

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

3494

N BAUGEWERKSCHULEN

BAND 18

BENZEL
GRUNDBAU



VERLAG · B.G. TEUBNER · LEIPZIG UND BERLIN

Der Unterricht an Baugewerkschulen

Rechnen

Die Grundlagen des gewerblichen Rechnens. Von Baugewerkschullehrer Fr. Mensing. 3. Auflage. (Bd. 19.) M. 1.60. Antwortenheft nur für Lehrer M. 1.50.

Die bürgerlichen Rechnungsarten und deren Anwendung auf baugewerbliche Aufgaben (technisches, geschäftliches und volkswirtschaftliches Rechnen). Von Baugewerkschullehrer Fr. Mensing. 2. Auflage. (Bd. 29.) M. 1.20. Antwortenheft für Lehrer M. 1.20.

Technisches, geschäftliches und volkswirtschaftliches Rechnen. (Kalkulationen.) Von Baugewerkschullehrer Fr. Mensing. Mit 5 Tafeln. (Bd. 30.) M. 2.—. Antwortenheft M. 1.50.

Geschäftskunde

Bautechn. Aufsätze. Von Baugewerkschull. P. Niehus u. K. Bode. 2. A. Mit 39 Fig. (Bd. 3.) M. 1.40. Schriftverkehr und Geschäftskunde für Baugewerke. Mit 1 Anhang zur deutschen Sprachlehre. Von Oberlehrer E. Petzold. 4. Aufl. (Bd. 4.)

Einfache Buchführung und Wechsellehre. Von Baugewerkschullehrern P. Niehus und Fr. Mensing. 2. Auflage. (Bd. 5.) M. 1.80.

Doppelte Buchführung. Von Baugewerkschullehrer P. Niehus. (Bd. 6.) M. 2.40.

Das Veranschlagen von Hochbauten. Von Architekt Oberlehrer G. Blume. 4. Auflage. Mit 5 Tafeln und 8 Abbildungen im Text. (Bd. 26.) M. 3.—

Das Veranschlagen von Tiefbauten. Von Architekt Oberlehrer G. Blume und Oberlehrer Dr. V. Hortig. Mit 13 Tafeln und 7 Figuren. (Bd. 52.) M. 3.80.

Mathematik

Leitfaden d. bautechnischen Algebra. V. Prof. M. Girndt. 4. Aufl. M. 29 Fig. u. 2 Taf. (Bd. 25.) M. 1.50. Sammlung bautechnisch-algebraischer Aufgaben nebst kurzem Abrisse der Theorie. Von Professor M. Girndt. 2. Auflage. (Bd. 28.) M. 2.40.

Raumlehre für Baugewerkschulen und verwandte bautechnische Lehranstalten. In 2 Teilen. von Professor M. Girndt. (Bd. 20/21.) Teil I: Lehre von den ebenen Figuren. 5. Auflage. Mit 253 Fig. i. Text u. 209 Aufgaben. M. 2.80. Teil II: Dreiecksberechnung und Körperlehre. 5. neubearb. Aufl. Mit 105 Fig. im Text u. zahlr. Aufgaben a. d. Baupraxis. M. 2.20. Feldmessen und Nivellieren. Von Dir. Prof. G. Volquards. 4. verb. Aufl. Mit 56 Abb. im Text. (Bd. 13.) M. 1.60.

Das Feldmessen des Tiefbautechnikers. V. Dipl.-Ing. Prof. H. Friedrichs. In 2 Teilen. (Bd. 14 u. 22.) Teil I: Reine Flächenaufnahmen. 2. Aufl. Mit 177 Fig. u. 1 farb. Plan. M. 3.20. Teil II: Flächen- u. Höhenaufn. 2. Aufl. bearb. v. Prof. G. Reinecke. Mit 92 Textabb. u. 3 Taf. M. 5.—

Physik und Chemie

Bautechnische Physik. Von Prof. P. Himmel. 3. Aufl. v. Prof. K. Strohmeyer. Mit 344 Fig. (Bd. 23.) M. 4.80.

Leitfaden d. bautechnischen Chemie. Von Prof. M. Girndt. 3. Aufl. Mit 31 Fig. (Bd. 2.) M. 1.80.

Mechanik

Statik. Von Reg.-Baumeister Direktor A. Schau. In 3 Teilen. (Bd. 46—48.) Teil I: Grundgesetze, Anwendungen der statischen Gesetze auf Trägerordnungen, einfache Stabkonstruktionen u. ebene Fachwerkträger. 2. Aufl. Mit 82 Abb. M. 4.— Teil II: Festigkeitslehre. Zug- und Druckfestigkeit, Schubfestigkeit, Biegefestigkeit und Knickfestigkeit. 2. Aufl. Mit 208 Abbild. im Text. M. 5.60. Teil III: Hochbau. Tiefbau. [In Vorb. 1920.]

Tabellen und Tafeln

Logarithmen- und Kurventabellen für den Gebrauch an Tiefbauschulen. Von Professor M. Girndt und Oberlehrer Liebmann. Mit 4 Figuren. (Bd. 45.) M. 1.20.

Mathematische und technische Tafeln. Von Prof. M. Girndt, Oberl. A. Liebmann und Oberl. Dr. Nitzsche. 2., neu bearbeitete Aufl. Mit 90 Abbildungen. (Bd. 27.) M. 1.60.

Kontinuierliche Träger auf drei oder vier Stützen. Einfachere Hilfsmittel für deren genaue Berechnung bei beliebigen Stützweiten und beliebiger Belastung. Für Schule und Praxis bearbeitet von Oberlehrer

Auf sämtl. Preise Teuerungszuschlag (vorbehalten) u. der Buchhandlungen

Verlag von B

zig und Berlin



100000297687

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

GRUNDBAU

LEITFADEN FÜR TECHNISCHE SCHULEN
UND FÜR DIE BAUPRAXIS

VON

PROFESSOR M. BENZEL

OBERLEHRER AN DER STAATL. BAUGEWERKSCHULE
ZU MÜNSTER I. W.

DRITTE, VERBESSERTE UND VERMEHRTE AUFLAGE

MIT 233 ABBILDUNGEN IM TEXT



VERLAG UND DRUCK VON B. G. TEUBNER · LEIPZIG · BERLIN 1920

W+376



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~113494~~

Vorwort.

II - 351293

Die 3. Auflage des vorliegenden Leitfadens, der in erster Linie als Lehrbuch für die Tiefbauabteilungen der Baugewerkschulen gedacht ist, erscheint wieder in dem, allerdings erweiterten, Umfange der 1. Auflage, die Gründung von Bauten aller Art umfassend.

Da vor kurzem die Gabelung der Baugewerkschule in Hochbau- und Tiefbauabteilung in die III. Klasse verlegt worden ist, konnte nämlich auf das Ergänzungsheft des Bandes 8 „Gründung von Hochbauten“ für Tiefbau, bei dessen Durchnahme das Zurückgreifen auf den I. Teil lästig fiel, verzichtet und ein einheitlich aufgebautes, das gesamte Gebiet umfassender Leitfaden für die Tiefbauabteilung geschaffen werden.

Verfasser glaubte, in diesem auch die Gründung von Hochbauten streifen zu sollen, weil der Tiefbautechniker auf Grund seiner Sonderausbildung vielfach berufen ist, auch dabei mitzuwirken, und weil der für einen Tiefbautechniker erforderliche Überblick über das ganze Gebiet nur durch Einsicht in die Gründung aller Arten von Bauten gewonnen werden kann.

In der Neuauflage wurden gegenüber der 4. Auflage von „Grundbau I“ und der 2. Auflage von „Grundbau II“ nur die Abschnitte über Bohrungen, Bagger und Preßbetonpfähle um ein geringes erweitert. Wenn dabei unter „Bohrungen“ das durch den Buchtitel umgrenzte Gebiet ein klein wenig überschritten worden ist, so glaubt Verfasser dies im Hinblick auf andere Fächer, wie „Wasserversorgung“, und angesichts der wünschenswerten Ausbildung der Tiefbautechniker nach dieser Richtung verantworten zu können, zumal das Wesentlichste über Gesteins- und Tiefbohrungen im Anschluß an den vorhandenen und unentbehrlichen Abschnitt über Bohrungen im „Grundbau“ mit dem geringsten Aufwand an Worten und Skizzen unseren Schülern übermittelt werden kann.

Wie in den früheren Auflagen erstrebte Verfasser auch in der Neuauflage einerseits, um die theoretische Seite der verschiedenen Bauweisen verständlicher zu machen, eine straffe Gliederung des Lehrstoffes, andererseits um die praktische Ausführung bestmöglich zu veranschaulichen, eine klare Darstellung des Bauvorganges in Abbildung und Text.

Besonderer Dank gebührt der Firma Menck & Hambrock, G. m. b. H., in Altona-Hamburg dafür, daß sie bisher unveröffentlichte Zeichnungen ihres bewährten Einketten-Greifers, ohne die dessen verwickelte Wirkungsweise nicht verständlich ist, wie früher schon Zeichnungen ihrer anderen Spezialmaschinen zur Verfügung gestellt hat.

Hinweise auf Fehler und Vorschläge zu Verbesserungen werden vom Verfasser erbeten und jederzeit mit Dank entgegengenommen.

Münster (Westf.), im März 1920.

Benzel.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

Akc. Nr. 4772/49

OPK-B-261 2018

Inhaltsverzeichnis.

A. Baugrund.

	Seite		Seite
I. Die Tragfähigkeit des Baugrundes	1	3. Das Sondiereisen	4
1. Guter Baugrund	1	4. Bohrungen	5
2. Mittlerer Baugrund	2	a) Die Bohrer	6
3. Schlechter Baugrund	2	b) Das Bohrgestänge	8
		c) Futterrohre	9
II. Die Untersuchung des Baugrundes	2	d) Hilfsgeräte	9
1. Probelastungen	2	e) Hand-Tiefbohr-Apparate	10
2. Probepfähle	3		

B. Baugrube.

I. Im Trockenem	11	III. Im offenen Wasser	46
1. Die Abböschung	12	1. Fangedämme	47
2. Die Verschalung	12	a) Der einfache Fangedamm	49
a) Wagerichter Verbau	12	b) Der Kastenfangedamm	49
α) Die Absteifung wagerechter Schalbohlen	13	2. Mäntel	52
β) Die Befestigung wagerechter Schalbohlen an einge- rammten T-Eisen	18	3. Schwimmkasten	54
b) Lotrechter Verbau	22	IV. Trockenlegung der Baugrube	58
c) Stollenbau. — Schachtzim- mung	23	1. Absenkung des Grundwassers	58
II. Im Grundwasser	30	2. Wasserhaltung in der Baugrube	62
1. Stülpwände	32	3. Betonierung der Baugrubensohle. — Bagger. — Naßbetonierung	66
2. Holzspundwände. — Rammen	32	V. Taucherarbeiten	75
3. Eisenbetonspundwände	42	VI. Sicherung durch Baugruben gefährdeter Bauten	77
4. Eiserne Spundwände	42		
a) Spundwände aus Formeisen	43		
b) Wellblechspundwände	44		

C. Grundbauten.

I. Flachgründung	84	b) Bauart der Senkbrunnen	106
1. Flachgründung in Mauerwerk	85	α) Hölzerne Senkbrunnen	106
2. Flachgründung in Beton und Eisenbeton	88	β) Gemauerte Senkbrunnen	107
3. Der Schwellrost	92	γ) Senkbrunnen aus Beton und Eisenbeton	108
4. Sandschüttung	96	δ) Eiserne Senkbrunnen	110
5. Gründungen in Bergbaugebieten	97	c) Die Versenkung der Brunnen	110
II. Tiefgründung	97	d) Die Ausfüllung und Verbin- dung der Senkbrunnen	119
1. Grundpfeiler	98	3. Grundzüge der Druckluftgrün- dung	125
2. Senkbrunnen	101	a) Der Senkkasten	126
a) Form, Größe und Stellung der Senkbrunnen	103	α) Hölzerne Senkkasten	127

	Seite		Seite
β) Eiserne Senkkasten	127	4. Der Pfahlrost	135
γ) Gemauerte Senkkasten	128	a) Die Pfähle.—Wahl der Ramme	136
δ) Senkkasten aus Eisenbeton	128	α) Holzpfähle	139
b) Die Schachtrohre	128	β) Eiserne Pfähle	143
c) Die Luftschleusen	130	γ) Eisenbetonpfähle	144
d) Die Verdichtung der Luft	130	δ) Einbetonierte Pfähle	145
e) Das Arbeiten in Druckluft	131	b) Die Anordnung der Rostpfähle	150
f) Die Versenkungsarbeiten	133	c) Der Rost	151
g) Die Bodenförderung	133	α) Der Betonpfahlrost	151
h) Die Ausfüllung der Senkkasten	134	β) Der Holzrost	157
i) Die Taucherglockengründung	134	iii. Schutz der Grundbauten gegen	
		Unterspülung.	168
Benutzte und empfehlenswerte Werke.			170

A. Baugrund.

I. Die Tragfähigkeit des Baugrundes

ist abhängig

von der Druckfestigkeit der das Bauwerk tragenden Bodenart, von der Mächtigkeit der Schicht dieser Bodenart, falls Bodenarten geringerer Festigkeit unter dieser lagern, und von der Neigung der Lagerfläche der tragenden Bodenschicht.

