erbaute Schöneberger Untergrundbahn, die eine Länge von rd. 3 km aufweist, mußten fast 1,5 km durch Grundwassersenkung trocken gelegt werden. Der höchste Stand des Grundwassers war am Nollendorfplatz — dem Ausgangspunkt der Bahn — mit den angrenzenden Straßenzügen durch die Motzstraße bis zum Viktoria-Luise-Platz, ermittelt worden. Am Nollendorfplatz liegt der Tunnel infolge der geplanten Erweiterungsstrecke nach Berlin und der bereits bestehenden Baulichkeiten der Berliner Hoch- und Untergrundbahn besonders tief. Bei einem Grundwasserstand von rd. 3, m unter Flur liegt die Tunnelsohle 10 m unter der Straßenoberfläche, so daß der Wasserspiegel über 7 m abgesenkt werden mußte. Dies geschah in zwei Staffeln von 4 m und 3,5 m Tiefe. Während des Betriebes der unteren Staffel wurde die obere ausgeschaltet und als Reserve in Bereitschaft gehalten. Beim Abbau wurde die obere Staffel wieder in Betrieb gesetzt. Die übrigen Strecken wurden mit einstaffeligen Anlagen trocken gelegt, da es sich um Absenkungstiefen von nur 2 bis 3 m handelte.

Für die Ausführung, die durch die Firma Siemens & Halske A.-G. erfolgte, waren 204 Stück normale, 10 m tiefe Rohrbrunnen von 150 mm Durchmesser und 59 Stück Tiefbrunnen mit Dreikolbenpumpen erforderlich. Die Saugleitungen von 150 bis 250 mm Durchmesser besaßen eine Länge von 1250 m.



Abb. 54. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn.
Leitungsnetz der Wasserhaltung in der Tunnelbaugrube der Motzstraße in Berlin-Schöneberg. Ausgeführt durch Siemens & Halske, Akt.-Ges.

An Abflußleitungen waren rd. 1450 lfd. m guß- und schmiedeeiserne Rohre von 300 bis 450 mm Durchmesser sowie 600 m offene Holzrinnen erforderlich. Zum Absaugen dienten an Maschinenanlagen: Ein Baukraftwerk mit 3 Heißdampf-Verbund-Lokomobilen von zusammen 180 PS Normalleistung und 220 PS höchster Dauerleistung; ferner 3 Gleichstrom-

erzeuger von 700 bis 750 Volt mit einer Leistung von zusammen 160 kW. Als Reserve diente ein elektrischer Anschluß an das Kabelnetz des Elektrizitätswerkes »Südwest«.

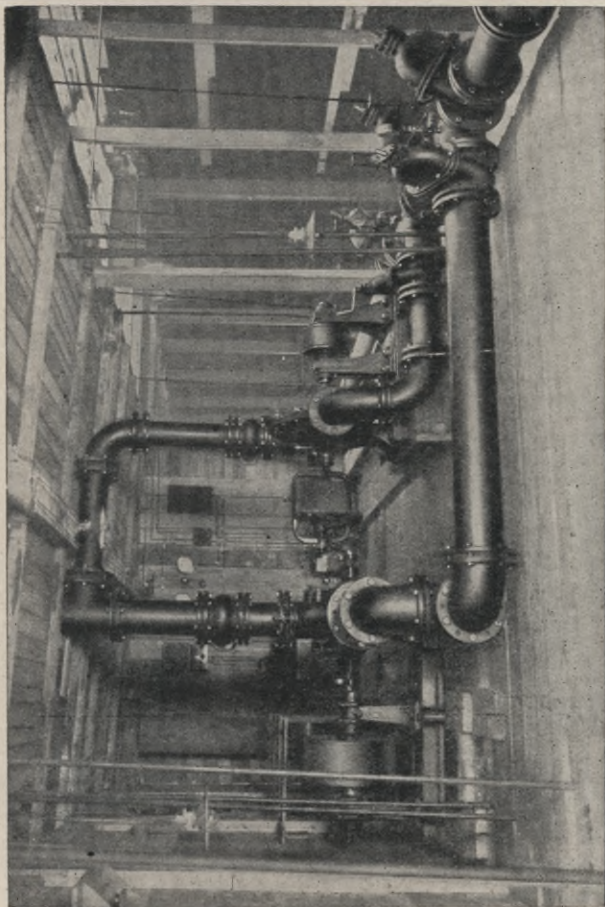


Abb. 55. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn. Pumpstelle in der Tunnelbaugrube der Motzstraße in Berlin-Schöneberg, bestehend aus zwei Maschinensätzen mit je einem Elektromotor und einer dazu gehörigen Kreiselpumpe. Ein Maschinensatz ist in Betrieb, während der andere als Notbehelf dient.

An Pumpstellen waren 13 Stück vorhanden, die aus je 2 Kreiselpumpen mit einem Rohranschluß von 150 bis 275 mm lichter Weite und je 2 Elektromotoren von 30 bis 42 PS bestanden. Hiervon war je ein Maschinensatz dauernd im Betrieb,

während der zweite als Reserve diente für den Fall des Versagens der Anlage oder eines größeren Wasserandranges. 59 Stück Dreikolbentiefpumpen, Bauart Siemens-Schuckert, mit Einzelantrieb von je 3,5 PS vervollständigten die Maschinenanlage.

Der Betrieb dauerte vom April 1909 bis zum Juli 1910, währenddessen 22000 qm nutzbare Fläche, bei einer mittleren

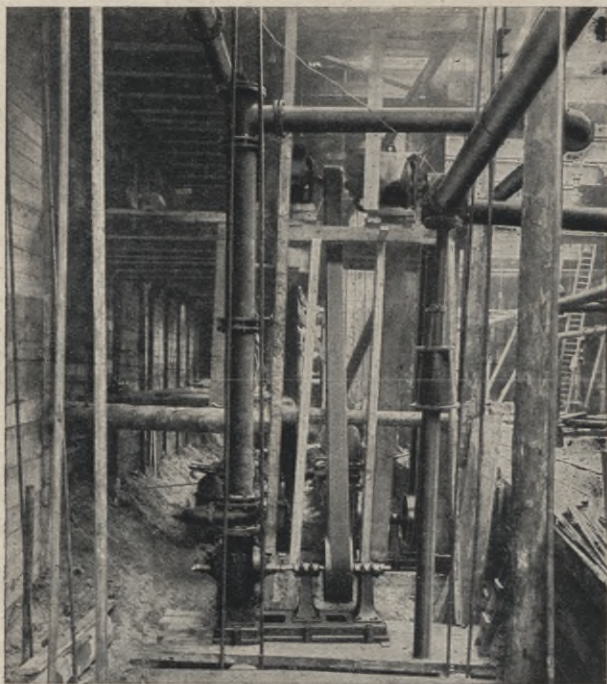


Abb. 56. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn. Pumpstelle in der Baugrube unter der Motzstraße. Infolge Platzmangels in der engen Baugrube sind die Elektromotoren über den Kreiselpumpen angeordnet.

nutzbaren Absenkung von 2,5 m und der tiefsten Absenkung von 7,5 m, trockengelegt wurden.

Das Leitungsnetz in der Tunnelbaugrube der Motzstraße ist aus Abb. 54 ersichtlich, während eine Pumpstelle in der

Baugrube der Motzstraße Abb. 55 zeigt. Der Antrieb der Kreiselpumpen erfolgte mittels Riemen durch Elektromotoren. Die Kreiselpumpen wurden in gleicher Höhe mit der Saugleitung aufgestellt, um die praktisch erreichbare Saughöhe nach Möglichkeit auszunutzen. Wegen des Raummangels

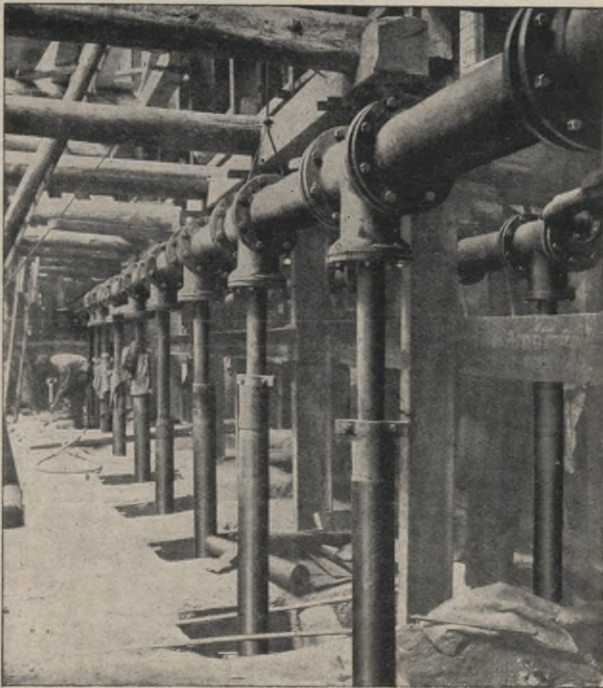


Abb. 57. Bau der Berlin-Schöneberger Untergrundbahn.
Unterste Staffel in der Baugrube des Tiefunnels am Nollendorfplatz
mit fertig betonierter Tunnelsohle.

in den Straßen mußten die Maschinenanlagen innerhalb der ausgeschachteten Baugrube an die Baugrubenabstufung aufgehängt werden (s. Abb. 56). Auf dem Viktoria-Luiseplatz waren elektrisch angetriebene Tiefpumpen; mit drei in einem Zylinder übereinander angeordneten Kolben im Betrieb.

Schwierigkeiten bot die Gründung der Haltestelle »Stadtpark« im Moorboden des Fenngeländes. Hier wurden außer den Kreiselpumpen auch sog. Diaphragmapumpen benutzt, um das Schlammwasser aus den Spundwandkästen abzupumpen.

Die Ergiebigkeit der einzelnen Rohrbrunnen war sehr schwankend und richtete sich nach der Durchlässigkeit des Untergrundes und der Entfernung der Brunnen von den Pumpen. Am Nollendorfplatz wurden bis 400 skl gefördert, das sind 34560 cbm in 24 Stunden. Diese Wassermenge würde für die Versorgung einer Stadt von 300000 bis 350000 Einwohner genügen. Im ganzen wurden während der Betriebszeit der Wasserhaltungsanlage rd. 3 Mill. cbm Grundwasser gefördert.

Das Grundwasser wurde durch die an die Pumpen angeschlossenen schmiedeeisernen Druckleitungen in Sammelbecken, aus Beton oder Holz bestehend, gehoben. Diese Sammelbecken, waren mit Meßvorrichtungen versehen. (Vgl. Abschnitt »Messung der geförderten Wassermengen«.) Durch Abflußleitungen, aus gußeisernen Muffenrohren bestehend, erfolgte die Weiterleitung des Wassers aus den Sammelbecken in den nächsten Regenauslaß der städtischen Kanalisation.

Die Beobachtung der abgesenkten Grundwasserspiegel erfolgte durch 30 längs der ganzen Strecke verteilte Meßbrunnen.

Der Arbeitsvorgang beim Bau und Betrieb der Wasserhaltung geschah folgendermaßen:

Während der Ramm- und Erdarbeiten erfolgte ohne Störung derselben das Niederbringen der Rohrbrunnen. Hierauf wurden die Saug- und Druckleitungen verlegt und die Maschinensätze — Pumpen und Elektromotoren — aufgestellt. Sobald der Erdaushub bis zum natürlichen Grundwasserspiegel erfolgt war, wurde die Anlage in Betrieb genommen. Die Senkung des Grundwassers erfolgte nun bedeutend schneller als der Bodenaushub. Nach Einbringen des Baukörpers und Beendigung der Abdichtungsarbeiten erfolgte der Abbau der Wasserhaltung.