1. Die **Neigung** darf, besonders über einer durch Sickerwasser schlüpfrigen Tonschicht, nicht so groß sein, daß ein Abrutschen der tragenden Bodenschicht zu befürchten ist, zumal wenn diese talwärts durch eine Verwerfung oder künstlich durch einen Einschnitt unterbrochen ist (Abb. 1).



Abb. 1. Geneigte Bodenschichtung mit Einschnitt.

2. Ferner wird verlangt, daß an sich feste Bodenarten über Bodenschichten geringerer Festigkeit in einer **Mächtigkeit** von mindestens 3 m anstehen, damit die Bodenschicht nicht unter der Last des Bauwerks durchbricht.

3. Nach der **Druckfestigkeit** der verschiedenen Bodenarten unterscheidet man guten, mittleren und schlechten Baugrund.

1. Guter Baugrund.

a) **Fels.** Klüfte (häufig in Kalkstein), durch Aufstoßen einer Brechstange am hohlen Ton zu erkennen, sind mit Beton auszufüllen; verwittertes Gestein ist zu entfernen.

Die zulässige Beanspruchung von Fels ist zu $\frac{1}{10}$ der Druckfestigkeit des Gesteins anzunehmen, ist also bis auf Tuffstein ($k = 6 \text{ kg/cm}^2$) mindestens gleich der des auf ihm ruhenden Mauerwerks.

b) **Fester Mergel.**

c) **Festgelagerter Kies,** nicht Gerölle.

d) **Festgelagerter Sand.**

Sand ist an fließendem Wasser durch Spundwände gegen den Angriff der **Strömung** zu sichern.

Je feiner der Sand ist, desto weniger darf er durch Abspumpen der Baugrube einem einseitigen Wasserdruck von unten — die Wasserspiegel in und außerhalb der Baugrube suchen sich auszugleichen — ausgesetzt werden, weil sich sonst „Triebsand“ bildet (Abb. 2).

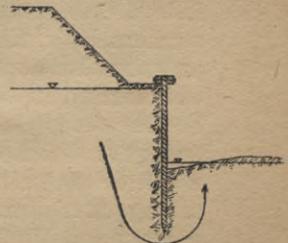


Abb. 2. Ausgleich der Wasserspiegel bei dem Abspumpen der Baugrube.

e) **Trockener Ton und Lehm.**

Die unter a—e genannten Bodenarten dürfen mit 3 bis 5 kg/cm^2 beansprucht werden.

2. Mittlerer Baugrund

erfordert besondere Maßnahmen zur Sicherung des Bauwerks.

a) **Wasserhaltiger Ton** und **Lehm** ist infolge seiner Nachgiebigkeit wenig tragfähig.

b) **Mischboden** aus Sand und Ton oder Lehm ist dem Aufweichen besonders ausgesetzt, da durch die Sandadern Wasser leicht überallhin eindringen kann. Er ist deshalb sorgfältig vor dem Zutritt von Wasser zu sichern.

Steht er in wechselnder Schichtung an, so sind die Grundbauten durch die schwachen Schichten bis auf eine starke Schicht hinabzuführen, um, falls die Schichtung nicht ganz wagerecht oder der Druck des Bauwerks nicht genau lotrecht ist, Rutschungen zwischen Sand- und Ton-schicht möglichst zu beugen.

3. Schlechter Baugrund

wie **Flugsand**, **Triebsand**, **Mutterboden**, **Torf**, **Moor**, **aufgeschütteter Boden**, bedingt in jedem Falle eine künstliche Gründung.

II. Die Untersuchung des Baugrundes

ist vor Inangriffnahme der Grundbauten an möglichst vielen Punkten der Baustelle vorzunehmen. Sie kann unterbleiben, wenn benachbarte Baustellen einen genügend sicheren Schluß auf die zu erwartenden Bodenverhältnisse ziehen lassen.

Liefert die Untersuchung sehr ungünstige Ergebnisse, so muß unter Umständen eine Verlegung des Bauwerks ins Auge gefaßt werden.

1. Probelastungen

bezwecken die **Feststellung der Tragfähigkeit** des Baugrundes.

In Höhe der Bausohle, wenigstens aber in Höhe des Grundwassers, falls dieses erreicht wird, werden mindestens 1 m² große Platten aus starkem Holz, Eisen oder Beton durch einen Mauerpfeiler und auf diesen aufgebrachte Formeisen oder Roheisenbarren mit dem 1½fachen der zu erwartenden Belastung während längerer Zeit, am besten während der Arbeitspause im Winter, belastet und das Einsinken der Platten festgestellt. Letzteres geschieht durch Einnivellieren der Platte vor und nach dem Aufbringen, sowie kurz vor dem Entfernen der Belastung oder durch Ablesen der Senkung an einer in das Mauerwerk eingemauerten Maßlatte, die an einem festen Gerüst vorbeigleitet (Abb. 3).

Ein Einsinken bis zu 25 mm wird für unbedenklich gehalten.

Diese Art der Untersuchung des Baugrundes findet jedoch, weil sie zu kostspielig und zu zeitraubend ist, verhältnismäßig selten Anwendung.

2. Probepfähle

werden geschlagen, wenn ein Pfahlrost vorgesehen ist, um aus dem Widerstand, den die Pfähle beim Eintreiben erfahren, ihre Tragfähigkeit zu beurteilen und daraus die Zahl der erforderlichen Pfähle zu bestimmen.

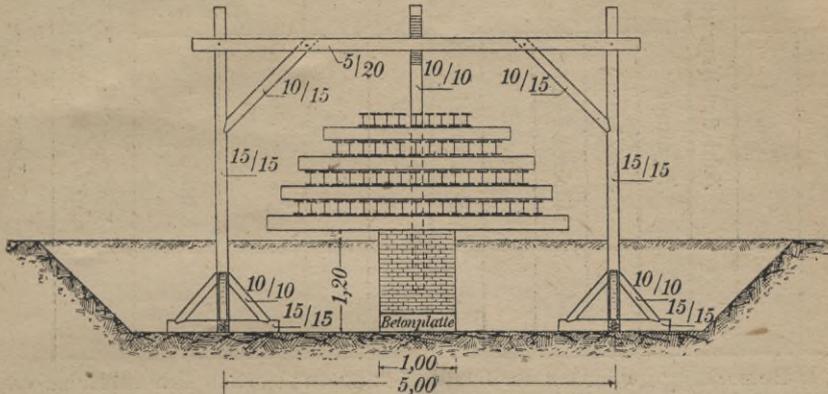


Abb. 3. Probelastung des Baugrundes.

1. Die Formeln, die zur **Berechnung der Tragfähigkeit** der Pfähle benutzt werden, sind wenig zuverlässig.

Eine dieser Formeln, die von Ritter, lautet

$$T = \frac{1}{n} \left(\frac{P}{e} \cdot \frac{P^2}{P+Q} + P + Q \right),$$

worin P das Gewicht des Rammjärs in kg,
 Q " " " Pfahles " " "
 T die Tragfähigkeit des Pfahles in kg,
 h die Fallhöhe des Rammjärs in cm,
 e das Ziehen des Pfahles beim letzten Rammschlage in cm,
 n ein Sicherheitswert

nach Möller $n = 3$ für Sandboden,
 $n = 5$ " Lehm Boden.

2. Es empfiehlt sich mehr, die Pfähle nach dem Einrammen zur Ermittlung ihrer Tragfähigkeit längere Zeit einer **Probelastung** zu unterwerfen.

Zur Aufnahme der Probelast werden Kanthölzer in der Art einer Bohrschelle (Abb. 20) mit Schraubenbolzen an den Pfahlkopf geklemmt und mit quer darüber gelegten Hölzern verklammert. Die Senkung des Pfahles wird zweckmäßig durch einen un-

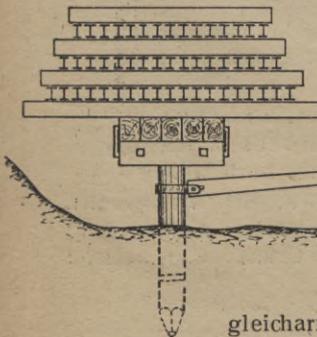


Abb. 4. Probelastung eines Pfahles.

gleicharmigen Hebel (1:2 bis 1:5) verdeutlicht (Abb. 4).

3. Doch ist für alle Fälle, um die Tragfähigkeit der einzelnen Pfähle miteinander vergleichen zu können, ein **Rammverzeichnis** folgender Art¹⁾ zu führen, in das die Pfähle in der Reihenfolge des Ramm-(Lage-)Planes von dem Rammeister oder Bauaufseher eingetragen werden.

Datum		Zahl der Rammer	Pfahl				Ramm- bär		In der letzten Hitze (während der letzten 5 Minuten)		Eindringen des Pfahles beim letzten Rammschlage	Bemerkungen
Monat	Tag		Nummer	Ganze Länge	Mittlere Stärke	Gewicht	Eingerammte Länge	Gewicht	Fallhöhe	Zahl der Ramm-schläge		

Die Bemerkung „während der letzten 5 Minuten“ bezieht sich auf Kunst- und Dampfammen.

Ziehen die später geschlagenen Pfähle beim letzten Rammschlage nicht stärker als die Probepfähle, so darf ihre Tragfähigkeit gleich der berechneten oder besser durch Probelastung ermittelten Tragfähigkeit der Probepfähle angenommen werden.

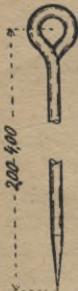
3. Das Sondiereisen,

ein Probepfahl im kleinen, 2—4 m lang, 3 cm stark, mit schlanker Spitze und Öse zum Durchstecken eines Hebels (Abb. 5), wird in den Boden gestoßen, geschlagen, gedreht und gestattet auf geringe Tiefe je nach seinem Eindringen Schlüsse auf die **Festigkeit** des Baugrundes zu ziehen.

2. Das Sondiereisen ermöglicht aber auch, die mit ihm durch-fahrene **Bodenart** zu beurteilen. Bei Sand und Kies zeigt sich das Eisen nach dem Herausziehen blank gescheuert, bei Ton oder Lehm bläulich oder gelblich gefärbt, bei Torf klebrig.

Um kleine **Bodenproben** zu erhalten, versieht man das Sondiereisen mit schrägen Taschen (Abb. 6), die sich beim Herausziehen füllen.

Abb. 5.
Son-
dier-
eisen.



3. Das Sondiereisen wird wegen der geringen **Unter-suchungstiefe**, für die es verwendbar ist, entweder nach vollständiger Ausschachtung der Baugrube oder nach Her-stellung besonderer Probegruben erst in Höhe der Bausohle angesetzt.

Tiefere Probegruben dürfen wegen der damit verbundenen Auflockerung des Baugrundes nur an Stellen, die später nicht durch Grundbauten belastet werden, ausgehoben werden.



Abb. 6.
Taschen
im Son-
dier-eisen.

1) Nach Brennecke.

4. Bohrungen

werden vorgenommen, um die Art und Lagerung des Baugrundes festzustellen; sie lassen nach den allgemein bekannten Eigenschaften der Bodenarten, nach der Mächtigkeit und Neigung der Schichten einen ziemlich sicheren Schluß auf die Tragfähigkeit des Baugrundes zu. Diese Art der Bodenuntersuchung ist die häufigste.

1. An verschiedenen Punkten der Baustelle werden **Bohrlöcher** von 8—15 cm Weite in die Tiefe getrieben, die aber, falls Gründung unter Wasserhaltung beabsichtigt ist, nicht in der Baugrube selbst angelegt werden dürfen, weil dadurch die Quellenbildung erleichtert werden würde.

2. Von dem heraufgehobten **Boden** werden **Proben** entnommen und in flachen, in kleine Fächer geteilten Kasten oder in Probiertgläsern aufbewahrt und mit fortlaufender Nummer versehen; die Tiefe, von — bis zu der eine Bodenart vorkommt, wird bei der zugehörigen Probe vermerkt.