B. Umbau der Haltestelle „Wittenbergplatz“.

In den Jahren 1911 bis 1913 wurde die Haltestelle »Wittenbergplatz«, die bisher zweigleisig war, in einen fünfgleisigen Bahnkörper umgebaut, um die Abzweigungen der Wilmers-

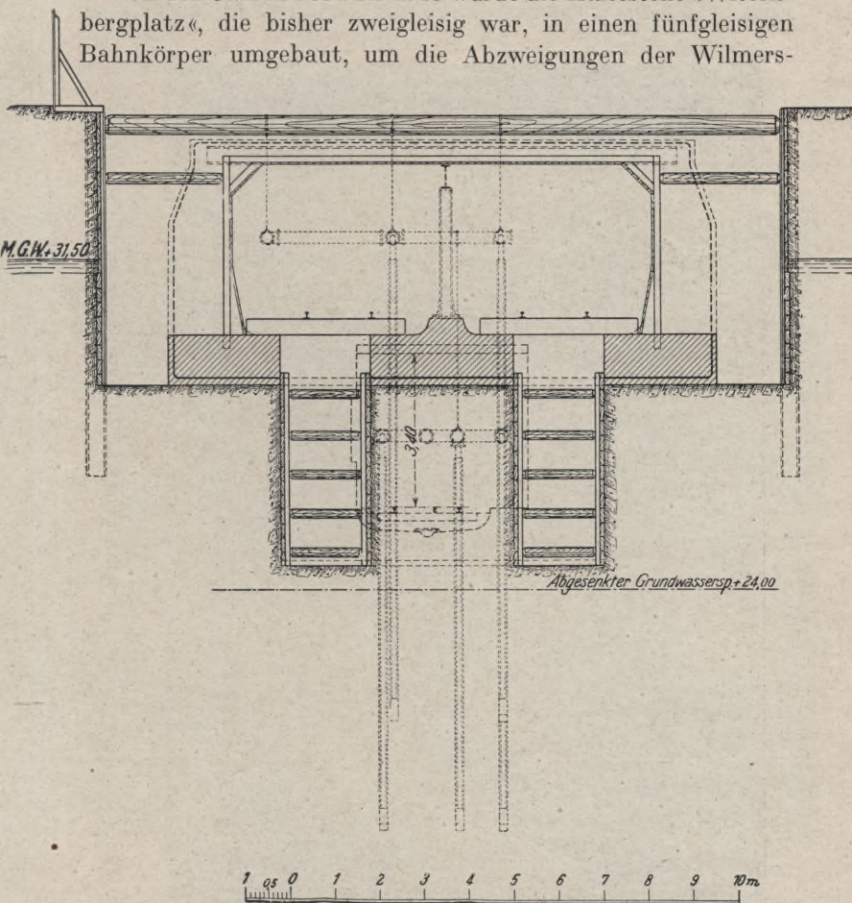


Abb. 58. Wasserhaltungsanlage für den Bau des Tiertunnels; Tiefe der Absenkung 7,5 m. Ausgeführt durch Siemens & Halske, Akt.-Ges.

dorfer und der Neu-Charlottenburger Untergrundbahn in die Stammstrecke aufzunehmen. Zu diesem Zwecke mußten an vier Stellen Unterführungen eines Tunnels durch einen anderen hergestellt werden, wodurch tiefere Absenkungen

erforderlich wurden. Als Beispiel sei hier die Tunnelkreuzung an der Nettelbeck—Ecke Kleiststraße erwähnt, die von der Firma Siemens & Halske A.-G. im Eigenbetrieb ausgeführt



Abb. 59. Umbau der Haltestelle „Wittenbergplatz“. Verlegen der Leitungen für die Wasserhaltung im Tieftunnel an der Nettelbeckstraße.

wurde. Aus nachfolgender Zusammenstellung ist die Tiefe der einzelnen Absenkungen zu ersehen.

Die erste Staffel dient für die Wasserhaltung, wie sie für den Umbau der Haltestelle »Wittenbergplatz« erforderlich

Zusammenstellung der Absenkungstiefen beim Bau der Tunnelkreuzung Nettelbeck—Ecke Kleiststraße in Charlottenburg.

Staffel	Saugleitung	Absenkung	
		von	auf
I	Ord. + 32,00 m ü. NN.	+ 31,80	+ 27,30
II	» + 28,00 » » »	+ 27,30	+ 24,50
III	» + 25,00 » » »	+ 24,50	+ 22,50

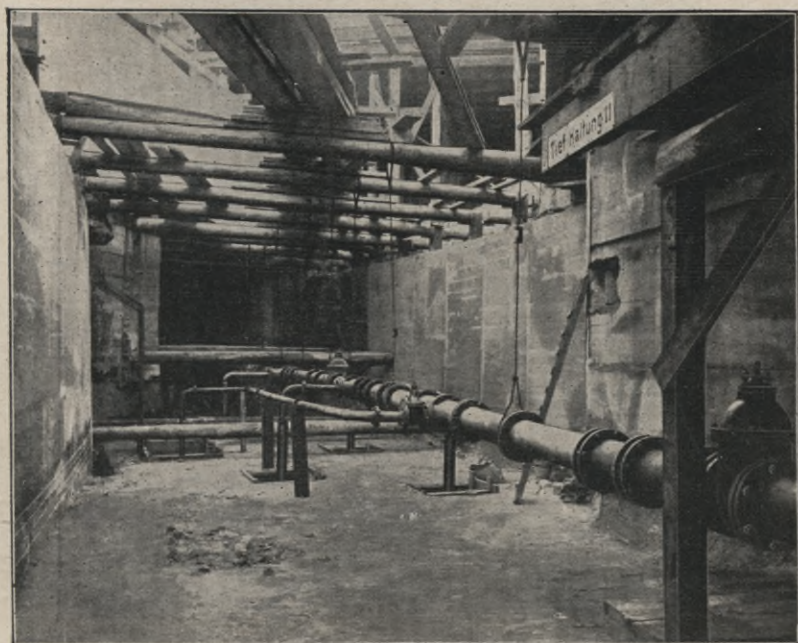


Abb. 60. Umbau der Haltestelle „Wittenbergplatz“. Saugleitung im Tieftunnel an der Nettelbeckstraße.

war, während die Staffeln II und III die Erweiterung der Wasserhaltung für den Tieftunnel darstellen. Die Gesamtabenkung erreichte die Tiefe von 9,30 m.

Aus der Abb. 59 ist der Mittelteil des Tieftunnels unter dem alten, zum Teil abgebrochenen Stammtunnel zu ersehen. Der Bahnbetrieb ist bereits in die seitlichen Tunnelverbrei-

tungen übergeleitet worden. Die Betriebstrecken sind durch Holzverschalungen von der Baustelle getrennt worden.

Abb. 60 stellt die Saugleitung mit den angeschlossenen Rohrbrunnen der dritten Staffel dar. Die zweite Staffel wurde aus zwei Maschinensätzen, die dritte aus einem Maschinensatz gebildet. Beide Maschinensätze der zweiten Staffel, die durch den Stammtunnel getrennt waren, dienten sich gegenseitig als Aushilfe, indem die beiden Saugleitungen durch ein wagerecht unter dem Stammtunnel gebohrtes Rohr in Verbindung gebracht wurden.

C. Dückerbau bei der Untergrundbahn in Charlottenburg.

Öfter werden bei Kreuzungen von bereits bestehenden Entwässerungsleitungen mit Untergrundbahnen Veränderungen der ersteren erforderlich. Zu diesem Zwecke erfolgt entweder eine Umlegung oder eine Querschnittänderung der Kanalisationsleitungen, oder sie werden »gedükert« d. h. mit gebrochener Sohlenrinne unter dem Tunnel hindurchgeführt.

Zur Ausführung derartiger Kanaldücker, die gleichzeitig mit dem Tunnelbau erfolgt, ist eine verstärkte Grundwasser-senkung erforderlich. Als lehrreiches Beispiel eines derartigen Bauwerkes sei hier der Dückerbau an der Joachimsthaler Straße Ecke Kurfürstendamm herausgegriffen. Hier mußte der in den Landwehrkanal mündende 3,3 m breite und 3,3 m hohe gemauerte Notauslaß der Wilmersdorfer städtischen Kanalisation unter der im Zuge des Kurfürstendamms verlaufenden Untergrundbahn hindurchgeführt werden.

Die Ausführung des Bauwerkes erfolgte als Doppeldücker. Der Sammelkanal wurde in zwei gemauerte Kanäle von je 2 m Breite und 2 m Höhe aufgelöst. Durch die erste Wasserhaltungstaffel wurde der Grundwasserspiegel um 2,70 m gesenkt. Für die Ausführung des Dückerbaues wurden neben der Dückerbaugrube im Tunnel eine besondere, tiefer gelegene Pumpstelle errichtet, die aus 2 Maschinensätzen gebildet wurde, von denen 1 Satz für den regelmäßigen Betrieb und der andere als Behelf diente. Durch diese zweite Staffel wurde der Grundwasserspiegel um weitere 3,3 m abgesenkt, wodurch sich eine Gesamtabenkung von 6 m an dieser Stelle ergab. Wie aus

Abb. 61 ersichtlich ist, waren die Rohrbrunnen der zweiten Staffel in einer Reihe zwischen den beiden zu bauenden Kanälen niedergebracht worden. Die Rohrbrunnen wurden mit Ein-



Abb. 61. Wasserhaltung für den Duckerbau an der Ecke der Joachimsthaler Straße und des Kurfürstendamms in Charlottenburg.

schalungshölzern umgeben, um nach dem Ausfüllen des Zwischenraumes zwischen den beiden Kanälen mittels Sparbetons die Brunnen wieder zu gewinnen. Die entstandenen Löcher wurden dann nachträglich mit Beton ausgefüllt.

D. Wasserhaltungen für den Bau der Untergrundbahn Wittenbergplatz-Kaiserallee.

Für die Grundwassersenkungen beim Bau der Strecke Wittenbergplatz—Kaiserallee wurden zusammen 242 Rohrbrunnen niedergebracht, die durch 2180 lfd. m Saugleitungen



Abb. 62. Bau der Untergrundbahn Wittenbergplatz-Kaiserallee. Mehrstellige Grundwasserhaltungsanlage für die Herstellung zweier Tunnelstockwerke unter der Taentzienstraße in Charlottenburg; Tiefe der Absenkung 9,5 m.

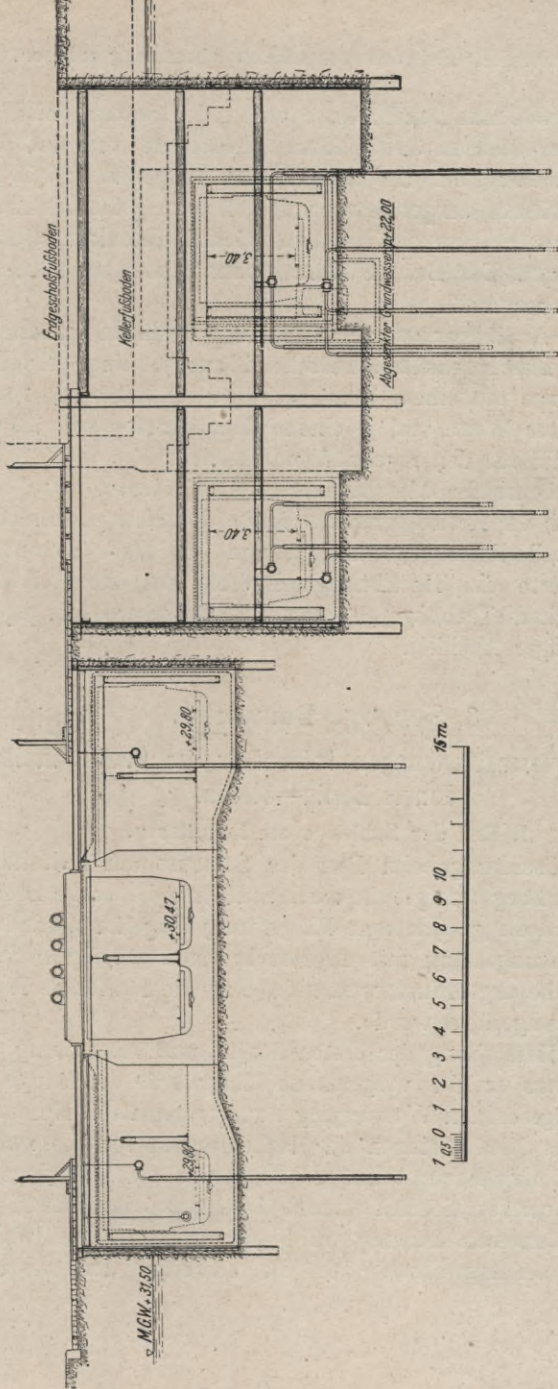


Abb. 63. Bau der Untergrundbahn Wittenbergplatz-Kaiserallee.