3. Die Bohrlöcher werden eingemessen, in einen Lageplan, den Bohrplan (Abb. 7), eingetragen und numeriert, die Geländehöhe an jedem Bohrloch einnivelliert und ein **Bohrverzeichnis** folgender Art angelegt:

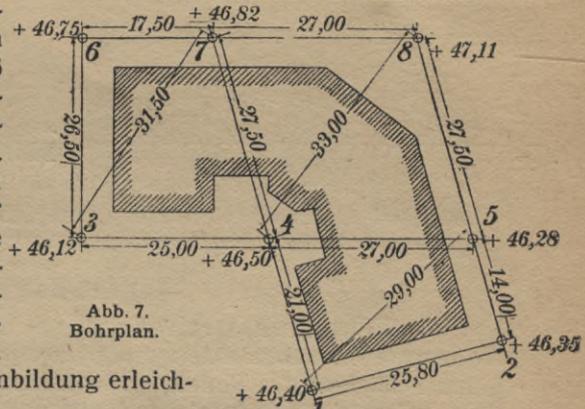


Abb. 7.
Bohrplan.

Datum		Bohrloch			Bodenart				Art des Bohrers	Ordinate des Grundwasserspiegels	Bemerkungen
Monat	Tag	Station	Nummer	Geländeordinate	Bezeichnung	Bohrtiefe	Ordinate	Mächtigkeit			
IV.	17.	—	1	46,40	Sand	0,00	46,40	1,75	1	Ventilbüchse	44,90
					Fließsand	1,75	44,65	1,60	2	„	
						3,35	43,05	0,45	3	Schappe	
					Ton	3,80	42,60	1,65	4	Bohrmeißel	
					Mergel	5,45	40,95	0,95	5	„	
					Sandstein	6,40	40,00				

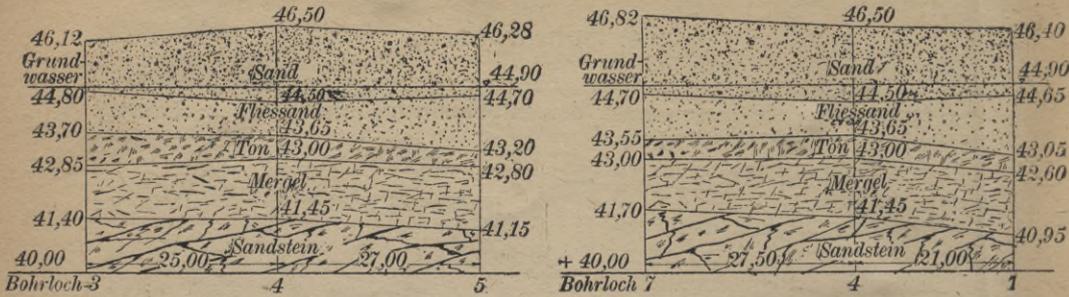


Abb. 8. Schichtenpläne zum Bohrplan Abb. 7.

An Hand dieses Verzeichnisses lassen sich **Schichtenpläne** (Abb. 8) auftragen, die ein genaues Bild der Bodenverhältnisse ergeben.

a) Die Bohrer.

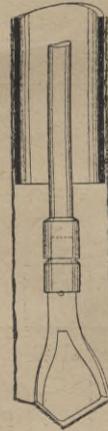
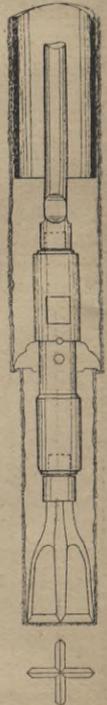
α) Die **Schappen**, Drehbohrer mit Stahlschneiden, für mittelfeste Bodenarten, haben eine zylindrische, je nach der größeren oder geringeren Festigkeit des Bodens mehr offene oder mehr geschlossene Form. Sie werden in die Erde eingedreht und, sobald sie gefüllt sind, herausgezogen und entleert.

Es werden verwendet

die „**Schappe**“, offene oder Löffelschappe (Abb. 9), für festen Ton und für Mergel,

die **Rohrschappe** (Abb. 10) für Mutterboden, Mischboden aus Sand und Ton oder Lehm, weichen Ton und Moor.

β) Die **Staubohrer** mit Fußventil (Abb. 11), auch **Schlamm-, Schmand-, Ventilbüchsen** genannt, für losen, wasserführenden Boden, besonders Sand, werden durch Aufstoßen

Abb. 9.
Schappe.Abb. 10.
Rohrschappe.Abb. 11.
Staubohrer.Abb. 12.
Flachmeißel für
Spülbohrung.Abb. 14.
Exzentermeißel.Abb. 13.
Kreuzmeißel
mit Nachnahmebohrer.

[Tiefbohr-Maschinen- u. Werkzeuge-Fabrik Nürnberg von Heinr. Mayer & Co., Nürnberg-Doos.]



Abb. 15. Schraubenschloß.

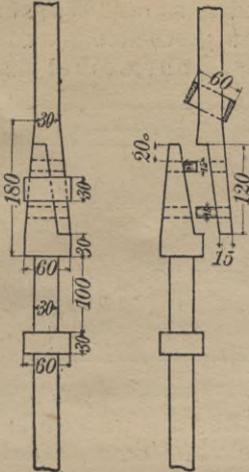


Abb. 16. Blattschloß.

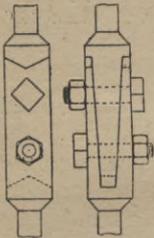


Abb. 17. Gabelschloß.

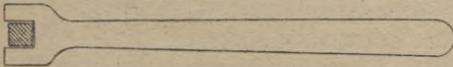


Abb. 21. Gestängeschlüssel.

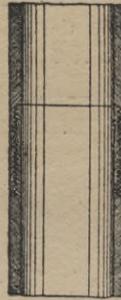


Abb. 18. Futterrohrverbindung durch Schraubmuffen.



Abb. 19. Futterrohrverbindung durch Überschiebmuffe.

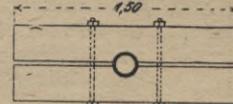


Abb. 20. Futterrohr mit Bohrschelle. — Einrammen des Futterrohres.

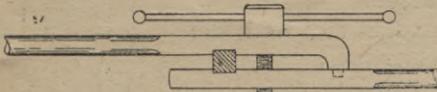


Abb. 22. Bohrkluppe.

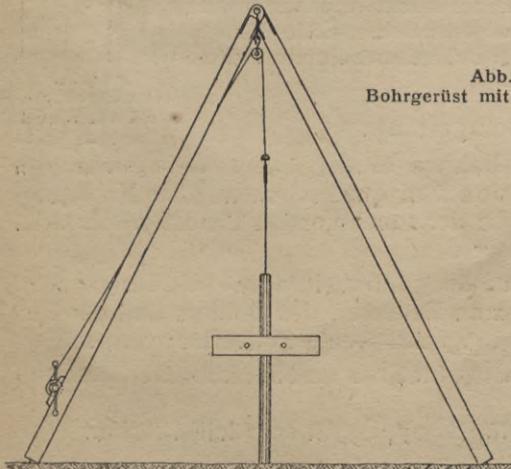
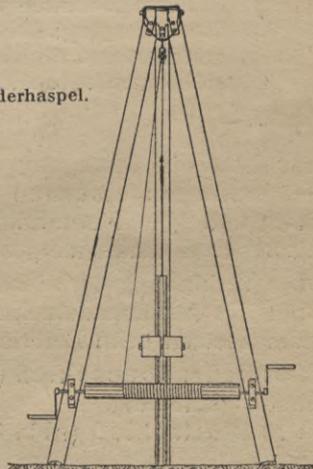


Abb. 23. Bohrgerüst mit Förderhaspel.



gefüllt. Ist kein Grundwasser vorhanden, so muß Wasser in das Bohrloch gegossen werden, um den Boden geschmeidiger zu machen.

r) Die **Stoßbohrer**, Bohrmeißel aus Stahl, für Ge-

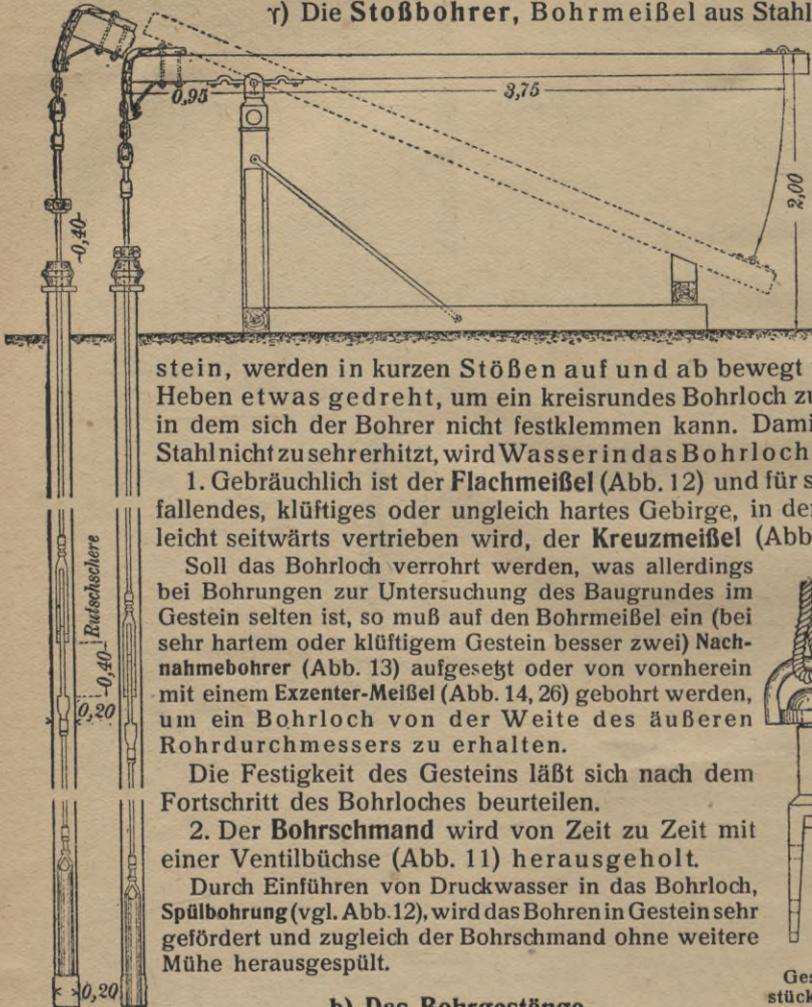


Abb. 25. Stauchbohrung mit Bohrschwengel, Rutschschere und Abfangeschelle.

stein, werden in kurzen Stößen auf und ab bewegt und beim Heben etwas gedreht, um ein kreisrundes Bohrloch zu erhalten, in dem sich der Bohrer nicht festklemmen kann. Damit sich der Stahl nicht zu sehr erhitzt, wird Wasser in das Bohrloch gegossen.

1. Gebräuchlich ist der **Flachmeißel** (Abb. 12) und für schräg einfallendes, klüftiges oder ungleich hartes Gebirge, in dem ersterer leicht seitwärts vertrieben wird, der **Kreuzmeißel** (Abb. 13).

Soll das Bohrloch verrohrt werden, was allerdings bei Bohrungen zur Untersuchung des Baugrundes im Gestein selten ist, so muß auf den Bohrmeißel ein (bei sehr hartem oder klüftigem Gestein besser zwei) **Nachnahmebohrer** (Abb. 13) aufgesetzt oder von vornherein mit einem **Exzenter-Meißel** (Abb. 14, 26) gebohrt werden, um ein Bohrloch von der Weite des äußeren Rohrdurchmessers zu erhalten.

Die Festigkeit des Gesteins läßt sich nach dem Fortschritt des Bohrloches beurteilen.

2. Der **Bohrschmand** wird von Zeit zu Zeit mit einer Ventilbüchse (Abb. 11) herausgeholt.

Durch Einführen von Druckwasser in das Bohrloch, **Spülbohrung** (vgl. Abb. 12), wird das Bohren in Gestein sehr gefördert und zugleich der Bohrschmand ohne weitere Mühe herausgespült.

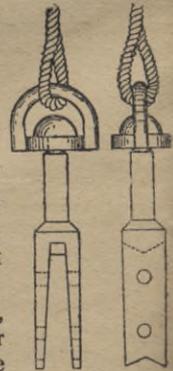


Abb. 24. Gestängekopfstück mit Wirbel.

b) Das Bohrgestänge

ermöglicht die Bewegung des Bohrers in der Tiefe. Es besteht aus 1—5 m langen eisernen Stäben von quadratischem oder Kreisquerschnitt und 24—40 mm Stärke, die der zunehmenden Tiefe des Bohrloches entsprechend aneinandergesetzt werden.

Die Verbindung der einzelnen Stäbe muß steif, aber leicht löslich sein, damit das Auseinandernehmen zum Entleeren des Bohrers und das Zusammensetzen beim Einbringen möglichst wenig Zeitverlust verursacht.

Das **Schraubenschloß** (Abb. 15), für Stoß- und Stauchbohrer, gestattet nur Rechtsdrehung.

Das **Blattschloß** (Abb. 16), für Schappen, ist sehr leicht lösbar.

Beim Gabelschloß (Abb. 17), für Bohrer jeder Art, werden die beiden Schraubenmutter, um sie gleichzeitig lösen oder anziehen zu können, auf verschiedenen Seiten angebracht.