Wasserhaltungsanlage für den Bau des Tüftunnels an der Ecke der Taentzienstraße und Nürnbergerstraße;
Tiefe der Absenkung 9,5 m.

von 200 bis 300 mm Durchmesser verbunden waren. Als Abflußleitungen dienten 3900 lfd. m Muffenrohre von 300 bis 450 mm Durchmesser. Die tiefste Absenkung betrug 9,50 m, die in 3 Staffeln ausgeführt wurde. Die mittlere nutzbare Absenkung war 4,5 m tief bei einer Gesamtabsenkungsfläche von 24000 qm. Der Betrieb währte vom September 1911 bis zum Dezember 1912.

Für die Ausführung waren an Maschinenanlagen vorhanden

- a) 13 Maschinensätze, bestehend aus je einer Kreiselpumpe mit einem Rohranschluß von 250 bis 300 mm lichter Weite und je einem Elektromotor von 36 bis 80 PS für den regelmäßigen Betrieb.
- b) 8 ebensolche Maschinensätze als Reserve. Der Antrieb der Kreiselpumpen erfolgte elektrisch; den hierzu erforderlichen Gleichstrom von 750 Volt Spannung lieferte die Hochbahngesellschaft aus ihren Kraftwerken »Trebbiner Straße« und »Unterspreew« in gegenseitiger Aushilfe.

3. Sonstige Bauwerke.

A. Grundwasserabsenkungen beim Bau des Großschiffahrtskanals Berlin—Stettin.

I. Bau der Schleuse am Lehnitzsee.

Die Absenkung beim Bau der Schleuse am Lehnitzsee bei Oranienburg erfolgte in zwei Staffeln; die erste Staffel wurde nicht als geschlossene Ringleitung ausgeführt, sondern nur ein Leitungstrang mit 19 Rohrbrunnen an einer Seite der Baugrube angeordnet, während die zweite Staffel als Ringleitung durchgeführt wurde.

Nach Herstellung der ersten Staffel und Absenkung des Grundwassers um das vorgesehene Maß wurde die Baugrube bis zum abgesenkten Wasserspiegel ausgeschachtet. Nunmehr erfolgte das Niederbringen der Rohrbrunnen für die zweite Staffel und ihre Fertigstellung, jedoch nur auf der Längsseite der ersten Staffel. Durch die Inbetriebnahme dieses Teiles der unteren Leitung wurde der Wasserspiegel weiter abgesenkt. Entsprechend dem Fortschreiten der weiteren

Absenkung erfolgte der Einbau der Leitungen an den beiden anschließenden schmalen Seiten, die sofort angeschlossen und in Betrieb genommen wurden. Schließlich wurde der gegenüberliegende Leitungsstrang fertiggestellt und dadurch der Ring geschlossen.

Die erste Staffel wurde als Aushilfe beibehalten.

II. Bau der Schleuse in Plötzensee.

Als weiteres Beispiel mögen die Arbeiten beim Bau der nördlichen Schleuse in Plötzensee dienen.

Die Baugrube war 112 m lang, 25 m an den Häuptern, und 13,5 m an der Kammer breit. Am Schleusenoberhaupt liegt die Fundamentsohle auf + 25,55 m NN., am Schleusenunterhaupt auf + 25,0 m NN und in der Kammer auf + 25,90 m NN. Unmittelbar neben der Baustelle befindet sich der Spandauer Schiffahrtskanal, gegen den die Baugrube durch einen mit 20 cm starker Tonschicht gedichteten, aufgeschütteten Damm geschützt wurde.

Der Grundwasserstand liegt auf rd. + 30,80 bis + 30,90 m NN und folgt den Schwankungen des in der Nähe befindlichen Plötzensees, dessen Stande er auch entsprach. Dagegen war der Grundwasserstand unabhängig vom Wasserstand des Spandauer Schiffahrtskanals, der ja auch durch die erwähnte Tonschicht abgeschlossen wurde. Die Absenkung betrug 6,30 m; sie erfolgte durch eine zweistafflige Anlage. Die äußere Ringleitung sollte mit 26 Brunnen eine Absenkungstiefe von 4 m erzielen; auf dieser Höhe sollte die innere Ringleitung mit 18 weiteren Brunnen verlegt werden. Es war geplant, die erste Staffel nach der Inbetriebnahme der zweiten außer Betrieb zu setzen und sodann die Saugleitung zu entfernen; die Brunnen sollten hierauf um das abgesenkte Maß freigelegt und verkürzt werden; sodann sollte die Leitung auf der gleichen Höhe wie die zweite Staffel neu verlegt und an die Brunnen angeschlossen werden. Die Brunnen der ersten Staffel wurden gleich anfangs auf dieselbe Tiefe wie diejenigen der zweiten Staffel gebracht. Durch den gemeinsamen Betrieb beider Leitungen sollte dann die Absenkung des Wasserspiegels um das vorgesehene Maß erfolgen. Die Brunnenfilter wurden

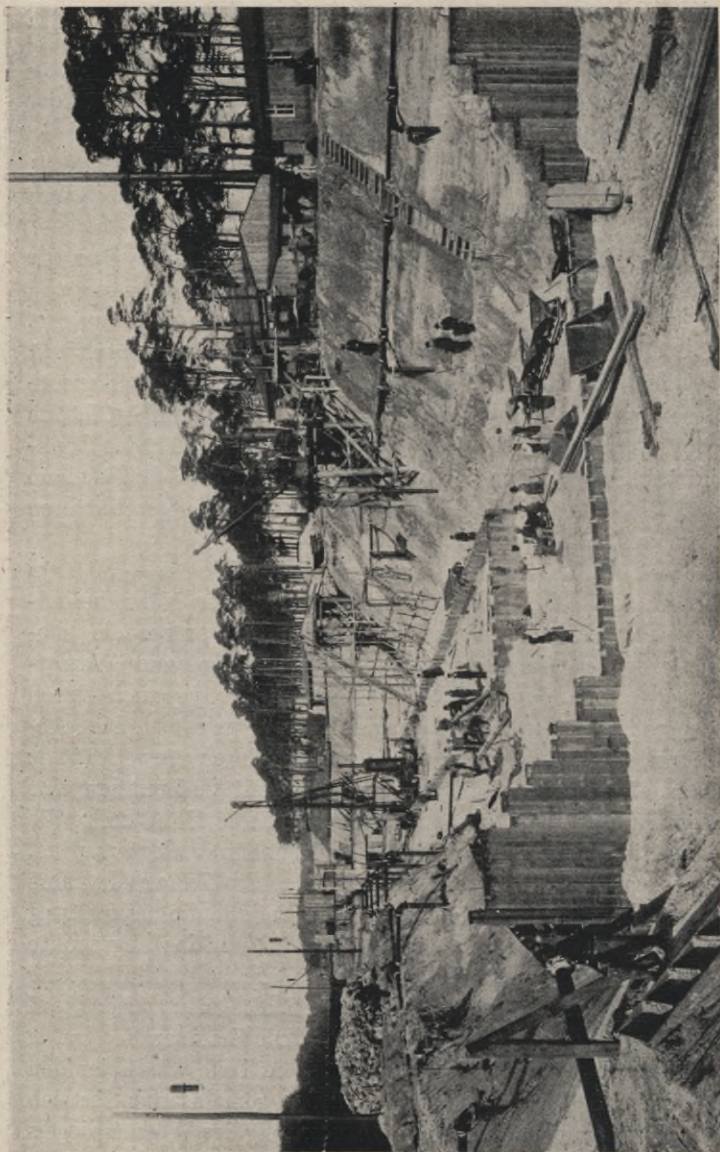


Abb. 64. Bau des Großschiffahrtskanals Berlin-Stettin.
Baugrube einer Schleusenkammer in Plötzensee mit eingesetzten Filterbrunnen.

bis auf + 16,50 m NN geführt; sie hatten eine Länge von je rd. 4 m bei einem Durchmesser von 18 cm; sie wurden als normale Rohrbrunnen ausgeführt und lagen rd. 11 m in jeder Staffel voneinander entfernt, so daß die untere Brunnenentfernung $5\frac{1}{2}$ m betrug.

Die Schichtenfolge ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Schichtenfolge.

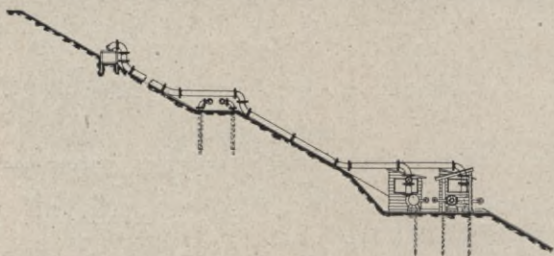
Bezeichnung der Bohrproben	Maß unter Flur	Höhen über NN.	Mittlerer Grundwasserstand unter Flur	Bemerkungen	Höhen des Wasserspiegels
Leichter, sandiger Boden	0	33,50	0	Wasserstand vor Beginn des Pumpens	33,50
Feiner Sand	0,75	32,75	2,65	Wasserstand bei Tätigkeit der ersten Staffel	30,85
Scharfer Sand mit Steinen durchsetzt	5,50	28,00	8,00	Wasserstand bei Tätigkeit der zweiten Staffel	25,50
Kies	8,75	24,75	9,50		24,00
Feiner Kies	10,90	22,60			
Sand wechselnder Korngröße	13,00	20,50			
Ton	17,00	16,50			

Die Ausführung der Anlage der ersten Staffel erfolgte jedoch etwas verändert von dem vorstehend beschriebenen Plan. Die Saugleitung wurde nicht, wie ursprünglich vorgesehen, als geschlossene Ringleitung ausgebildet, sondern in zwei getrennten Abschnitten verlegt. An jede Leitung wurde ein Kreisel von 325 mm Rohrdurchmesser angeschlossen, während je ein weiterer Kreisel als Reserve diente.

Der natürliche Grundwasserspiegel, dessen mittlere Höhe auf + 30,85 NN lag, wurde durch die erste Staffel um 5,35 m auf + 25,50 m NN gesenkt. Durch den Betrieb der zweiten Staffel erfolgte die Absenkung um weitere 1,50 m auf + 24 m NN, so daß die erste Leitung nicht tiefer gelegt zu werden brauchte, als ursprünglich vorgesehen war.

Die geförderten Wassermassen wurden mittels eines Poncelet-Überfalles gemessen. (Vgl. S. 106.) Das Meßbecken war

aus Beton hergestellt. An einem am Überfall aufgestellten Pegel wurden die gepumpten Wassermengen durch Feststellen



Schnitt.

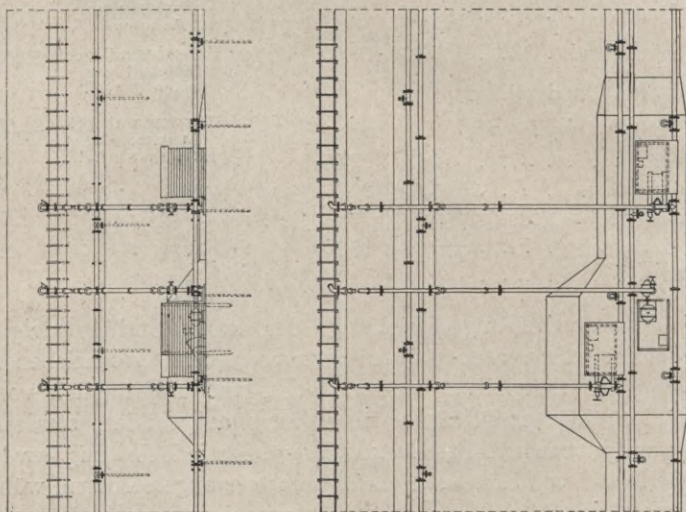


Abb. 65. Grundriß.

Im Querschnitt ist links die hölzerne Ablaufrinne zu erkennen, rechts tiefer liegt die obere Staffel mit zwei Brunnenreihen, darunter weiter rechts die untere Staffel mit drei Brunnenreihen. Der Grundriß zeigt, wie die Brunnen jeder Staffel gegeneinander versetzt sind.

der Überfallhöhen und Multiplikation der in der Tabelle auf S. 109 angegebenen Werte festgesetzt. Die Gesamtförderung schwankte zwischen rd. 200 und 230 skl.