Zum Spülbohren werden Hohlgestänge (mit Schraubenverbindung) verwendet (Abb. 12).

c) Futterrohre

sind erforderlich in losem Boden, besonders in wasserführenden Schichten, damit das Bohrloch nicht zustürzt. Es sind dies schmiedeeiserne Rohre von 1,5—5 m Länge und mindestens 5 mm Wandstärke, deren innerer Durchmesser 5—15 mm größer ist als der des Bohrers.

1. Ihre **Verbindung** erfolgt durch Schraubmuffen (Abb. 18) oder durch Vernietung und Verschraubung mit Überschiebmuffen (Abb. 19).

2. Damit das **Futterrohr** dem Fortschritt des Bohrlochs entsprechend nachsinkt, wird es **belastet**, am einfachsten dadurch, daß die den Bohrer handhabenden Arbeiter auf einer an dem Rohr festgeklemmten Bohrschelle (Abb. 20) stehen. Sollte die ruhende Belastung nicht ausreichen, so wird durch Hin- und Herdrehen des Rohres oder durch eine Handramme nachgeholfen (Abb. 20).

3. Nach Feststellung der Art und Schichtung des Baugrundes werden die **Futterrohre wieder herausgezogen**, z. B. mittels eines an einer aufgeklemmten Rohrschelle angreifenden Bohrschwengels (Abb. 25) oder Wuchtebaumes (Abb. 193).

d) Hilfsgeräte.

α) Zum Drehen des Gestänges dienen **Gestängeschlüssel** (Abb. 21) oder, auch zum Anheben, fest mit dem Gestänge zu verbindende **Bohrkluppen** (Abb. 22).

β) Zum Anheben längerer (über 12 m) Gestänge muß ein **Bohrerüst** mit Förderhaspel (Abbildung 23) über dem Bohrloch aufgestellt werden.

Das Seil der Winde wird an dem mit einem **Wirbel** versehenen Gestängerkopfstück (Abb. 24) befestigt.

Zum Bohren mit dem Stoß- oder Stauchbohrer wird das Seil auch als Rammtau verwendet (vgl. Abb. 107).

γ) Weniger Kraft erfordert das Stoß- und Stauchbohren bei Benutzung eines Bohrbockes mit **Bohrschwengel** (Abb. 25).

δ) Ist das Gestänge sehr lang und schwer, so wird, um den Rückstoß auf Bohrer und Gestänge zu ver-

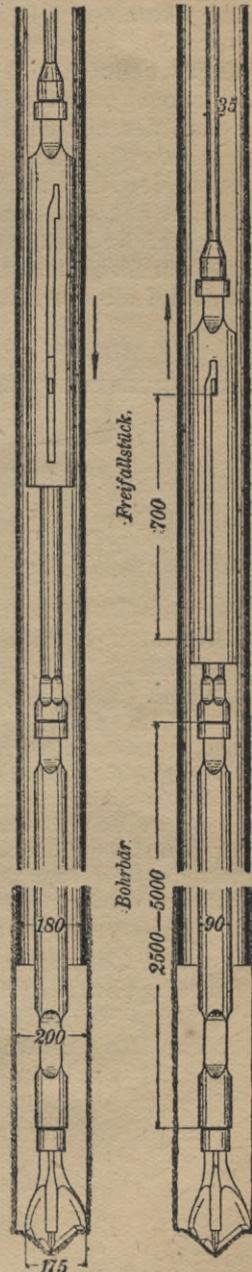


Abb. 26. Exzenter-Kreuzmeißel mit Bohrbar und Freifallstück.

mindern und Brüche zu verhüten, in das Gestänge eine **Rutschschere** (Abb. 25) eingeschaltet, die nur den Gestängeteil unter ihr zur Stoßwirkung kommen läßt, während das obere Stück des Gestänges, noch eine kurze Strecke in der Schere tiefergleitend, durch eine aufgeklebte **Abfangschelle** (Abb. 25), die dabei das Rohr nachrammt, durch den Bohrschwengel oder das Rammtau abgefangen wird. Bei dem Hochziehen des oberen Gestängeteiles nimmt die Schere nach kurzem Leergang den unteren Teil und den Bohrer wieder mit, wobei der Ruck nach oben, falls sich der Bohrer etwa festgeklemmt hat, das Losreißen erleichtert.

ε) Bei bedeutenden Tiefen, die allerdings die Feststellung der Baugrundbeschaffenheit selten erfordert, wird im Hinblick auf die durch das schwere Gestänge erhöhte Bruchgefahr

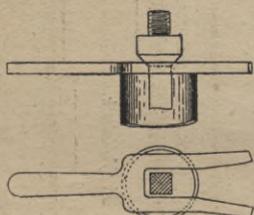


Abb. 27.
Abfanggabel.

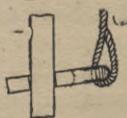


Abb. 28.
Gestängehalter.



Abb. 29.
Glückshaken.



Abb. 30.
Zahngabel.

über dem Stoßbohrer, der in diesem Falle noch durch eine 2,5—5 m lange **Schwerstange**, auch „Bohrbär“ genannt, (Abb. 26) beschwert wird, ein **Freifallstück** (Abb. 26) angebracht.

Dieses besteht aus der unten offenen Freifallhülse mit zwei Schlitten, in der die Fallstange, durch vorstehende Keile in den Schlitten der Hülse geführt, auf- und abgleiten kann. Senkt sich die mit dem Gestänge am Bohrschwengel hängende Hülse, so schieben sich die Fangkeile schlitzaufwärts und infolge der Abschrägung des Schlitzendes etwas seitlich auf die Keilsitze an der Hülse. Beim Hochziehen des Gestänges werden sie nun samt der Schwerstange und dem Bohrer mitgenommen und in der höchsten Stellung des Schwengelkopfes über Tage durch einen kurzen Ruck an der Bohrklupe oder mit dem Schlüssel wieder abgeworfen.

ζ) Zum Festhalten des unteren Gestängeteils beim Auseinandernehmen und Zusammensetzen dient eine **Abfanggabel** (Abb. 27) oder ein **Gestängehalter** (Abb. 28) an einem besonderen Seil.

η) Zum Heraufholen abgebrochener Gestängeteile gibt es besondere **Fanggeräte**:

Der **Glückshaken** (Abb. 29) wird unter ein Gestängeschloß gedreht.

Die **Zahngabel** (Abb. 30) wird zum Einklemmen des abgebrochenen Gestänges über dessen Ende geschoben.

e) Hand-Tiefbohr-Apparate

(von Theodor Brust in Darmstadt und Heinrich Mayer & Co. in Nürnberg-Doos) dienen zur Feststellung der Bodenarten auf verhältnismäßig geringe Tiefen, wie sie die Untersuchung des Baugrundes meistens nur verlangt (Abb. 31).

Der Durchmesser der Werkzeuge beträgt 22–50 mm. Es lassen sich damit Bohrlöcher bis 30 m Tiefe herstellen. Die Bedienung erfordert nur 1–2 Mann.

B. Baugrube.

Sie ist der Arbeitsraum, den die Herstellung der in der Erde steckenden Bauteile erfordert.

Sie muß in der Regel etwas größer sein als die Grundfläche des Bauwerks, sei es um die Verschalung der Baugrubenwand wieder entfernen und die Hinterfüllungserde gut einstampfen zu können (Spielraum mindestens 20 cm), sei es um das Grundwasser während der Ausführung der Grundbauten abzuleiten (mindestens 20 cm), sei es um einen seitlichen Arbeitsraum (mindestens 60 cm) zu schaffen). Hierzu kommt noch die zur Abböschung oder zur Verschalung und Absteifung der Baugrubenwand erforderliche Breite.

In tieferen Baugruben muß alle 2 m bei Abböschung ein Absatz (Abb. 32), bei Verschalung eine Pritsche zum Lagern und Weiterbewegen des Bodens eingeschaltet werden.

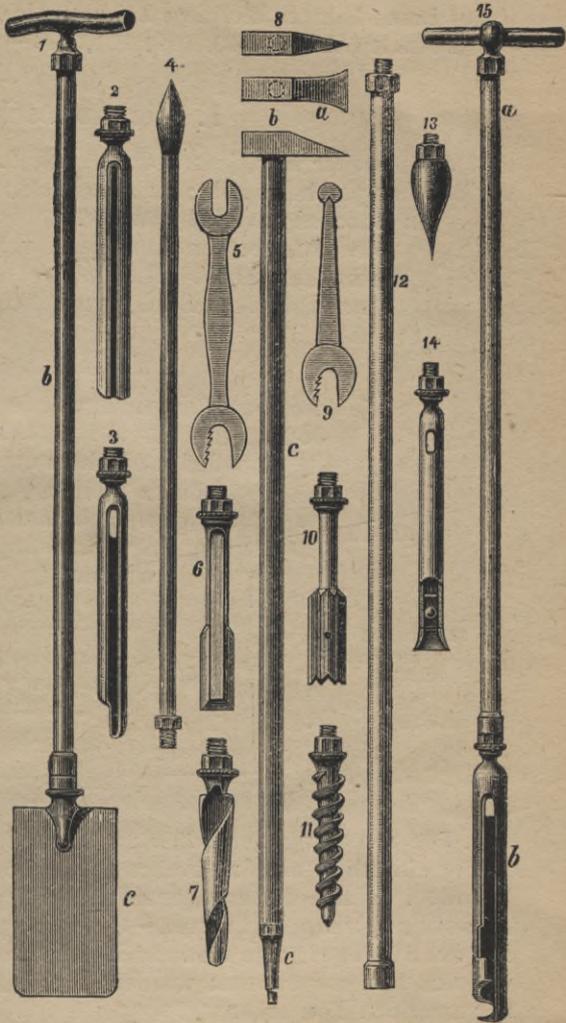


Abb. 31. Hand-Tiefbohr-Apparate (System Tecklenburg) [Graefische Armaturen und Maschinenfabrik von Theodor Brust in Darmstadt.]

2. Hohlbohrer für Schotter und Gerölle. 3 u. 15b. Schappen für feuchten Lehm, Ton, Mutterboden, Sand, nicht zu groben Kies. 4. Brechstange zum Durchstoßen und Beiseitdrängen von Steinen (Findlingen). 5. Abfangegabel mit Schlüssel. 6. Flachmeißel für festes Gestein. 7. Schneckenbohrer z. Vorbohren in verwittertem Schiefer. 8c. Schmilme, als Kolbenbohrer zu benutzen. 10. Kronenbohrer für zerklüftetes festes Gestein. 11. Spiralbohrer zum Auflockern von festem Kies. 12. Hohlgestänge. 13. Spitzbohrer zum Vorbohren. 14. Ventilbüchse für Tribsand und zum Heraufholen von Bohrschlamm.

I. Im Trockenen

wird die Baugrubenwand in freiem Gelände, bei breiter, flacher Baugrube abgeböschet (Abb. 99, 119, 122, 138, 139, 141–143, 146, 170, 174, 175, 222, 228),

auf beschränktem Bauplatz, bei schmaler, tiefer Baugrube lotrecht verschalt (Abb. 39, 40, 109, 111, 128—133, 148, 149).

1. Die Abböschung

darf desto steiler sein, je standfester die Bodenart ist und je kürzere Zeit die Böschung stehen bleibt; für mittelfesten Boden (sandiger Lehm) genügt ein Böschungswinkel von 60° .

Die in lotrechten Abständen von rd. 2 m angelegten **Absätze** macht man 0,50 bis 1,00 m breit. Die Böschungskanten werden durch aufgelegte Bohlen vor Beschädigung und Einsturz geschützt (Abb. 32).



Abb. 32. Abgeboachte Baugrubenwand mit Absatz.

2. Die Verschalung

lotrechter Baugrubenwände erfolgt mit wagerechten oder lotrechten Bohlen. Halt bekommt die Schalwand dadurch, daß die Bohlen durch Querbohlen gefaßt und diese durch Steifen gegen die Schalung und die Erde gepreßt, oder daß die (wagerechten) Schalbohlen an vorher eingerammte I-Eisen angeklemt werden.

In schieferigem und klüftigem Felsboden müssen etwaige **Hohlräume** in den Baugrubenwandungen mit Steinen und Reisig gut **verpackt** werden, damit die Bohlen voll anliegen und nachträgliche Rutschungen des Gebirges, wodurch Verschiebungen und Zerstörungen der Absteifung verursacht werden können, ausgeschlossen sind.

1. Die Sicherung der Schalung durch Steifen gestaltet sich verhältnismäßig einfach in nicht zu breiten (unter 7,50 m) **Baugruben mit parallelen Wänden**, da sich diese gegeneinander abspreizen lassen. Die Breite der Ausschachtung hält man 1—3 cm knapper, als sich rechnermäßig aus der Steifenlänge und den Bohlenstärken ergibt, damit die Steifen wirklich fest eingespannt werden, was man beim Anschlagen an einem brummenden Ton erkennt.

Die Steifen sollen sowohl in lotrechter als auch in wagerechter Richtung Ebenen bilden, damit sie den Arbeitsraum nicht zu sehr beengen und die Möglichkeit bieten, Bohlen zu Pritschen wagerecht auf sie zu legen (Abb. 33, 49).

2. Erheblich schwieriger ist die Absteifung einer **freistehenden Baugrubenwand** durch Schrägsteifen, der deshalb die Sicherung der Schalung durch eingerammte I-Eisen meistens vorzuziehen ist, die außerdem den Vorteil eines von Steifen unbeengten Arbeitsraumes bietet.

a) Wagerechter Verbau

wird angewendet, wenn der Boden einigermaßen (wenigstens auf 30 cm Höhe) steht, da die Baugrubenwand, bevor eine wagerechte Bohle eingezogen werden kann, mindestens auf Bohlenbreite lotrecht abgeschachtet sein muß.

α) Die Absteifung wagerechter Schalbohlen

ist für Baugruben, deren **Wände gegeneinander abgespreizt** werden können, am billigsten und daher am häufigsten.

1. Je nach Standfestigkeit des Bodens werden beiderseitig 1—4 **Bohlen** (4,00/0,30/0,04) auf einmal eingezogen, in der Mitte und an beiden

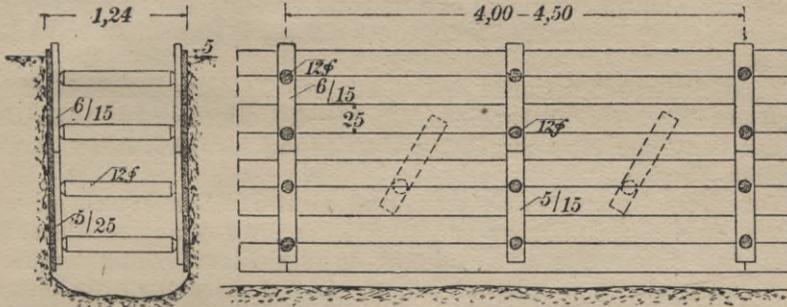


Abb. 33. Absteifung wagerechter Schalbohlen paralleler Baugrubenwände.

Enden mit **Brusthölzern** (1,20/0,15/0,06) verlascht, die **Steifen** (0,10 bis 0,20 φ) schräg zwischen letzteren angesetzt und längs der Brustholzfaser mit dem Hammer wagerecht und fest getrieben (Abb. 33). Unter die Steifen, die mit Pritschen für Boden und Baumaterial belastet werden, sind der Sicherheit halber Knaggen zu nageln.

Der besseren Haltbarkeit wegen werden die Steifen gekröpft (Abb. 34) und die Bohlen an den Enden mit Bändeisen umnagelt (Abb. 35).

Steifen und Brusthölzer werden bei Verwendung von Spannköpfen (Abb. 36) sehr geschont, da diese das Einspannen und Lösen der Steifen durch eine Schraube ermöglichen, Hammerschläge entbehrlich machen.

2. Darf wegen schlechthastehenden Bodens (Sand) jedesmal nur auf 1—2 Bohlenbreiten ausgeschachtet werden, so werden bei einer Brustholzlänge von 1,20m die beiden ersten Bohlen zunächst durch 2 Steifen nur notgesteift und erst beim Einziehen der beiden wei-



Abb. 34. Gekröpfter Steifenkopf.

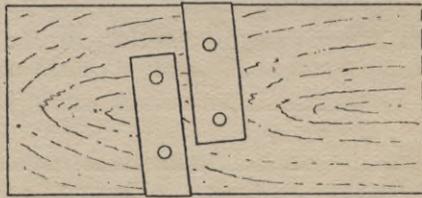


Abb. 35. Mit Bändeisen umnagelte wagerechte Schalbohle.

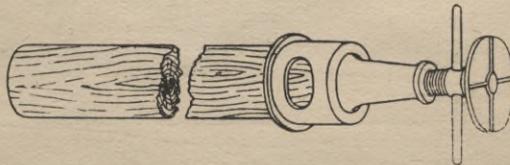


Abb. 36. Spannkopf für Holzsteifen.
[Maschinenfabrik „Rhein und Lahn“ von Gauhe, Gockel & Cie., Oberlahnstein a. Rh.]

teren Bohlen die Brusthölzer regelrecht auf Bohlenstoß und Bohlenmitte gesetzt (Abb. 33). Dieses sog. **Umsteifen** erfolgt beim Aussteifen (Entfernen der Absteifung) in umgekehrter Reihenfolge.

3. Die **Stirn der Baugrube** wird mit lotrechten Bohlen verschalt, welche mit zunehmender Baugrubentiefe tiefer geschlagen werden und sich gegen die Endsteifen legen, die ihrerseits an den Enden durch Knaggen, Bauklammern oder Steifen gegen Abrutschen unter der Einwirkung des Erddrucks zu sichern und bei größerer Länge noch in der Mitte durch einen liegenden Sprengbock abzufangen sind (Abb. 39, 128, 129, 149).

4. **Verwickeltere Bauwerke** des städtischen Tiefbaues, z. B. Verzweigungen von Entwässerungskanälen (Abb. 39—40), erfordern vor Ausschachtung der Baugrube eine sorgfältige Überlegung hinsichtlich der zweckmäßigsten Absteifung.

a) Vor allem ist zu vermeiden, daß sich Steifen kreuzen, weil zwischen zwei eingetriebenen Steifen infolge ihres geringen Abstandes (40—45 cm) eine weitere winkelrecht dazu nicht so schräg angesetzt werden kann, wie es erforderlich ist, um sie fest einspannen zu können. Außerdem können die Hammerschläge nicht gegen den Kopf der Steife gerichtet werden, so daß diese unter den Schlägen mehr oder weniger federt und nur schwer gerade- und festgetrieben werden kann (Abb. 37).

Zuweilen wird versucht, diesen Schwierigkeiten dadurch zu entgehen, daß die Steife in wagerechter Ebene angetrieben wird, wozu ein wagerechtes Brustholz untergelegt werden muß. Doch ist es sehr schwer, von letzterem die Steife auf das lotrechte, die Bohlen quer deckende Brustholz überzutreiben, da dessen Kante über die des ersteren, das unter der Pressung der Steife steht, etwas vorragt (Abb. 38). Das wagerechte Brustholz aber stärker zu wählen als das lotrechte, empfiehlt sich nicht, weil sonst die Steife bei ihrem Übertritt auf letzteres leicht wieder entspannt wird.

Die genannten Nachteile lassen sich auch ohne weiteres dadurch vermeiden, daß Stirnwände stets mit lotrechten Bohlen verschalt werden, die sich gegen die dicht davor gesetzten und entsprechend gesicherten Steifen legen.

b) Wenn auch die Steifen tunlichst winkelrecht zur Schalwand einzuspannen sind, damit sie nicht nach der Seite abrutschen können, so

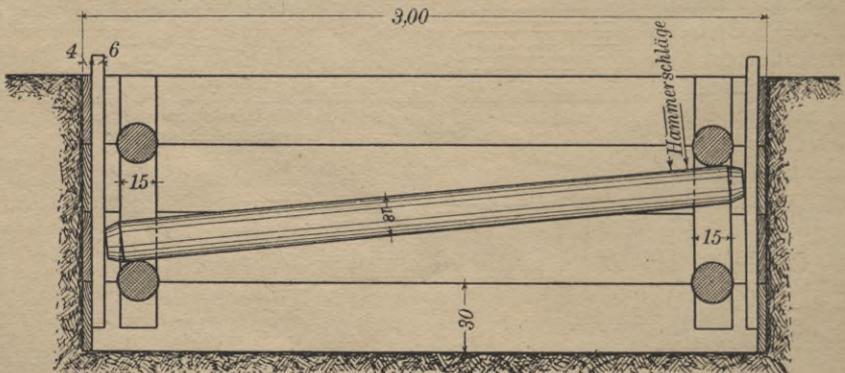


Abb. 37. Lotrechtes Eintreiben sich kreuzender Steifen.

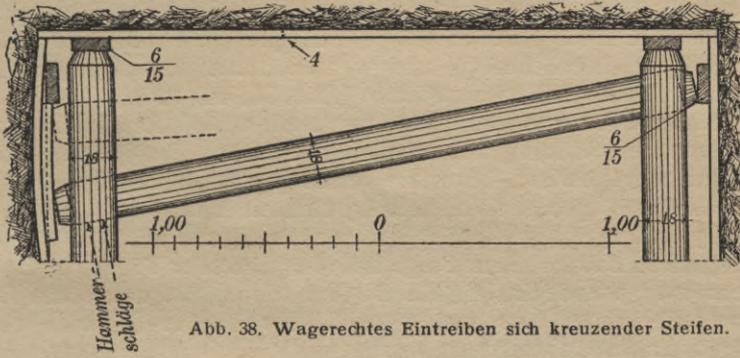
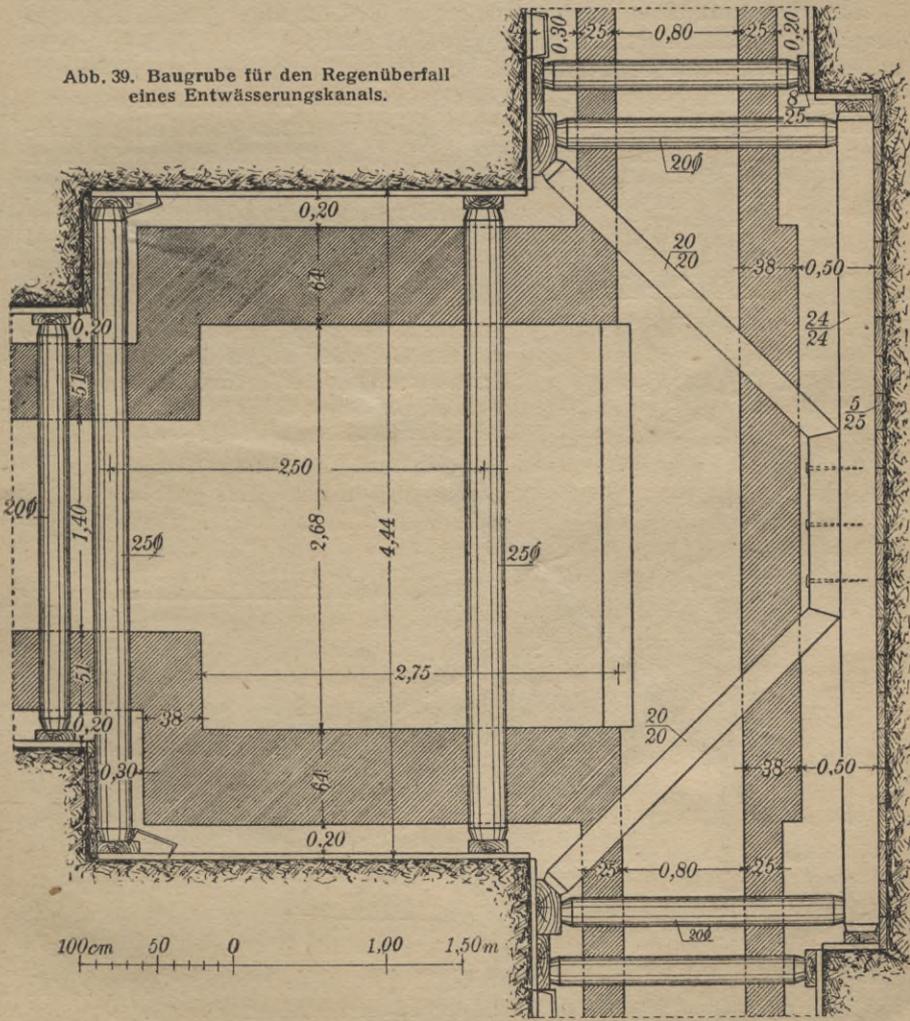


Abb. 39. Baugrube für den Regenüberfall eines Entwässerungskanals.



lassen sich bei sparsamer Ausschachtung hin und wieder Schrägsteifen nicht vermeiden. Doch erhalten dann die entsprechend stärker zu wählenden Bruthölzer eine Schmiege und werden durch vorgeschlagene Bauklammern gegen Verschieben gesichert (Abb. 39, 40, 149).

5. Je mehr die Ausschachtungstiefe zunimmt, desto eher besteht infolge des größeren zur Wirkung kommenden Erddruckes die Gefahr, daß die freigelegte Baugrundwand, bevor sie verschalt und abgesteift ist, einfällt, die obere schon eingebaute Verschalung einseitig nachrutscht, die Steifen sich schräg stellen und schließlich herunterfallen, was natürlich den Einsturz der ganzen Baugrube zur Folge hat. In größerer Tiefe, besonders in losem und wasserhaltigem Boden (Sand), ist daher die Baugrubenwand immer nur auf eine Bohlenbreite (30 cm) abzuschnachten und sofort abzufangen.