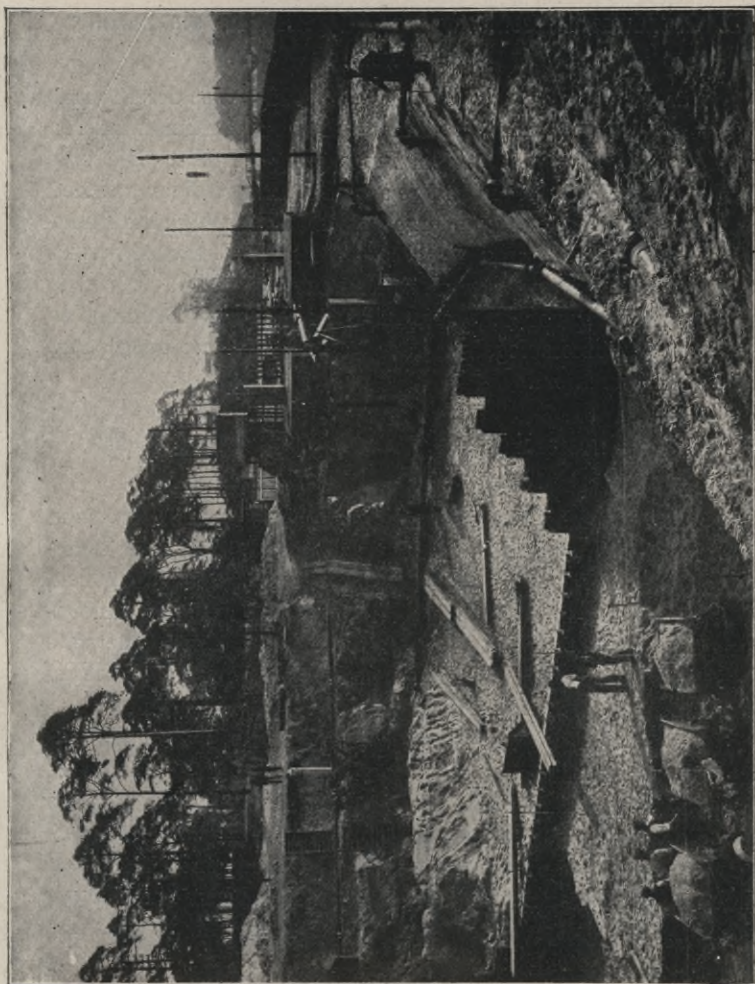


Abb. 66. Trockenlegung einer Schleusenbaugrube in Plötzensee für den Großschiffahrtsweg Berlin-Stettin durch Absenkung des Grundwassers in zwei Staffeln. Ausführung: Allg. Elektrizitäts.-Ges.

Aus der Böschung ragen die vertikalen Filterbrunnennrohre heraus; die Saugrohre tauchen in die Brunnenrohre ein und sind durch Krümmer u. Verbindungsrohre an die gemeinsame, um die Baugrube herumliegende Saugleitung angeschlossen, die mit einer oder mehreren Pumpen verbunden ist. Nachdem die Baugrube ca. 6 m angehoben ist, wird auf der tieferen Sohle ein zweiter Kranz von Filterbrunnen mit gemeinsamer Saugleitung und Pumpen verlegt. Nach diesem System sind mit AEG-Ausrüstungen eine grobe Anzahl Grundwasserabsenkungen ausgeführt, u. a. die Trockenlegung für die Schleusenbaugruben in Plötzensee, Czarnikau, die 13,5 m tiefe Baugrube der Schleuse Oslebhausen bei Bremen und die 22 m tiefe Baugrube der Schleuse in Hoftenu bei Kiel.

B. Grundwasserabsenkung am Müggelsee für die Berliner Wasserwerke.

Für die Grundwasserabsenkung am Müggelsee der Berliner Wasserwerke wurden zwei Reihen Rohrbrunnen im mittleren Abstand von 4 m auf 100 m Entfernung verteilt. Die eine Reihe bestand aus 11, die andere aus 12 Brunnen, die in gleichen Abständen voneinander niedergebracht wurden. Vgl. die Denkschrift »Die Versorgung der Stadt Berlin mit Grundwasser« II. Teil Mit einer geförderten Wassermenge von 100 skl wurde eine Absenkung von 1,30 erzielt. Der nach den Brunnen zu abfallende Wasserspiegel ist hier besonders stark ausgeprägt und bemerkenswert.

C. Grundwasserabsenkung für die Neubauten auf der Museumsinsel in Berlin.

Für die Neubauten auf der Museumsinsel in Berlin wurden umfangreiche mehrstafflige Anlagen notwendig. Aus der Lage-skizze (Abb. 67) ist die Anordnung der Baustelle ersichtlich, während die weiteren Abb. 69 bis 71 die allgemeine Anordnung der Anlage zeigen. Durch die Nähe der Spree einerseits und den ungünstigen Baugrund andererseits waren bei diesen Ausführungen besonders Schwierigkeiten zu überwinden.

Im Jahre 1909 wurde mit dem Neubau des »Deutschen« und des »Alten Museums« begonnen. Man beabsichtigte zuerst, die Gründung nach dem Muster der benachbarten Museen mittels Pfahlrostes oder Senkkästen auszuführen. Doch verbot dies der ungewöhnlich ungünstige Baugrund, und man machte den Versuch einer Wasserhaltung, deren Ausführung der Firma Siemens & Halske A.-G. übertragen wurde. Da der Versuchsbetrieb zur Zufriedenheit arbeitete, wurde die Anlage erweitert und über die ganze Baustelle verteilt.

Die Baustelle lag auf einer 150 m breiten Insel zwischen der Spree und dem Kupfergraben. Nördlich reichte die Baustelle bis zum Stadtbahnviadukt, südlich bis zur Nationalgalerie und zum Neuen Museum. Zum Teil war es erforderlich, die Fundamente dieser Nachbarbauwerke bei den Ausschachtungsarbeiten freizulegen. Längs des Kupfergrabens mußte

eine Ufermauer erneuert werden, die zugleich das Fundament für den Neubau bildete.

Die nutzbare Gesamtabenkungsfläche betrug rd. 16 000 qm. Die Absenkungstiefen schwankten zwischen 3 m und 15 m, entsprechend den ungleichen Gründungstiefen. An Rohr-

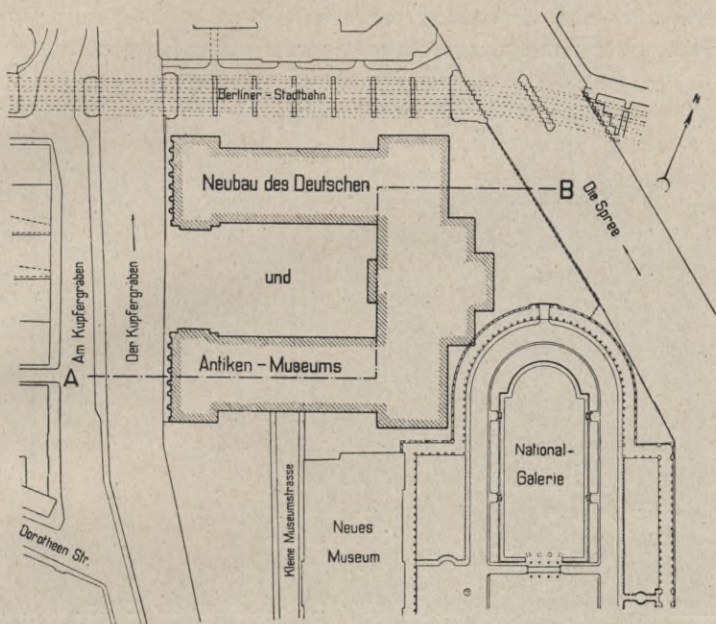


Abb. 67.

Lageplan des Neubaus der Königlichen Museen auf der Museumsinsel in Berlin, zwischen dem Kupfergraben und der Spree. Bei den Gründungsarbeiten hierfür war in unmittelbarer Nähe des Kupfergrabens eine Grundwassersenkung von 15 m Tiefe erforderlich.

Ausgeführt durch Siemens & Halske, Akt.-Ges.

brunnen wurden 522 Stück niedergebracht, deren Tiefe je 10 m betrug. Zur Verbindung der Rohrbrunnen waren 2650 lfd. m Saugleitungen von 200 bis 300 m Durchmesser erforderlich, während 1100 lfd. m Druck- und Abflußleitungen von 300 bis 450 m lichter Weite der Weiterleitung des geförderten Wassers

dienten. An Maschinenanlagen wurden benötigt: 45 Pumpstellen, für welche 18 Maschinensätze, bestehend aus je einer Kreiselpumpe von 250 bis 300 mm Rohranschluß und je einer Antriebmaschine von 60 bis 100 PS zur Verfügung standen. Als Antriebmaschinen dienten sowohl Elektromotoren wie auch Heißdampflokomobilen, letztere sowohl als Reserve wie auch zur Ergänzung der zeitweise nicht in genügender Menge zur Verfügung stehenden elektrischen Energie.

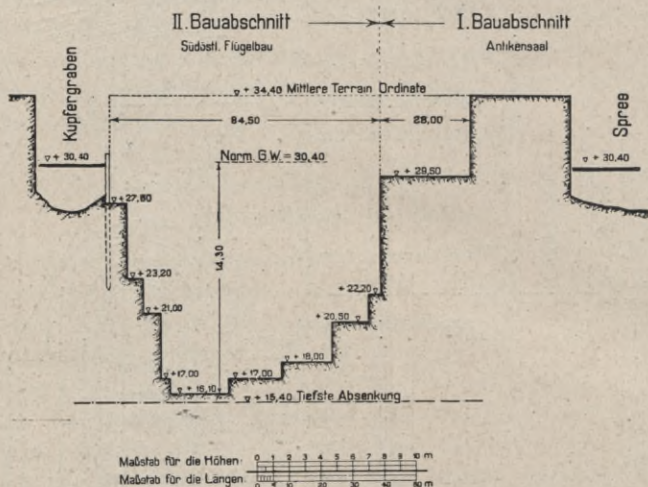


Abb. 68. Querschnitt der Baugrube für die Neubauten der Königl. Museen auf der Museumsinsel in Berlin; Tiefe der Grundwasserspiegelsenkung 15 m.

Aus Abb. 69 ist ein Teil der Versuchsanlage zwecks Freilegung der Fundamente des alten Pergamon-Museums ersichtlich.

Die weitere Abb. 70 zeigt einen einfachen Maschinensatz mit Elektromotor in Betrieb. Die elektrische Energie wurde von den Berliner Elektrizitätswerken geliefert und zwar zum Teil als Gleichstrom von 220 Volt Spannung, zum Teil als Drehstrom von 6000 Volt Spannung, der in einem auf der Baustelle errichteten Umformerwerke auf 220 Volt herabgesetzt wurde.

Besondere Schwierigkeiten machte die Ausführung der außergewöhnlichen Gründung des südlichen Flügelbaues. Im Zuge der kleinen Museumstraße fand man im Untergrund der Baugrube eine mit Faulschlamm ausgefüllte Auskolkung von 60 m Tiefe, welche die ursprünglich geplante Gründung des Bauwerkes an dieser Stelle ausschloß. Diese Kolkgrube wurde

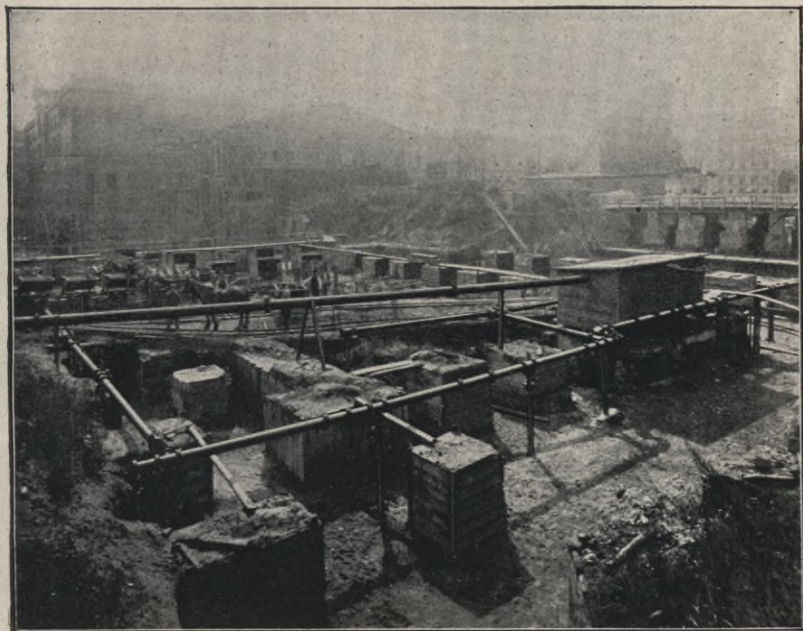


Abb. 69.