Hat sich trotz aller Vorsichtsmaßregeln Boden unter und hinter der bereits eingebauten **Schalwand** losgelöst und ist womöglich letztere auf der einen Seite **nachgerutscht**, so daß die Steifen schräg stehen und jeden Augenblick herunterfallen können, so muß die Verschalung mit größter Vorsicht neu abgefangen werden, um den vollständigen Einsturz der Baugrube zu verhüten. Zu dem Zwecke werden lange Bohlen oder Kanthölzer neben den vorhandenen

Bruthölzern vor die beiden Schalwände lotrecht auf die Baugrubensohle aufgesetzt, die Schalbohlen damit vernagelt und Steifen dazwischen gespannt (Abb. 41).

Zu letzteren werden am besten Schraubsteifen (Abb. 36) wegen des Fortfalls von Erschütterungen bei ihrem Einspannen verwendet, von denen daher immer einige Stück auf jeder Baustelle bereitliegen sollten.

Nachdem die Baugrube auf diese Weise gegen Einsturz gesichert ist, werden die übrigen Steifen wieder waga-

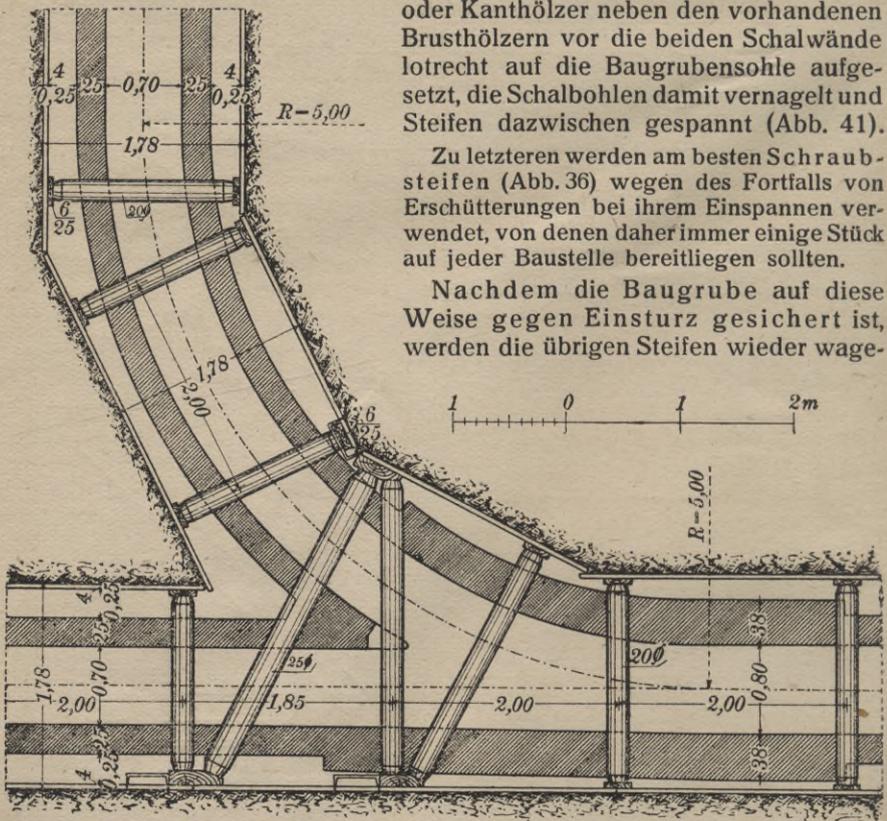


Abb. 40. Baugrube für die Vereinigung zweier Entwässerungskanäle.

recht geschlagen, die in der abgerutschten Wand oben, in der anderen noch unten fehlenden Schalbohlen eingezogen und diese so gut wie möglich hinterfüllt. Da letzteres fast nie in der wünschenswerten Vollkommenheit möglich ist, infolgedessen also bei dem Tieferschachten erneute Rutschungen zu befürchten sind, empfiehlt es sich, die nachträglich eingesetzten lotrechten Hölzer, mit denen die Bohlen vernagelt wurden, an langen, quer über die Baugrube gestreckten Kanthölzern mittels Klammern und unterkeilten Ketten aufzuhängen (Abb. 41).

II. 1. Ist bei breiter Baugrube die **gegenseitige Absteifung der Wände nicht mehr möglich**, so wird, wenn der Boden einigermaßen gut steht und die Baugrube nicht sehr tief (höchstens 2,50 m) ist, die Baugrubenwand stückweise mehr oder weniger lotrecht abgeschachtet. Davor werden **Pfähle** in 2 m Abstand geschlagen, wagerechte Bohlen hinter diese geschoben und bei etwas Böschung gut hinterstopft. Die Pfähle

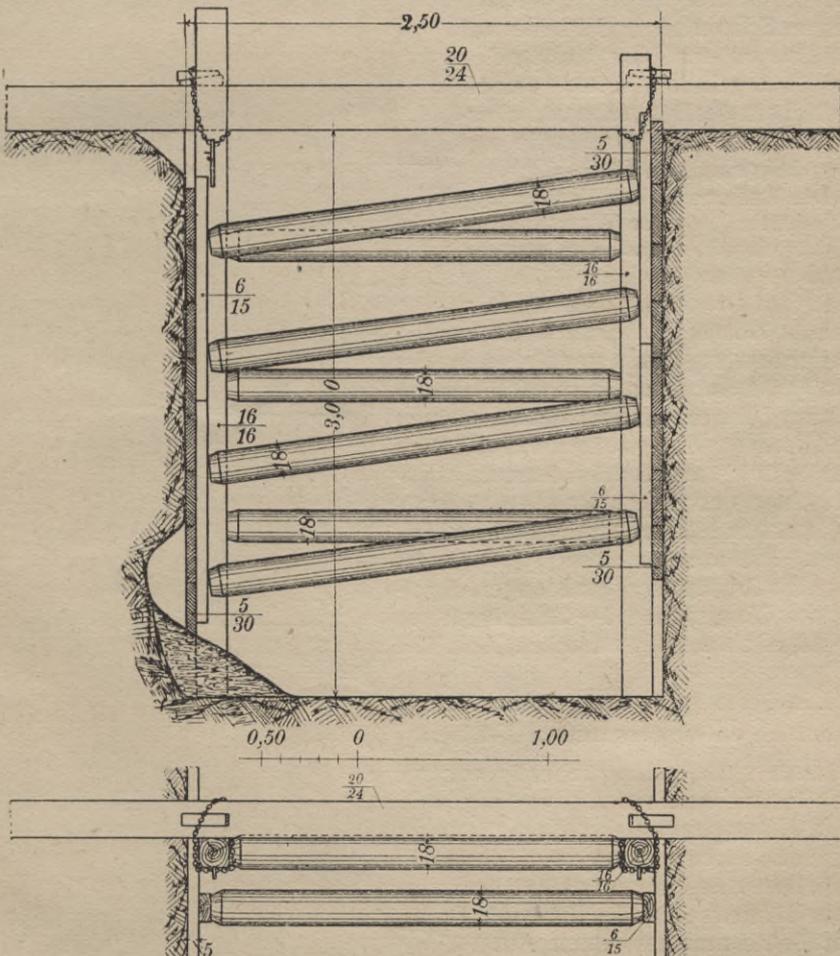
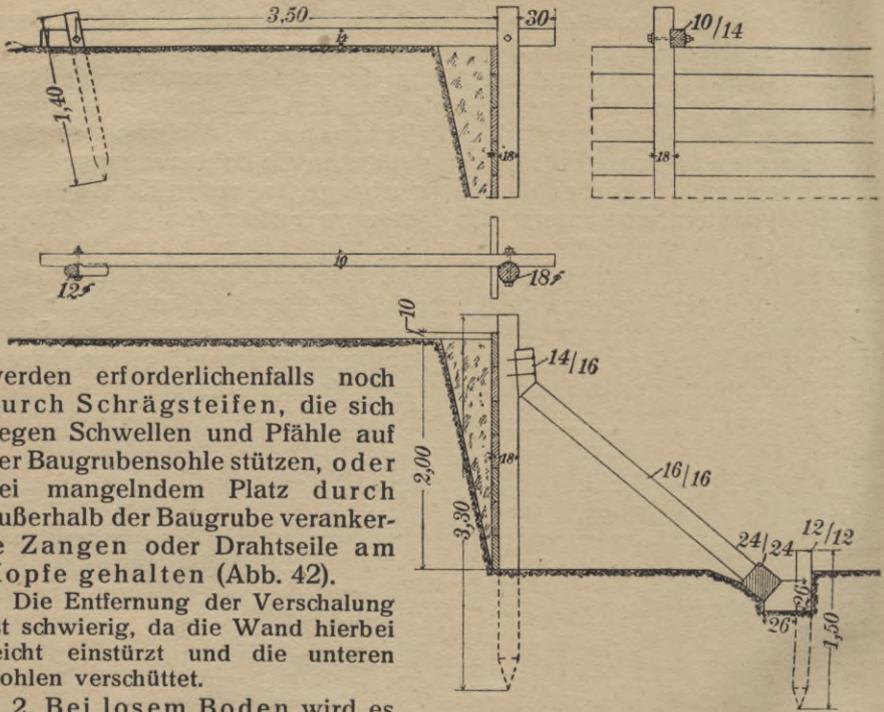


Abb. 41. Abfangen eines gerutschten wagerechten Verbaues.



werden erforderlichenfalls noch durch Schrägsteifen, die sich gegen Schwellen und Pfähle auf der Baugrubensohle stützen, oder bei mangelndem Platz durch außerhalb der Baugrube verankerte Zangen oder Drahtseile am Kopfe gehalten (Abb. 42).

Die Entfernung der Verschalung ist schwierig, da die Wand hierbei leicht einstürzt und die unteren Bohlen verschüttet.

2. Bei losem Boden wird es behufs Absteifung einer freistehenden Baugrubenwand notwendig, von der Baugrubenkante zunächst mit Böschung bis zur Baugrubensohle auszuschachten und dann die Baugrubenwand Stück für Stück um 2 Bohlen lotrecht abzuschachten und durch Bohlen, Brusthölzer und **Schrägsteifen** abzufangen. Mit zunehmender Tiefe ersetzt man die Brusthölzer durch längere Kant-hölzer, die nur durch 1—2 Schrägsteifen gehalten zu werden brauchen (Abb. 43).

β) Die Befestigung wagerechter Schalbohlen an eingerammten I-Eisen

ist zwar teuer, gelangt aber in neuerer Zeit immer mehr zur Anwendung, weil die Steifen ganz entbehrt oder auf wenige beschränkt werden können und damit die Arbeiterschweren, die mit der sonst dem Höherwachsen des Bauwerks Bohle um Bohle anzupassenden Aussteifung und Verfüllung der Baugrube verknüpft sind, fortfallen.

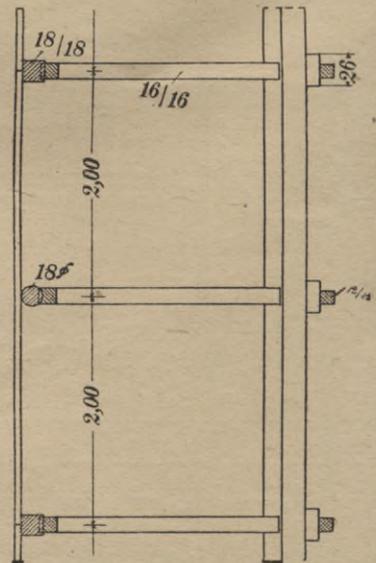


Abb. 42.

Sicherung der wagerechten Schalbohlen einer freistehenden Baugrubenwand durch Pfähle und Schrägsteifen oder Zangen.