Grundwasserspiegelsenkung zwecks Freilegung der Fundamente des alten Pergamon-Museums in Berlin.

durch ein Betongewölbe, auf welchem die Grundmauern des Museums ruhen, überbrückt. Die Spannweite dieses Gewölbes beträgt 25 m; die Betonstärke im Scheitel 2 m. Die Sohle der beiden Betonwiderlager reicht bis 14 m unter den natürlichen Grundwasserspiegel und 18 m unter Straßenoberkante. Die Absenkung des Grundwassers für die Ausführung dieser Arbeiten erfolgte in einer fünfstaffligen Anlage.

Aus Abb. 71 ist das fünfstafflige Saugleitungsnetz für die Gründung eines der Betonwiderlager seitlich der Aus-

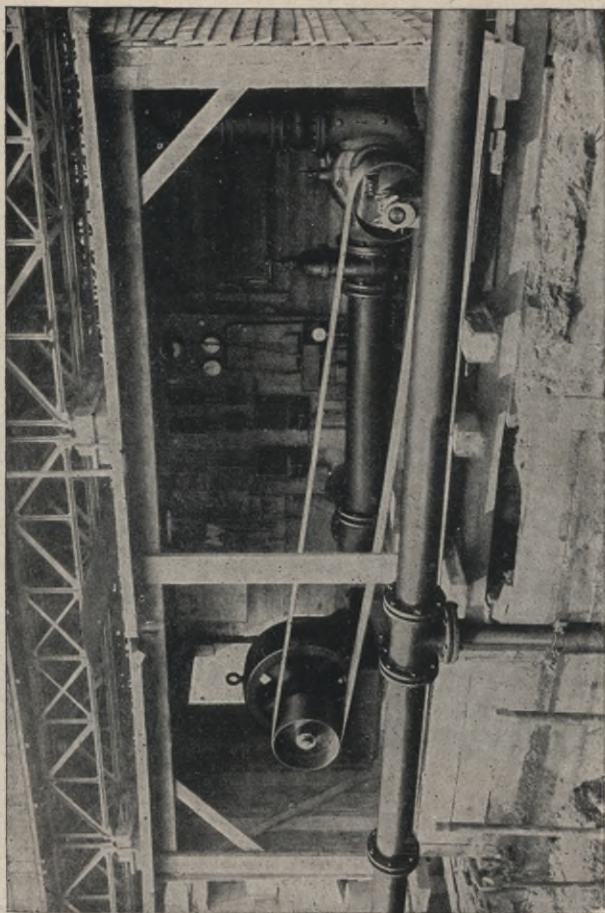


Abb. 70. Innenansicht einer Pumpstelle auf der Museumsinsel in Berlin. Maschinensatz mit Elektromotor im Betrieb.

kolkung ersichtlich. Die Leitungen werden von den eigenen Brunnen unterstützt und behindern die Bauarbeiten nicht.

Die Gründung der neuen Ufermauer am Kupfergraben zwischen Stadtbahn und Neuem Museum, erfolgte in der Weise, daß die 6 m breiten, dicht neben dem Kupfergraben liegenden

alten Spundwandkästen leergepumpt und unter weiterer Absenkung des Wassers ausgeschachtet und ausbetoniert wurden.

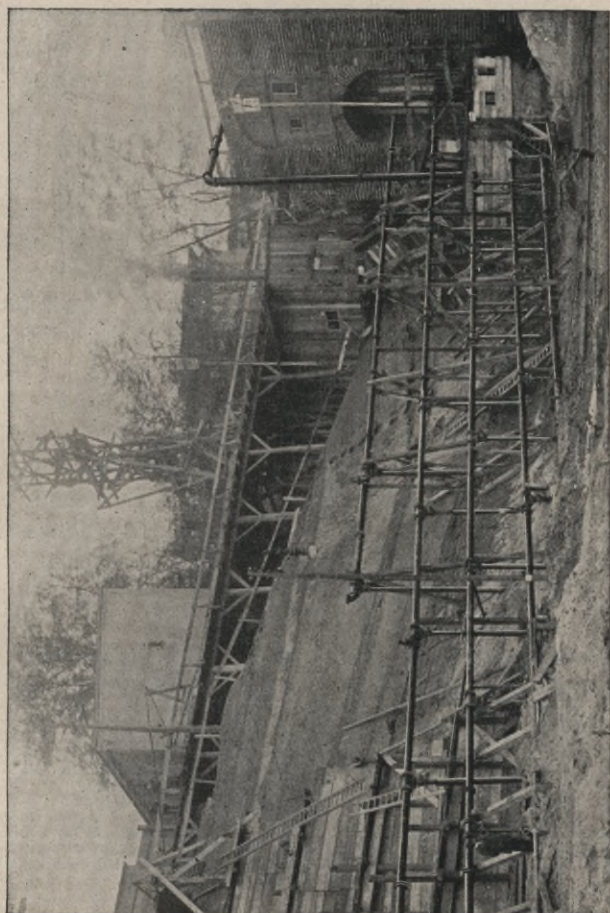


Abb. 71. Anordnung der fünfstaffeligen Wasserhaltungsanlage für die 15 m tiefe Absenkung auf der Museumsinsel in Berlin, Ausgeführt durch Siemens & Halske, Akt.-Ges.

Das Museum wird von dem älteren Kaiser-Friedrich-Museum, das die Spitze der Museumsinsel einnimmt, durch den Viadukt der Stadtbahn getrennt. Um nun die Erschütterungen des lebhaften Stadtbahnbetriebes durch den Untergrund nicht auf die Fundamente der Museen zu übertragen,

wurden u. a. zu beiden Seiten der Bahn 1,5 m breite und 2 bis 3 m unter die Sohle der Brückenpfeiler reichende Trennungsschlitzte ausgehoben und mit Dämpfungskies von Haselnußgröße ausgefüllt. Hierbei wurde das Grundwasser mit Hilfe weiterer Rohrbrunnen, die innerhalb dieser 5 m tiefen Schlitzte niedergebracht wurden, bis zur Trockenlegung der Arbeitstelle abgesenkt.

Der Betrieb der Wasserhaltung auf der Museumsinsel währte 20 Monate. Zu Zeiten der tiefsten Absenkung liefen gleichzeitig neun Maschinensätze, die zusammen 950 Liter Wasser in der Sekunde gefördert haben; insgesamt dürften rd. 30 Mill. cbm Wasser ausgepumpt worden sein. Vergleichsweise sei erwähnt, daß die Spree bei mittlerem Wasserstand 42,5 cbm in der Sekunde, bei Hochwasser 165 cbm in der Sekunde abführt.

Die hier beschriebene Anlage ist die umfangreichste und tiefste bisher in Berlin ausgeführte Grundwassersenkung, die noch durch die bei diesen Bauwerken herrschenden schwierigen geologischen und hydrologischen Verhältnisse und durch die unmittelbare Nachbarschaft größerer Monumentalbauten einerseits und den beiden Spreearmen andererseits besonders bemerkenswert ist.

D. Grundwasserabsenkung für die Gründung des Erweiterungsgebäudes des Bahnhofs Friedrichstraße in Berlin.

Bei der Lösung der zum Teil recht schwierigen Verkehrsaufgaben in Groß-Berlin spielt die Grundwasserabsenkung eine wichtige Rolle, und wie zurzeit die Ausführung der beiden Unterspreetunnel und anderer Bauwerke mittels Absenkung des Grundwassers ausgeführt werden, so ist auch für die Gründung des Erweiterungsgebäudes des Bahnhofs Friedrichstraße zur Grundwasserabsenkung geschritten worden.

Die Ausführung der Arbeiten erfolgte durch die Firma Siemens & Halske A.-G. Es genügte hier ein einstaffeliges Netz, da die mittlere Absenkung des Grundwasserspiegels nur rd. 4 m betrug. Die Fortleitung des geförderten Wassers erfolgte durch Kreiselpumpen direkt in die Spree. Zwischen

Saug- und Druckleitung befanden sich zwei Maschinensätze, bestehend aus Pumpen und Motoren, von denen ein Satz immer als Reserve diente.

Zur Trockenlegung einer rd. 15 mal 16 m großen Grube, die zur Sammlung der Abwässer des Bahnhofsgebäudes dienen soll, war es erforderlich, noch eine zweite Wasserhaltung anzulegen, da die Absenkung des Wassers für die Grube rd. 5,8 m betrug. Für diese Anlage war ein zweiter Maschinensatz eingerichtet, dessen 2 Elektromotoren ungefähr je 80 PS leisteten.

Die Anzahl der gebohrten Rohrbrunnen betrug in der ersten Staffel 24 Stück, in der zweiten Staffel 7 Stück. An Saugleitungen, die einen Durchmesser von 200 bis 250 mm hatten, waren in der ersten Staffel 275 lfd. m vorhanden, während für die zweite Staffel 65 lfd. m genühten. Die geförderten Wassermengen betragen zusammen 1396058 cbm. Hierfür waren ca. 150 lfd. m Abflußrohrleitungen von 300 mm Durchmesser erforderlich. An maschinellen Anlagen waren 2 Sätze vorhanden, die aus je einer Kreiselpumpe mit einem Rohranschluß von 250 bis 300 mm Durchmesser und je einem Elektromotor von rd. 50 bis 80 PS, bestanden. Zum Antrieb diente ein eigenes Kraftwerk, das in der benachbarten Baustelle der Spreeuntertunnelung an der Weidendammerbrücke untergebracht war. Zwei gleiche Maschinensätze dienten als Notbehelf. Als Reservekraftantrieb diente ein Anschluß an das Leitungsnetz der Berliner städtischen Elektrizitätswerke.

Die abgesenkte nutzbare Fläche betrug 3270 qm bei einer mittleren Absenkung von 4 m und einer tiefsten Absenkung von 5,80 m in zwei Staffeln.

E. Grundwasserabsenkung beim Bau des Straßenbahntunnels „Unter den Linden“ in Berlin.

Der Straßenbahntunnel »Unter den Linden« in Berlin dient zur Aufnahme der verschiedenen die Straße »Unter den Linden« kreuzenden Straßenbahnlinien der Großen Berliner Straßenbahn und der Berliner elektrischen Straßenbahn A.-G. In dem Tunnel sind für beide Straßenbahngesellschaften getrennte Bahnkörper ausgeführt worden. Der Nordteil des

Tunnels wurde viergleisig hergestellt. Im Verlaufe der Trace zweigt die eine Tunnelhälfte von der anderen etwas ab, so daß auf der Südseite der Straße »Unter den Linden« zwei getrennte Mündungen von je 2 Gleispaaren vorhanden sind.

Bei der Herstellung des Tunnels war eine einstaffelige Wasserhaltungsanlage erforderlich, die von der Firma Siemens & Halske A.-G. ausgeführt wurde. Die größte Absenkungstiefe des Grundwassers, die für den Bau des Tunnels selber in Frage kam, ergibt sich aus der folgenden Aufstellung:

Geländehöhe »Unter den Linden« $\approx + 34,14$ NN,

Tunneldecke einschließlich Schutzschicht 1,10 m,

Lichte Tunnelhöhe 4,65 m,

Tunnelsohle, bestehend aus Glattschicht, Betonkonstruktion, Dichtung und Oberbau 1,25 m.

Die erforderliche Ausschachtungstiefe beträgt also 7 m. Der tiefste Punkt für die Grundwasserhaltung im Tunnel selber liegt demnach auf $34,14 - 7 = 27,14$ m. Da sich der ungesenkte Grundwasserspiegel auf 31,6 m NN befindet, beträgt die größte Absenkungstiefe im Tunnel selbst $31,6 - 27,14 = \approx 4,50$ m.

In jedem Tunnel auf der Südseite der Linden befand sich eine besondere Anlage, während im viergleisigen Nordteil des Tunnels dieselbe ineinander geführt werden konnte.