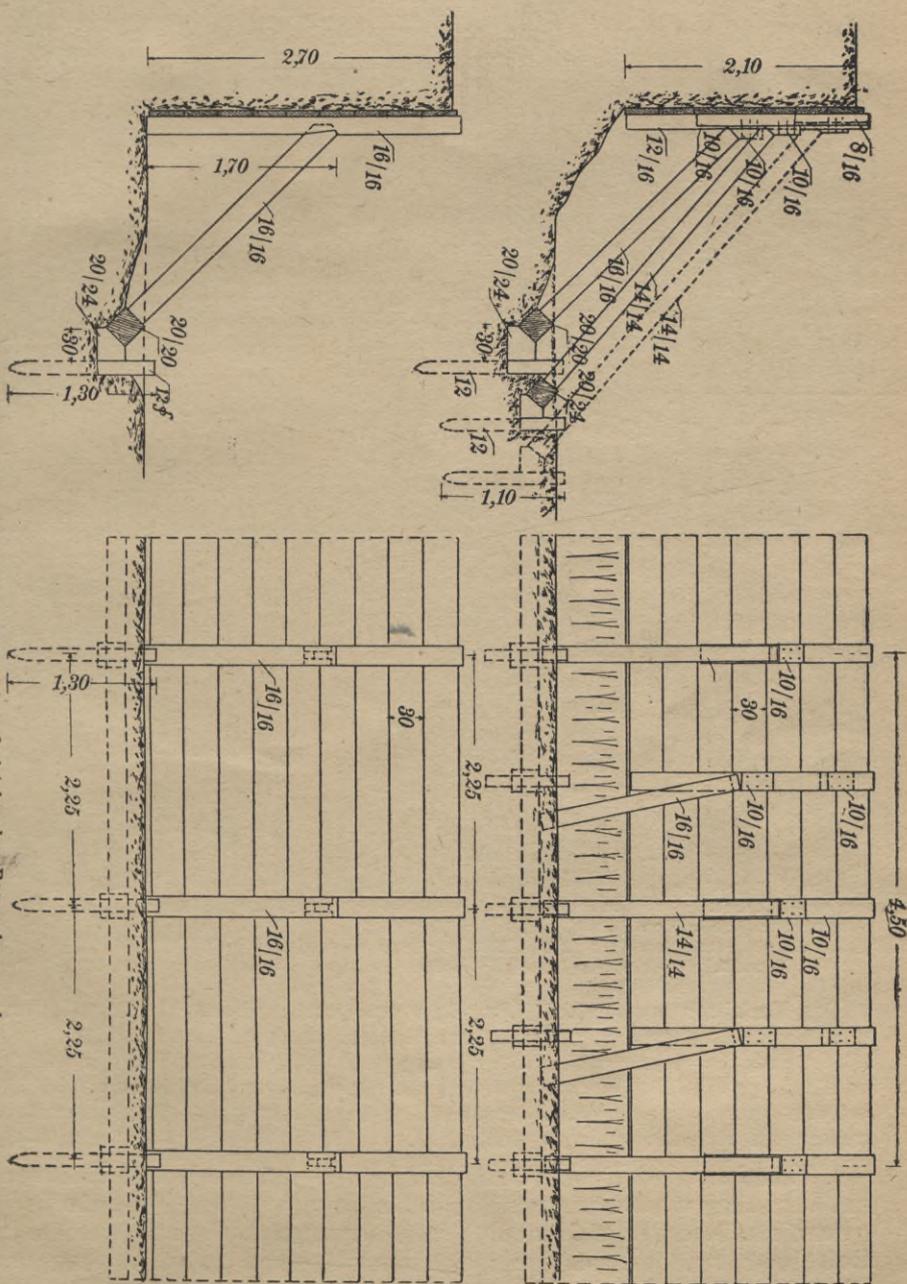


Abb. 43. Absteifung wagerechter Schalbohlen einer freistehenden Baugrubenwand.

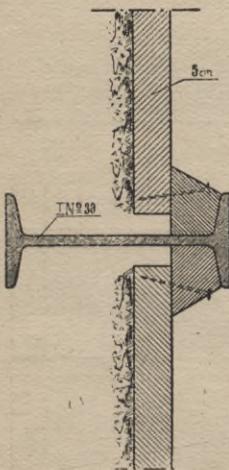
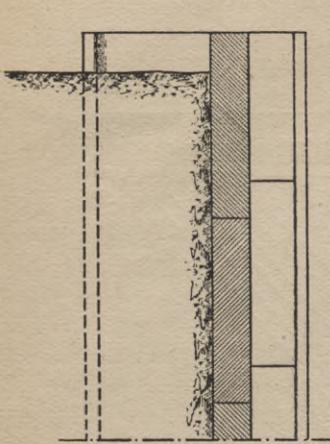


Abb. 44.
Wagerechte Schalbohlen
zwischen eingerammten
I-Eisen.

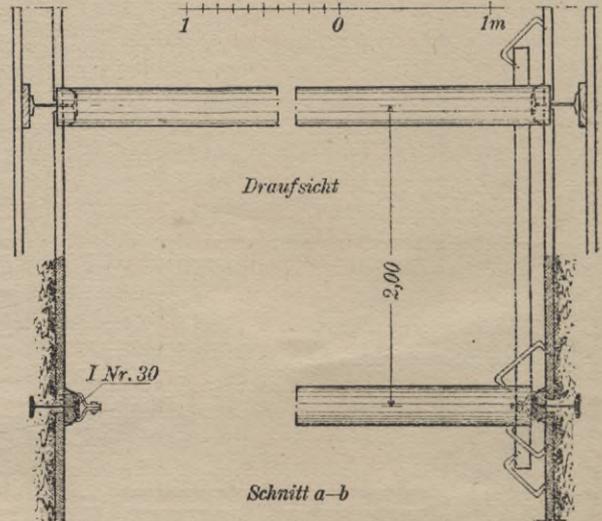
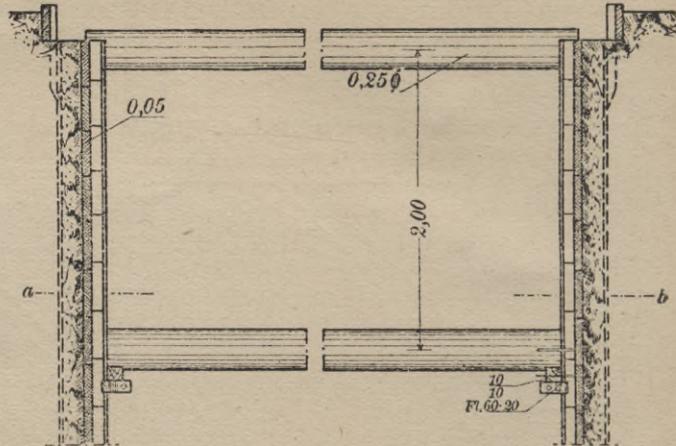


Abb. 45. Absteifung einer Baugrube mit wagerechten Schalbohlen zwischen eingerammten I-Eisen.

Das Verfahren wurde bei dem Bau von Unterpflasterbahnen zuerst eingeführt, ist aber auch bei anderen Bauten, namentlich zur Abstützung freistehender Baugrubenwände an Straßen mit starkem Verkehr beliebt, weil infolge Fortfalls der Schrägsteifen die Baugrube wesentlich eingeschränkt werden kann, ohne durch die sonst nötige Verankerung der Schalwand nach außen den Straßenverkehr zu behindern.

I. Zunächst werden vom Gelände aus in 2—2,5 m Abstand I-Eisen, mit dem Steg winkelrecht zur Baugrubenkante, vollständig in die Erde gerammt. Nachdem auf eine Bohlenbreite ausgeschachtet ist, werden die **Schalbohlen**, deren Länge gleich dem Abstand zwischen Steg und Flanschseite zweier Nachbarträger ist, hinter die inneren Trägerflanschseite geschoben, gegen diese **durch Holzklötze abgekeilt** und

mit den etwas vorstehenden Keilen vernagelt (Abb. 44). Die weiteren Bohlen werden, um ihr Verschieben und ein Klaffen der Fugen zu verhüten, während des Festkeilens mit Bauklammern an die oberen Bohlen angehängt.

1. Werden die **I-Pfähle nicht** durch Steifen oder Streben **abgefangen**, so müssen sie ungefähr so tief unter die Bausohle reichen, wie sie nach der Ausschachtung freistehen, und müssen dem ganzen Erddruck entsprechend stark gewählt werden.

2. Bei dem Bau von Unterpflastersteinen werden die **I-Eisen**, um sie nicht zu stark wählen und nicht allzu tief unter die Baugrubensohle schlagen zu müssen, am Kopf und bei großer Baugrubentiefe auch noch zwischen Gelände und Sohle gegeneinander **abgesteift**.

Die Steifen werden gegen Abrutschen dadurch gesichert, daß sie aufgeblattet und beiderseits durch eingeschlagene Bauklammern gehalten werden. Zur Unterstützung der Zwischensteifen dienen schwache Rahmhölzer, die ihrerseits auf schellenartig verbundenen Haken ruhen, die vorher einzeln hinter den Trägerflansch in die Holzkeile getrieben wurden (Abb. 45).

3. Das **Entfernen der Schalung** erfolgt, und zwar unabhängig vom Fortschritt des Bauwerks, wenn ein Arbeitsraum von wenigstens 60 cm Breite zwischen diesem und Schalwand gelassen ist, Bohle um Bohle, woran die Verfüllung jedesmal sofort anzuschließen ist. Die **I-Eisen** können erst, wenn die Baugrube bis zum Gelände zugefüllt ist, wieder herausgezogen werden.

II. 1. Wird an die Schalung anbetoniert, so muß diese in der Erde stecken bleiben. Um in diesem Falle die **I-Eisen** wiedergewinnen zu können, empfiehlt es sich, die **Bohlen vor die Flansche** zu setzen und mit drehbaren **Hakenbolzen** an diese anzuklemmen (Abb. 46).

Damit die Haken bei dem Anziehen der Mutter nicht wieder von dem Flansch abrutschen, muß währenddessen das vorstehende Bolzenende mit einer Rohrzanze festgehalten werden.

2. Auf etwas andere Weise, als vorerwähnt, befestigt Römermann-Bremen 4—5 m lange Schalbohlen an den eingerammten **I-Eisen**. Zwischen je zwei Bohlen greifen zwei scherenartig verbundene **Hakenklammern** aus Eisenblech um den Trägerflansch. Über das vorstehende Ende der geschlossenen Klammer wird ein entsprechend geschlitztes kurzes **C-Eisen** geschoben und mittels eines durch die Klammer gesteckten Eisenkeiles auf die Bohlen gepreßt (Abb. 47).

Da sich die Klammern unter der einseitigen Belastung der oberen Bohlen fest an den Trägerflansch anklammern, ist ein Abrutschen der Schalwand, selbst wenn sich Hohlräume hinter ihr bilden sollten, nicht zu befürchten.

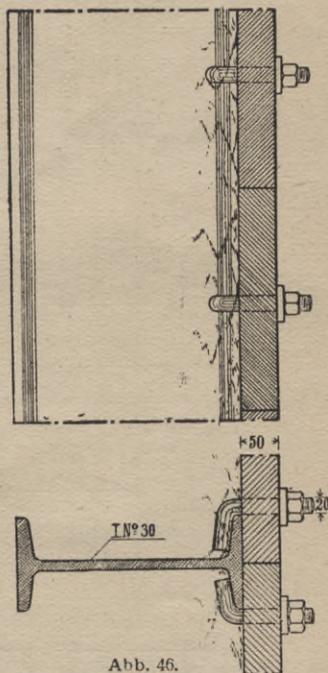


Abb. 46.

Wagerechte Schalbohlen mit Hakensrauben an eingerammte I-Eisen angeklemt.

b) Lotrechter Verbau

kommt zur Anwendung in sehr losem, besonders in wasserhaltigem Boden, wo der Ausschachtung die Verschalung unmittelbar folgen muß.

1. Ist die Baugrube nicht tiefer als 4 m, so werden nach Ausschachtung auf 1—1,50 m die der ganzen Baugrubentiefe entsprechend langen Bohlen lotrecht aufgestellt und durch wagerechte Zangen oder Rahmhölzer und in Abständen von 2 m dazwischen gesetzte Steifen

am unteren Ende und in Geländehöhe an die Baugrubenwand gepreßt. Der weiteren Ausschachtung unmittelbar folgend werden dann die Bohlen einzeln mit einem Holzhammer tiefer getrieben und in lotrechten Abständen von 1—1,50 m mittels weiterer Zangen oder Rahmhölzer und Steifen gegeneinander abgespreizt (Abb. 148).

Die Schalbohlen sind 4—6 cm stark, ihr Hirnende wird zum Schutze gegen die Hammerschläge mit Bandeseisen übernagelt (Abb. 48).

Die Zangen bestehen aus 6—10 cm starken Bohlen, die Rahmhölzer aus schwachen Kanthölzern ($1\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{16}$) oder auch aus Rundhölzern (15 bis 20 cm \varnothing). Auf Kant- und Rundhölzer werden die Steifen aufgeblattet, in Ecken mit ihnen überblattet, so daß die letzte Steife vor der Stirnwand in dem Ausschnitt der Rahmhölzer Halt findet und selbst als Rahmholz der Stirnwand zur Wirkung kommt (Abb. 53, 148).

2. Bei Baugrubentiefen über 4 m werden 2, 3 und mehr Gefache erforderlich. Um hierbei die Baugrube nicht in jedem oberen Gefache verbreitern zu müssen, wird die Baugrubenwand etwas unterschritten (Abb. 49, 53).