Da es ferner notwendig war, das von den Rampen herabfließende Wasser in besonderen Gruben zu sammeln, um es von dort in die Entwässerungsleitungen zu pumpen, mußten hierfür 1,8 m tiefe »Pumpensümpfe« angelegt werden, für die 2 besondere Tiefhaltungen notwendig waren, wobei sich eine größte Absenkungstiefe des Grundwasserspiegels von $\approx 3,6$ m ergab.

Anfang Februar 1915 wurden die Grundwasserhaltungen in Betrieb gesetzt, Ende Januar 1916 wurden die letzten Brunnen wieder entfernt. Diese standen im allgemeinen 5 bis 6 m voneinander entfernt, nur nach der Tunnelmitte zu, wo der Andrang stärker war, wurde der gegenseitige Abstand verkürzt. Schwierigkeiten stellten sich nicht ein. Das ausgepumpte Grundwasser wurde in die Spree geleitet. Die Abdichtung der Sohle, die von der Firma C. F. Weber A.-G. ausgeführt

wurde, erfolgte gegen das Grundwasser durch vierfache Papp-lagen, die mittels Bitumenschichten miteinander verbunden wurden.

Über den Umfang der Wasserhaltungsanlagen gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

Abgesenkte nutzbare Fläche 3700 qm, mittlere Absenkung 3,3 m, tiefste Absenkung 6,3 m in zwei Staffeln, Betriebsdauer Februar 1915 bis Januar 1916.

Rohrbrunnen und Leitungen.

Anzahl der Rohrbrunnen der ersten Staffel 34 Stück, der zweiten Staffel 8 Stück. Saugleitungen von 200 und 250 mm Durchmesser in der ersten Staffel 334 lfd. m in der zweiten Staffel 52 lfd. m. Abflußleitungen von 300 mm Durchmesser innerhalb der Baugrube = 42 lfd. m, außerhalb derselben = 70 lfd. m.

Maschinenanlage.

Elektrisch angetriebene Kreiselpumpen.

Es wurden aufgestellt:

- a) 3 Maschinensätze, bestehend aus je einer Kreiselpumpe mit einem Rohranschluß von 250 bis 300 mm Durchmesser und je einem Elektromotor von 42 und 65 PS, die an eigene Kraftanlagen angeschlossen waren.
- b) Ein ebensolcher Satz zur Reserve, umschaltbar an das eigene Kraftwerk und an das Netz der Berliner städtischen Elektrizitätswerke.

F. Grundwassersenkung beim Bahnhof Nienburg a. W.

Abb. 72 zeigt das Schema der Grundwassersenkungsanlage beim Bahnhof Nienburg a. W. Es handelt sich um Trockenlegung von drei rechteckigen Baugruben von 6,80 m Breite und 11,25 m Länge. Von der Anordnung von Ringleitungen ist Abstand genommen. Es wurden vielmehr an den Längsseiten der drei Baugruben je drei Rohrbrunnen niedergebracht. Die sechs Rohrbrunnen der ersten Baugrube wurden miteinander durch Saugleitungen verbunden und an

eine Kreiselpumpe angeschlossen. Bei den beiden anderen Baugruben wurden sämtliche Rohrbrunnen durch Saugleitungen zusammengefaßt und gemeinsam ebenfalls an eine Kreiselpumpe angeschlossen.

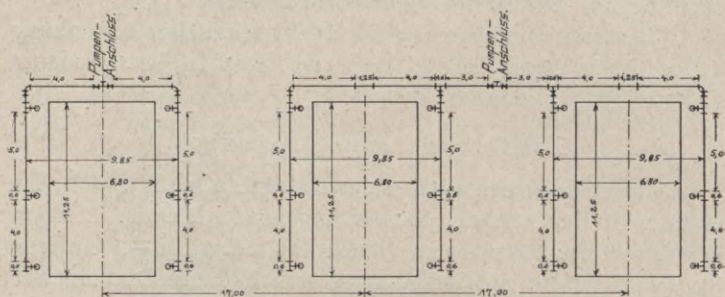


Abb. 72.

Grundwassersenkungsanlage beim Bahnhof Nienburg a. W.

Aus der beigegebenen Abbildung sind die Rohrbrunnenanschlüsse, Leitungen und Armaturen deutlich zu erkennen. Für kleinere Ausführungen dürften derartige Anordnungen von Anlagen sehr erfolgreich sein.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

Alphabetisch geordnetes Sachregister.

A.

- Abdichten, Das — der Bauwerke zum Schutze gegen das Grundwasser während des Betriebes der Absenkungsanlage 113
- Abessinierbrunnen 49
- Absenkung des Grundwassers durch einen Brunnen, aus dem das Wasser mittels Pumpen befördert wird 29
- des Grundwassers durch einen Längskanal (Dränage oder Stollen) 29
- des Wasserspiegels durch Sickerrohre bei Kanalbauten 88
- durch einen artesischen Brunnen 29
- Absenkungsanlagen, Beispiele ausgeführter — 117
- , Die Berechnung von Grundwasserströmen bei — 29
- Absenkungsarbeiten, Bestimmung des Zeitpunktes des Beginnes der — 96
- Absenkungstrichter 34
- Absenkungsverfahrens, Beobachtungen während des — 44
- Ammoniak, Nachweis von — 23
- Ammoniakverbindungen 15
- Anlage, Zweckmäßige — der Zentrale 86
- Anlagen, Einstafflige — 36
- , Mehrstafflige — 42
- Anordnung der Rohrbrunnen 45
- der Rohrleitungen 41, 57
- Ansaugvorrichtungen 66
- Antrieb, Der unmittelbare — 39
- Antriebsart, Wahl der — 39
- Antriebsmaschinen 87
- Art, Die — der Filterstellung im Rohrbrunnen 56
- Auffüllvorrichtungen 66
- Aufnahme des zu untersuchenden Wassers 20
- Ausbildung der Staffel 43, 68
- Ausführung der Brunnen 36, 45
- , Die — des Grundwasserabsenkungsverfahrens 34
- , Die einfachste — des Rohrbrunnens 49
- von Tiefbohrungen 16
- Aushilfe 37
- Auskolkung 151
- Außenhautdichtungen 113

B.

- Bakterien, Gehalt an — 15
- Bau der Schleuse am Lehnitzsee 142
- der Schleuse in Plötzenssee 143

- Bau, Grundwasserabsenkungen
 beim — des Großschiffahrts-
 kanals Berlin—Stettin 142
 Bauwerke, Das Abdichten der —
 zumSchutze gegen das Grund-
 wasser während des Be'rie-
 bes der Absenkungsanlage
 113
 Bauwerksohle, Höher als die —
 liegende undurchlässige
 Schichten 98
 —, Tiefer als die — liegende un-
 durchlässige Schichten 97
 Bedeutung geologischer Unter-
 suchungen 15
 Beginnes, Bestimmung des Zeit-
 punktes des — der Absen-
 kungsarbeiten 96
 Beharrungszustand 34
 Beispiele ausgeführter Absen-
 kungsanlagen 117
 Beobachtungen während des Ab-
 senkungsverfahrens 44
 Beobachtungsrohre 49
 Berechnung, Bewegung und —
 des Grundwassers 29
 —, Die — von Grundwasser-
 strömen 29
 Berliner Wasserwerke, Grund-
 wasserabsenkung am Müggel-
 see für die — 148
 Bestandteilen, Gehalt an orga-
 nischen — 15
 Bestimmung des Kraft- und
 Materialverbrauchs 45
 — des Zeitpunktes des Beginnes
 der Absenkungsarbeiten 96
 Betrieb einer Versuchsbrunnen-
 anlage 102
 Betriebsmaschinen 76
 Bewegung des Grundwasser-
 stromes 6
 Bewegung und Berechnung des
 Grundwassers 6, 29
 Bildung und Verlauf von Grund-
 wasserströmen 5
 Bleigehalt 14
 Bohrproben 8
 Bohrverfahren 17
 Bohrlöcher 19
 Brücken, Überschreiten von —
 64
 Brunnen, Absenkung des Grund-
 wasserspiegels durch einen —,
 aus dem das Wasser mittels
 Pumpen befördert wird 29
 —, Absenkung durch einen arte-
 sischen — 29
 —, Ausführung der — 36, 45
 Brunnerrohre, Mantel- oder —
 36, 45, 47
- C.**
- Chlorgehalt 13, 14, 23
 Ceresitverfahren 116
- D.**
- Das Abdichten der Bauwerke
 zumSchutze gegen das Grund-
 wasser 113
 Der unmittelbare Antrieb 39
 Der hydraulische Widder oder
 Stoßheber 74
 Deutscher Härtegrad 14
 Dichtung der Muffenrohre 57
 Dichtungen, Außenhaut- — 113
 —, Innenhaut- — 114
 —, Porenfüllende — 115
 Die Art der Filterstellung im
 Rohrbrunnen 56
 Die Berechnung von Grund-
 wasserströmen 29
 Die einfachste Ausführung des
 Rohrbrunnens 36, 45

Druckleitungen 64
 Dückerbau bei der Untergrund-
 bahn in Charlottenburg 138
 Durchlässigkeit, Über — des
 Untergrundes 94

E.

Eigenschaften des Grundwassers
 11
 Einfluß des Absenkungsverfah-
 rens auf benachbarte Ge-
 bäude 90
 Eingelagerte Triebssandschichten
 99
 Ein großer Fehler 95
 Einrichtung, Elektrische — 86
 —, Maschinelle — 65
 Einstafflige Anlagen 36
 Eisenbahnen, Überführung von
 — 64
 Eisengehalt 13, 21
 Eisens, Entfernung des — 13
 Elektrische Einrichtung 86
 Elektrolytisches Verfahren von
 Slichter 11
 Elektromotoren 79
 Englischer Härtegrad 14
 Entfernung des Eisens 13
 Entnahme von Probewasser
 zwecks Untersuchung 20
 Entstehung des Grundwassers 4
 Ergiebigkeit der Grundwasser-
 ströme 8

F.

Farbe, Geschmack und — 13
 Fehler, Ein großer — 95
 Feine Schief- und Triebssand-
 schichten 99
 Feststellung des Grundwasser-
 gefälles 10
 Bergwald, Grundwasserabsenkungen.

Filter-(Tressen-)gewebe 45, 46,
 47
 Filter 45, 47
 Filterbrunnen 46
 Filterstellung, Die Art der —
 im Rohrbrunnen 56
 Flanschenröhren, Normaltabelle
 schmiedeeiserner — 60
 Flanschenrohrleitungen 62
 Flüsse, Unterführungen kleine-
 rer — 65
 Flußuntertunnelungen 117
 Französischer Härtegrad 14

G.

Gase 12
 Gebrauchswasser 13
 Gefälle, Über Geschwindigkeit
 und — des Grundwassers 10
 Gegensatz zwischen Grundwas-
 sergewinnungs- und Grund-
 wasserabsenkungsanlagen 2,
 95, 101
 Geologie, Unterlagen der — 16
 Geruch und Aussehen 13, 22
 Geschichtliches 24
 Geschmack und Farbe 13
 Geschwindigkeit, Richtung und
 — des umliegenden Grund-
 wassers 7, 10
 —, Über — und Gefälle des
 Grundwassers 10
 Großschiffahrtskanal, Grund-
 wasserabsenkungen beim Bau
 des — Berlin—Stettin 142
 Grundwasser, Das Abdichten der
 Bauwerke zum Schutze gegen
 das — während des Betriebes
 der Absenkungsanlage 113
 Grundwassers, Bewegung und
 Berechnung des — 29
 —, Eigenschaften des — 11

Grundwassers, Entstehung des — 4
 —, Temperatur des — 11, 21
 —, Über Geschwindigkeit und Gefälle des — 10
 —, Untersuchung des — 21
 Grundwasserabsenkung am Müggelsee für die Berliner Wasserwerke 148
 — für die Neubauten auf der Museumsinsel in Berlin 148
 — für die Gründung des Erweiterungsgebäudes des Bahnhofs Friedrichstraße in Berlin 154
 — beim Bau des Straßentunnels »Unter den Linden« in Berlin 155
 Grundwasserabsenkungen beim Bau des Großschiffahrtskanals Berlin—Stettin 142
 Grundwasserabsenkungsanlagen, Gegensatz zwischen Grundwassergewinnungs- und — 2, 95, 101
 — über ganz bedeutende Tiefen 1
 Grundwasserdichtungen 113
 Grundwassergefalles, Feststellung des — 10
 Grundwassergewinnungs- und Grundwasserabsenkungsanlagen, Gegensatz zwischen — 2, 95, 101
 Grundwassersenkung beim Bahnhof Nienburg a. W. 157
 Grundwasserspiegels, Absenkung des — durch einen Brunnen, aus dem das Wasser mittels Pumpen befördert wird 29
 —, Absenkung des — durch einen Längskanal (Dränage oder Stollen) 29

Grundwasserstände, Messung der — 8
 Grundwasserströme, Mächtigkeit und Ergiebigkeit der — 8
 Grundwasserströmen, Bildung und Verlauf von — 5
 —, Die Berechnung von — bei Absenkungsanlagen 29
 Grundwassertümpel 35
 Grundwasseruntersuchung an Ort und Stelle 21
 Gründung der Haltestelle »Stadtpark« im Moorboden 134

H.

Härtegehalt 14, 21
 Härtegrad, Deutscher — 14
 —, Englischer — 14
 —, Französischer — 14
 Höher als Bauwerksohle liegende undurchlässige Schichten 98
 Hydraulische, Der — Widder oder Stoßheber 74
 Hydrologische Vorarbeiten 6, 100, 103

I.

Infiltrationstheorie 4
 Innenhautdichtungen 114

K.

Kiesel- und Phosphorsäure, Gehalt an — 13, 15
 Kolbenpumpen 70, 73
 Kolkgrube 151
 Konservierungsmittel 22
 Kraft- und Materialverbrauchs, Bestimmung des — 45
 Kreiselpumpen 65
 Kreiselpumpenanlagen, Staffellung der — 68
 Kuppelung 78

L.

- Länge, Die — des Filters 57
 Längskanal, Absenkung des Grundwasserspiegels durch einen — (Dränage oder Stollen) 29
 Lauf der Grundwasser 4
 Lehnitzsee, Bau der Schleuse am — 142
 Leitungen, Verlegung der — 62, 63
 Lokomobilbetriebes, Vorteil des — 37, 82
 Lokomobilen 81

M.

- Mammutpumpen 70, 123
 Mangengehalt 14, 21
 Mantel- oder Brunnenrohre 36, 45, 47
 Maschinelle Einrichtung 65
 Maschinen, Unterbringung der — 88
 Mächtigkeit und Ergiebigkeit der Grundwasserströme 8
 Materialverbrauchs, Bestimmung des Kraft- und — 45
 Mächtigkeit des Grundwasserstromes 5
 Mehrstafflige Anlagen 42
 Meßkasten 107
 Messung der geförderten Wassermengen 103
 — der Grundwasserstände 8
 — von Wassermengen mittels Schwimmer 111
 — von Wassermengen mittels Spannschützen 110
 — von Wassermengen mittels Überfällen 106
 — von Wassermengen mittels Wassermesser 103

- Mezgersche Theorie 4
 Muffenrohre, Dichtung der — 57
 Muffenrohrleitungen 57, 58, 59
 Muffenröhren, Normaltabelle gußeiserner — 58
 Müggelsee, Grundwasserabsenkung am — für die Berliner Wasserwerke 148
 Museumsinsel, Grundwasserabsenkung für die Neubauten auf der — in Berlin 148

N.

- Nachweis von Ammoniak 23
 Neubau des deutschen und antiken Museums 148
 Neubauten, Grundwasserabsenkung für die — auf der Museumsinsel in Berlin 148
 Niederbringen der Rohrbrunnen 56
 Normaltabelle gußeiserner Muffenröhren 58
 — schmiedeeiserner Flanschenröhren 60
 Novaksche Theorie 4

P.

- Phosphorsäure, Gehalt an Kiesel- und — 13, 15
 Plötzensee, Bau der Schleuse in — 143
 Poncelet-Überfälle 106
 Porenfüllende Dichtungen 115
 Probeabsenkungen und hydrologische Vorarbeiten 100
 Probeentnahme 20, 21
 Probewasser, Entnahme von — zwecks Untersuchungen 20
 Pumpen 65
 —, Absenkung des Grundwassers durch einen Brunnen,

aus dem das Wasser mittels
— befördert wird 29

R.

Registrierapparat 107
Richtung des Grundwasser-
stromes 5, 7
Richtung und Geschwindigkeit
des umliegenden Grundwas-
sers 7, 10
Rissebildungen, Verhinderung
von — bei durch Tiefbau-
arbeiten gefährdeten Ge-
bäuden 92
Rohrbrunnen 36, 46, 55
—, Anordnung der — 45
—, Die Art der Filterstellung
im — 56
—, Niederbringen der — 56
Rohrbrunnenpumpe 51
Rohrbrunnens, Die einfachste
Ausführung des — 49
Rohrleitungen, Anordnung der
— 41, 57
Rohrüberführungen und Unter-
führungen 64
Rostschutz 63

S.

Salpetersäure, Gehalt an — 14
Salpetriger Säure, Gehalt an —
14
Saugeleitungen 37, 57
Schichten, Höher als die Bau-
werksohle liegende undurch-
lässige — 98
—, Tiefer als die Bauwerksohle
liegende undurchlässige — 97
Schleuse, Bau der — am Leh-
nitzsee 142
—, Bau der — in Plötzensee 143

Schließ- und Triebssandschichten,
Feine — 99
Schöneberger Untergrundbahn
129
Schwefelsäure, Gehalt an — 15
Schwefelwasserstoff, Unter-
suchung auf — 23
Schwimmer, Messung von Was-
sermengen durch — 111
Sickerrohre, Absenkung des
Wasserspiegels durch — bei
Kanalbauten 88
Slichter, Elektrolytisches Ver-
fahren von — 11
Spannschützen, Messung von
Wassermengen mittels — 110
Spreeuntertunnelung, Die — im
Zuge der Strecke Spittel-
markt—Alexanderplatz in
Berlin 118
Staffel, Ausbildung der — 43, 69
Staffelung der Kreiselpumpen-
anlagen 43, 68
Steigerungsfähigkeit der Lei-
stung 65
Stoßheber, Der hydraulische
Widder oder — 74
Strömungsgeschwindigkeit 4, 6

T.

Temperatur des Grundwassers
11, 22
Theorie, Infiltrations- — 4
—, Mezgersche — 4
—, Novaksche — 4
— Volger 4
Tiefbohrungen, Ausführung von
— 16, 47
Tiefbrunnenpumpenausführung
der Siemens-Schuckertwerke
73

Tiefen, Grundwasserabsenkungs-
anlagen über ganz bedeu-
tende — 1
Tiefer als die Bauwerksohle lie-
gende undurchlässige Schich-
ten 97
Tribsandschichten, Eingelagerte
— 99
—, Feine Schief- und — 99
Trübung des Wassers 22

U.

Über Durchlässigkeit des Unter-
grundes' 94
Über Geschwindigkeit und Ge-
fälle des Grundwassers 10
Überfälle, Poncelet- — 106
Überfällen, Messung von Wasser-
mengen mittels — 106
Überführung von Eisenbahnen
64
Überschreiten von Brücken 64
Umbau der Haltestelle Witten-
bergplatz 135
Unterbringung der Maschinen 88
Unterführungen kleinerer Flüsse
65
—, Rohrüberführungen und —
64
Untergrundbahnbau-Ausführun-
gen in Berlin und Umgegend
129
Untergrundes, Über Durchlässig-
keit des — 94
Unterlagen der Geologie 16
Untersuchung auf Schwefel-
wasserstoff 23
— des Grundwassers 21
—, Entnahme von Probewasser
zwecks — 20
Untersuchungen, Bedeutung geo-
logischer — 15

V.

Verhinderung von Rissebildun-
gen bei durch Tiefbauarbei-
ten gefährdeten Gebäuden 92
Verlauf, Bildung und — von
Grundwasserströmen 5
Verlegung der Leitungen 62, 63
Versuchsbetrieb 102
Versuchsbrunnenanlage, Betrieb
einer — 102
Verteilung in einzelne kleinere
Maschinensätze 41
Vorarbeiten 6, 100, 103
—, Probeabsenkungen und hy-
drologische — 100
Volgersche Theorie 4
Vorteil des Lokomobilbetriebes
37, 82

W.

Wahl der Antriebsart 39
Wärmegrad des Grundwassers
11, 22
Wasser, Absenkung des Grund-
wasserspiegels durch einen
Brunnen, aus dem das —
mittels Pumpen befördert
wird 29
Wassers, Aufnahme des zu unter-
suchenden — 20
—, Trübung des — 22
Wasserhaltungen für den Bau
der Untergrundbahn Witten-
bergplatz—Kaiserallee 140
Wassermengen, Messung der ge-
förderten — 103
—, Messung von — mittels
Schwimmer 111
—, Messung von — mittels
Spannschützen 110
—, Messung von — mittels
Überfällen 106

Wassermengen, Messung von — mittels Wassermesser 103	Widder, Der hydraulische — oder Stoßheber 74
Wassermesser 103	
Wasserproben 8, 20	
Wasserspiegels, Absenkung des — durch Sickerrohre bei Kanalbauten 88	Z.
Wasseruntersuchung 21	Zeitpunktes, Bestimmung des — des Beginnes der Absenkungs- arbeiten 96
Wasserwerke, Grundwasserab- senkung am Müggelsee für die Berliner — 148	Zentrale, Zweckmäßige Anlage der — 86

Literaturverzeichnis.

- Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen. Veröffentlichung des Kgl. Gesundheitsamtes 1906.
- »Bau des Tunnels der elektrischen Stadtbahn am Potsdamer Platz in Berlin, Vom—«, Zentralblatt der Bauverwaltung 1901, Nr. 1, S. 5.
- Bergwald, Fritz, »Grundwasserdichtungen«, Isolierungen gegen Grundwasser und aufsteigende Feuchtigkeit, München und Berlin 1916, R. Oldenbourg.
- Bernhard, »Untertunnelung eines bewohnten Geschäftshauses für die Untergrundbahn in Berlin«, Zentralblatt der Bauverwaltung 1906, Nr. 95, S. 607.
- Böhmer, »Die Wasserversorgung des Seebachgebiets«, München 1906.
- Bredtschneider, Stadtbaurat der Stadt Charlottenburg, Zentralblatt der Bauverwaltung 1898, Nr. 7, S. 73 »Absenkung des Grundwasserspiegels mittels Rohrbrunnen«.
- Brennecke, L. »Etwas über Schleusen und Schleusenbau«, Deutsche Bauzeitung 1907, Nr. 24, S. 167.
- Brennecke, L. »Der Grundbau« 1906, Deutsche Bauzeitung-Verlag, S. 164 bis 172.
- Dost & Hilgermann, »Taschenbuch für die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser«, Jena 1908.
- Forchheimer, »Wasserbewegung durch Boden«, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ing. 1901, S. 1736.
- Frühling, »Die Wasserversorgung der Städte«, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Teil, 3. Band, Leipzig 1904.
- Fülscher, J. »Der Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals« 1898, Abt. I.
- Gerlach, Friedrich, »Die elektrische Untergrundbahn der Stadt Schöneberg«, Zeitschrift für Bauwesen 1911.

- Giese, Regbmstr. & Blum, Regbmstr., »Die elektrische Stadtbahn in Berlin«, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1902, Nr. 10, S. 191.
- Grundwasserabsenkung beim Weinhaus »Rheingold« in Berlin, Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1907, S. 85, 109, 121, 257, 261 und 269.
- Haselhoff, Prof. Dr. Emil, »Wasser und Abwässer«, Sammlung Göschen Nr. 473.
- Himmer, Ing. »Ausgeführte Beispiele für die künstliche Senkung des Grundwasserspiegels zwecks Gründung von Bauwerken«. Mitteilungen aus den Gesellschaften Siemens & Halske und Siemens-Schuckertwerke, Heft 8, Februar 1914.
- »Hoch- und Untergrundbahn in Berlin von Siemens & Halske, Die elektrische—« Deutsche Bauzeitung 1911, Nr. 86, S. 529.
- Klut, »Die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle«, Berlin 1908.
- Kreß, Direktor H., »Der heutige Stand des Grundwasserhaltungsverfahrens und seine Bedeutung für die Tiefgründungstechnik«. Mitteilungen aus den Gesellschaften Siemens & Halske und Siemens-Schuckertwerke, Heft 7, Januar 1914.
- Kyrieleis, Dr.-Ing. Wilhelm, »Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten«, Berlin 1913, Julius Springer.
- Langbein, Regbmstr., »Die elektrische Hoch- und Untergrundbahn in Berlin«, Zeitschr. des Vereines Deutscher Ingenieure 1901, Nr. 7, S. 217.
- Leher, Dr. Ernst, »Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe«, Sammlung Göschen Nr. 201.
- Lesser, Dr.-Ing. Willy, »Schnellbahnbau und Grundwasserabsenkungen in Berlin«, Bauwelt Nr. 41, 1915 S. 11 bis 13.
- Lesser, Dr.-Ing. W., »Schwierigkeiten beim städtischen Untergrundbau«. Technische Rundschau, Nr. 20, 17. Mai 1916.
- Lesser, Dr.-Ing. W., »Spundwände bei Ausschachtungen neben bestehenden Gebäuden«. Zentralblatt der Bauverwaltung, Nr. 53, 1. Juli 1916.
- Lueger, »Die Wasserversorgung der Städte«. Der städtische Tiefbau Band II, Darmstadt 1890.
- Magnus, Erich, »Der Elbtunnel in Hamburg«, Bauwelt Nr. 110, 1913.
- Prinz, E. »Bau und Bewirtschaftung von Versuchsbrunnen«, Journal f. Gasbel. und Wasserversorgung 1901, S. 317.
- Prinz, E. »Bau und Lebensdauer von Brunnenanlagen«, Journal f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1908, S. 318.

- Prinz, E. »Die Trockenhaltung des Untergrundes mittels Grundwasserabsenkung«, Zentralblatt der Bauverwaltung 1906, Nr. 93, S. 594.
- Richert, Dr. phil. h. c. J. Gust., »Die Grundwasser, mit besonderer Berücksichtigung der Grundwasser Schwedens.« München und Berlin, R. Oldenbourg.
- Rother, »Das Wasserwerk der Stadt Leipzig, insbesondere dessen Entwässerungsanlage«, Zeitschrift f. Architektur und Ingenieurwesen 1900, S. 162.
- Salbach, B. »Das Wasserwerk der Stadt Dresden«, Halle a. S. 1874, 1. Teil, S. 8.
- Schultze, Dr.-Ing. J., »Grundwasser-Abdichtung«, Berlin 1913.
- Seyfferth, »Grundwasserabsenkung für das Leipziger Wasserwerk«, Zentralblatt der Bauverwaltung 1898, Nr. 17, S. 199.
- Siemens & Halske, »Grundwasserspiegelabsenkungen«, Bauwelt, Nr. 14, 1914.
- Smrecker, »Das Grundwasser und seine Verwendung zu Wasserversorgungen«, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ing. 1879, S. 347.
- Steen, Theodor, »Mammutpumpen-Anlage zur Untertunnelung der Spree«, Zentralblatt d. Bauverwaltung 1911, Nr. 85, S. 524.
- Steen van Ommeren, van den, in Zeitschrift »De Ingenieur« 1903 Nr. 18, S. 289 »Methode van fundeering door middel van verlagings van den Grondwaterspiegel«.
- Tiehle, »Die Herstellung von Anlagen zur Wassergewinnung«, Journal f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 368.
- Thiem, »Der Versuchsbrunnen für die Wasserversorgung der Stadt München«, Journal f. Gasbel. u. Wasservers. 1880.
- Thiem, »Über die Ergiebigkeit artesischer Bohrlöcher, Schachtbrunnen und Filtergalerien«, Journal f. Gasbel. u. Wasservers. 1870, S. 450.
- Vogdt, Prof. Dipl.-Ing. Rudolf, »Pumpen, Druckwasser- und Druckluftanlagen«, Sammlung Göschen Nr. 290.
- »Wassereinbruch in die Bau- und Betriebsstrecken der Berliner elektrischen Untergrundbahnen, Der—« Zeitschrift des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1912, Nr. 15, S. 228.
- Weyrauch, Prof. Dr.-Ing. R. »Wasserversorgung der Ortschaften«, Sammlung Göschen Nr. 5, Leipzig 1910.
- Wittig, Baurat Paul, »Die Zukunft der Untergrundbahn«, Berliner Tageblatt 1912, Nr. 656, 1. Beiblatt.

Zimmermann, »Die Anwendung von Grundwasserabsenkungen zu Neubauten und Wiederherstellungsarbeiten des Bezirks der Wasserbauinspektion Fürstenwalde«, Zeitschrift für Bauwesen 1907, S. 411.

Zobel, »Die Wasserversorgung von Stuttgart«, Journal f. Gasbel. u. Wasservers. 1888, S. 840.



Grundwasser-Dichtungen

Isolierungen gegen Grundwasser und aufsteigende Feuchtigkeit

Die Isolierungsarbeiten in Theorie und Praxis

Von **FRITZ BERGWALD**, Zivilingenieur

VI und 101 Seiten. 8°. Mit 45 Abbildungen und einem Anhang
Preis geheftet M. 3.—

INHALTSVERZEICHNIS:

Vorwort.

- I. Die Wichtigkeit und Notwendigkeit der Isolierungen:** a) Die Isolierungen als Spezialgebiet, b) Historisches, c) Notwendige Beobachtungen der Ausführungen, d) Feuchte Wohn- und Kellerräume, e) Absenkung des Grundwassers.
- II. Isoliermaterialien und ihre Verwendung in der Isoliertechnik im allgemeinen:** a) Der Asphaltfilz als isolierendes Baumaterial, b) Der Asphaltkitt, c) Infusorienerde oder Kieselgur, d) Isolierpapier.
- III. Wasserdichter Zementmörtel:** a) Wirkungsweise, b) Herstellung und Zusammensetzung des Portlandzementes.
- IV. Das Wolfsholzische Zementspritzverfahren.**
- V. Die Arten der Isolierungen.** A. Außenhaut-Isolierungen: 1. Tondichtungen, 2. Eisenarmierungen, 3. Wellblechumhüllungen, 4. Bleiisolierungen, 5. Zinkeinlagen, 6. Dachpappe und Asphaltpappe mit eingewalzter Bleischicht, 7. Asphaltisolierungen; B. Innenhaut-Isolierungen: Material und Ausführungen a) Anstriche, b) Vorlegesichten, c) Handelsfabrikate (Solutin, Inertol); C. Porenfüllende Isolierungen: Material und Ausführungen, Ceresitverfahren.
- Zusammenfassung. Anhang: Prüfung von dreilagigem Grundwasser-Isoliermaterial. Alphabetisch geordnetes Sachregister. Verzeichnis der Abbildungen.

STIMMEN DER PRESSE:

Das Erscheinen der vorliegenden Schrift ist sehr zu begrüßen. . . . Der Leitfaden ist in erster Linie als Nachschlagewerk für den bauleitenden Ingenieur gedacht, jedoch wird auch der Spezialfachmann manche Anregung daraus schöpfen. *(Süddeutsche Bauzeitung.)*

Das Unternehmen des Verfassers ist sehr dankenswert. Dem ausführenden Installateur dürfte das kleine Buch wertvolle Dienste leisten. *(Journal für Gasbeleuchtung.)*

Wichtige Werke über Hoch- und Tiefbau

- Die Erdbewegung bei Ingenieurarbeiten.** Unter besonderer Berücksichtigung der ausführlichen Vorarbeiten sowie der Abrechnung für Trassierung von Straßen, Eisenbahnen und anderen Verkehrswegen. Von **Karl Allitsch**, Ingenieur, K. K. Professor in Innsbruck, emer. Oberingenieur und beh. aut. und beeid. Geometer. IV u. 28 Seiten. 8°. Mit 10 Abb. Kart. M. 1.50
- Die Statik des Eisenbaues.** Von Ingenieur **W. Ludwig Andréé**. XI und 321 Seiten. Mit 810 Abbildungen und 1 Tafel. gr. 8°. Gebunden M. 20.—
- Die Statik des Kranbaues mit Berücksichtigung der verwandten Gebiete: Eisenhoch-, Förder- und Brückenbau.** Von Ingenieur **W. Ludwig Andréé**. Zweite Auflage. X und 370 Seiten gr. 8°. Mit 554 Abb. u. 1 Tafel. Geb. M. 14.—
- Zur Eisenbetontheorie.** Eine neue Berechnungsweise. Von Ingenieur **W. L. Andréé**. VII u. 73 Seiten. 8°. Mit 60 Abb. Geh. M. 3.—
- Gesetzmäßigkeiten in der Statik des Vierendeel-Trägers nebst Verfahren zur unmittelbaren Gewinnung der Einflußlinien durch Reihenbildung.** Von Regierungsbaumeister Dr.-Ing. **Ludwig Freytag**. II u. 23 Seiten. 4°. Mit 6 Abb. Geh. M. 1.60
- Berechnung ebener, rechteckiger Platten mittels trigonometrischer Reihen.** Von **Karl Hager**, Professor an der Technischen Hochschule München. 94 Seiten. Lex.-8°. Mit 20 Abb. Geh. M. 7.20
- Vorlesungen über Theorie des Eisenbetons.** Im Anhang Hilfstabellen, die deutschen Bestimmungen von 1915 mit Auslegungen, die österreichischen und die schweizerischen Vorschriften von **Karl Hager**, o. Prof. a. d. Techn. Hochschule München. VIII u. 382 Seiten. 4°. Mit zahlreichen Abb. Geb. M. 15.—
- Der Spannungszustand in rechteckigen Platten.** Von Dr.-Ing. **H. Hencky**. Assistent an der Techn. Hochschule Darmstadt. 94 Seiten. Lex.-8°. Mit 12 Abb. u. 7 Tafeln. Geh. M. 4.—
- Der praktische Bauführer für Umbauten, dessen Tätigkeit vor und während der Bauausführung, sowohl in konstruktiver wie in geschäftlicher Beziehung.** Von **F. Hintsche**, Architekt und Baumeister. (Oldenbourgs Technische Handbibliothek Band VI.) XVI u. 287 Seiten. 8°. Mit 63 Abb. und 24 mehrfarbigen lithograph. Tafeln. Text- und Tafelband, in 2 Leinwdbde. geb. zusammen M. 12.—
- Beitrag zur Berechnung und Ausführung der Staumauern.** Von **Franz Kreuter**, Ingenieur, Professor an der Technischen Hochschule in München. III u. 50 Seiten. 8°. Mit 20 Abb. In Leinw. geb. M. 2.40
- Die Profilgestaltung der Untergrundbahnen.** Eine bautechnisch-wirtschaftliche Studie von Dr.-Ing. **Anton Macholl**. VII u. 129 Seiten. 8°. Mit 44 Abb. u. 1 Tafel. Geh. M. 4.50
- Leitfaden der Hygiene für Techniker, Verwaltungsbeamte und Studierende dieser Fächer.** Von Professor **H. Chr. Nußbaum** in Hannover. XI u. 601 Seiten. gr. 8°. Mit 110 Abb. Elegant geb. M. 16.—
- Der Bau der Wolkenkratzer.** Kurze Darstellung auf Grund einer Studienreise für Ingenieure und Architekten. Von **Otto Rappold**, Regierungsbaumeister in Stuttgart. VIII u. 263 Seiten. gr. 8°. Mit 307 Abb. u. 1 Tafel. In Leinw. geb. M. 12.—
- Was muß der Architekt und Baumeister über Zentralheizungen wissen?** Von **H. Recknagel**, Diplom-Ingenieur. V u. 49 Seiten. 8°. Mit 14 Abb. Geh. M. 1.20
- Träger-Tabelle.** Zusammenstellung der Hauptwerte der von deutschen Walzwerken hergestellten I- und C-Eisen. Nebst einem Anhang: Die englischen und amerikanischen Normalprofile. Herausgegeben von **Gustav Schimpff**, Regierungsbaumeister. VIII u. 59 Seiten. quer 8°. Kart. M. 2.—
- Der Eisenbau.** Ein Hilfsbuch für den Brückenbauer und den Eisenkonstrukteur. Von **Luigi Vianello**. In zweiter Auflage umgearbeitet und erweitert von Dipl.-Ing. **Carl Stumpf**, Konstruktions-Ingenieur an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. (Oldenbourgs Technische Handbibliothek Bd. IV.) XVIII u. 687 Seiten. 8°. Mit 526 Abb. In Leinw. geb. M. 20.—

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297491