Gewöhnlich werden 2—3 m lange Bohlen benutzt, welche in der Mitte durch Bohlenzangen,

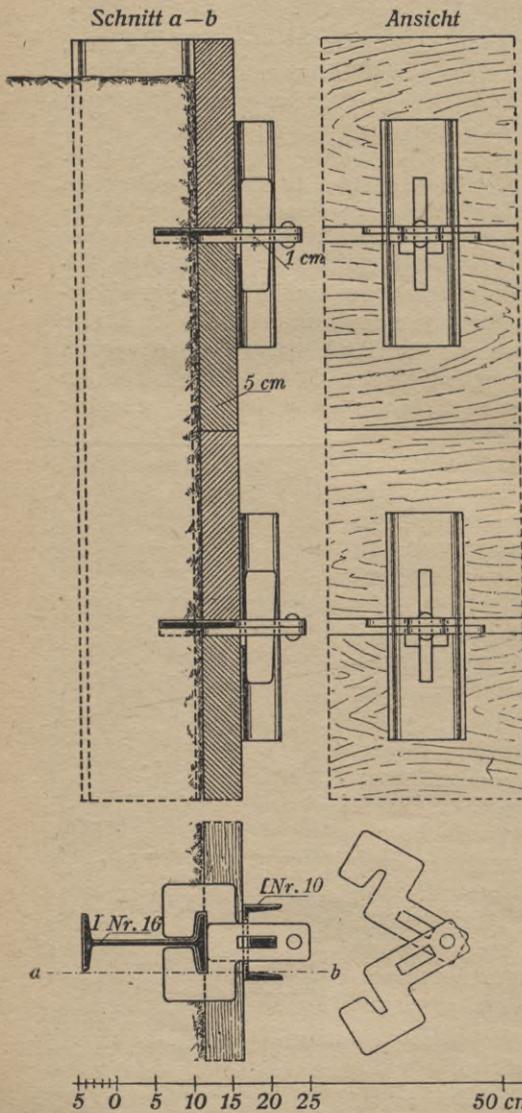


Abb. 47. Befestigung wagerechter Schalbohlen an eingerammten I-Eisen nach Römermann-Bremen.

am oberen und unteren Ende durch Rahmhölzer abgefangen werden, die ihrerseits durch Steifen gegeneinander abgespreizt werden (Abb. 49).

Die mittleren Steifen lassen es nicht zu, die Bohlen der unteren Gefache durchlaufend anzusetzen. Es müssen daher zuerst die zwischen zwei lotrechten Steifenreihen angesetzten Bohlen bis unter die mittleren Steifen eingeschlagen, sodann diese etwas zurückgetrieben und hierauf die folgenden Bohlen bis zur nächsten Steifenreihe eingesetzt werden.

Da an der Stirn der Ausschachtung der Boden abgeböschet werden muß, damit nicht im folgenden Feld der Boden unterhalb der Verschalung nachstürzt, ist das Eintreiben der vordersten Bohlen sehr erschwert. Infolgedessen wird es manchmal vorgezogen, die unter den Steifen zwischen den Bohlen regelrechter Länge verbleibende Lücke mit zwei kürzeren Bohlen, die unter den Steifen des oberen Gefaches nacheinander eingesetzt werden können, zu verschalen, um ohne Behinderung durch die oberen Steifen die Bohlen in ganz allmählich auslaufender Staffelung eintreiben zu können.

Nach Fertigstellung zweier Gefache werden die Steifen am Stoß durch eingetriebene Keile stramm verspannt (Abb. 49, 53).

3. In sehr schlecht stehendem, insbesondere in wasserhaltigem Boden müssen die **Rahmhölzer aufgehängt** werden, damit bei etwa eintretenden Rutschungen die Rahmhölzer und Steifen nicht herunterfallen und die Baugrube einstürzt (Abb. 49, 53). In diesem Falle wählt man die Bohlen des obersten Gefaches zweckmäßig 30—40 cm länger als die der unteren und läßt sie um dieses Maß über die Baugrubenkante überstehen. Die in den lotrechten Ebenen der Steifen sitzenden Bohlen müssen jedoch mit dem Gelände abschneiden oder einen entsprechenden Ausschnitt erhalten, damit lange Kanthölzer quer über die Baugrube gelegt werden können, die zur Unterstützung der obersten Rahmhölzer dienen. An letzteren werden nun die folgenden Rahmhölzer mittels Flacheisen, deren Enden umgebogen sind, aufgehängt und an diesen die weiteren auf gleiche Weise (Abb. 49, 53).

4. Die Steifen, Rahmhölzer und Zangen werden dem Höherwachsen des Bauwerks und der Verfüllung entsprechend wieder herausgenommen, die **Bohlen** aber erst nach vollständiger Verfüllung mit einem Wuchtebaum (vgl. Abb. 193) oder einer Bohlenwinde (Abb. 50) **herausgezogen**, wobei der Boden gut nachzustopfen ist.

Arbeit und Materialverschleiß ist bei dem lotrechten Verbau größer als bei dem wagerechten mit Absteifung, daher ist ersterer nur dann anzuwenden, wenn es infolge schlechter Bodenbeschaffenheit unbedingt notwendig ist.

c) Stollenbau.

I. Bauwerke, die nicht bis zum Gelände hochgeführt werden, wie geschlossene Leitungen zur Wasserabführung, Untergrundbahnen, werden bei größerer Tiefe (etwa von 8 m ab) zweckmäßig nicht in offener Baugrube, sondern in unterirdischem **Stollen** hergestellt. In den sehr verkehrsreichen Straßen der Großstädte kommt diese Ausführungs-

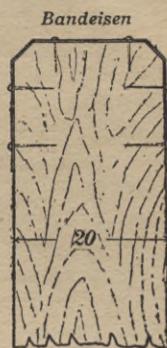


Abb. 48.
Lotrechte Schalbohle, mit Bandeisen übernagelt.

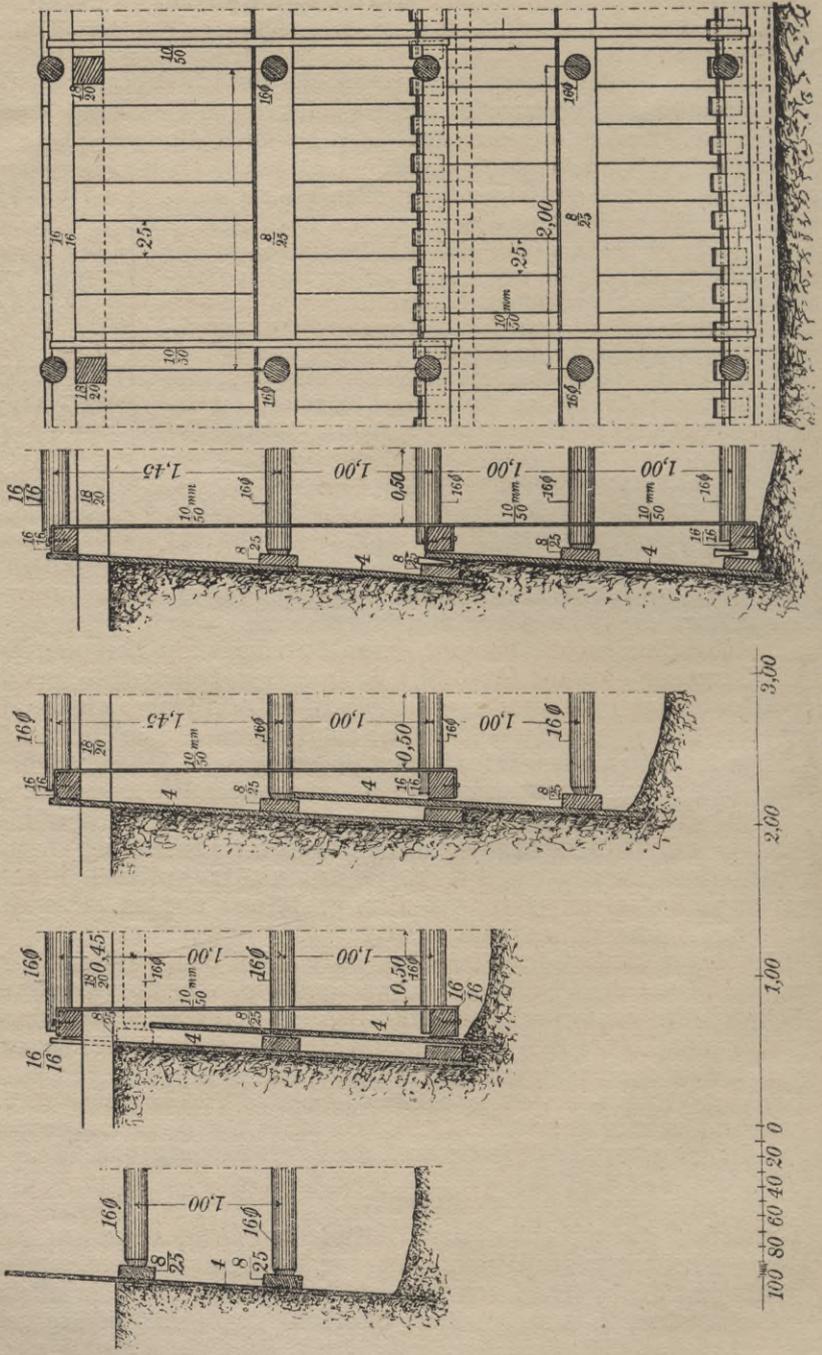


Abb. 49. Lotrechter Verbau einer Baugrube.

weise auch schon für geringere Tiefen in Betracht, wenn eine Umleitung und Einschränkung des Verkehrs während des Baues nicht möglich ist.

1. Die Bauart der Stollen entstammt dem Bergbau. In losem Boden (bergmännisch: „rolligem Gebirge“), wie er bei Tiefbauten meistens vorkommen dürfte, wird die **Getriebezimmerung** (Abb. 51) angewendet.

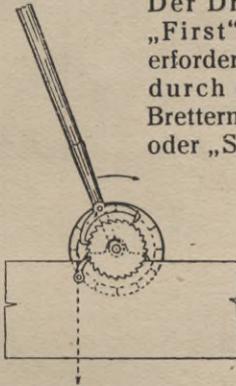
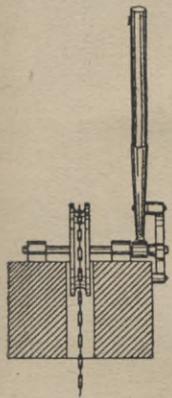


Abb. 50. Bohlenwinde.

Der Druck des Gebirges wird in der „First“ und in den „Seitenstößen“, erforderlichenfalls auch in der „Sohle“ durch eine Verschalung („Verzug“) aus Brettern („Pfählen“) auf „Türstöcke“ oder „Stollenzimmer“, welche in etwa 1 m Abstand aufgestellt sind, übertragen.

Der Türstock besteht aus „Schwelle“, zwei „Stempeln“ und „Kappe“. Die Verbindung der Schwelle und Kappe mit den Stempeln erfolgt durch Verblattung, diesog. „Türstockverbindung“ (Abb. 51). Gegen Verschiebung in der Stollenrichtung

sind die Türstöcke an den Ecken durch dazwischen gespannte „Sprengbolzen“ gesichert.

Die Pfähle sind schräg nach außen (mit „Pfändung“) angesetzt, um das Anstecken und Vortreiben der Pfähle des folgenden Feldes zu erleichtern und das Einhalten des vorgesehenen Stollenquerschnitts weiterhin zu ermöglichen. Die Pfähle erhalten deshalb eine einseitige, nach außen zugeschärfte Schneide; die Eckpfähle sind trapezförmig zugeschnitten.

Die Pfändung wird durch ein quer unter die Pfähle fassendes Brett, das „Pfundblatt“, und dieses abspreizende „Pfundkeile“ bewirkt.

Die Stim, das „Ort“, erhält einen Verzug aus wagerechten „Zumachebrettern“, die mit lotrechten „Anlegehölzern“ abgefangen und gegen das Ortszimmer abgekeilt werden (Abb. 51).

2. Bei dem **Vortrieb des Stollens** werden zunächst die Eckpfähle der First und der Seitenstöße, nachdem entsprechende Schlitze aus dem Ortsverzug ausgestemmt sind, angesteckt und 15—30 cm vorgetrieben, hierauf nacheinander die übrigen Firstpfähle. Sodann wird das oberste Zumachebrett herausgenommen, das Gebirge auf dessen Höhe weggeräumt, ein neues Zumachebrett gegen das vorgetriebene Ort gesetzt und durch Sprengbolzen gegen das Ansteckzimmer abgespreizt. In gleicher Weise wird der Seitenverzug und nachfolgend der Ortsverzug Brett um Brett vorgetrieben. Bei sehr mildem (schwimmendem) Gebirge muß auch die Stufe vor Ort jedesmal mit „Stufenbrettern“ abgedeckt und gegen den Firstverzug abgebolzt werden, damit das Emporquellen des Gebirges verhindert wird (Abb. 51).

Ist das ganze Ort vorgetrieben, so wird der weitere Vortrieb wieder an den Ecken des First- und Seitenverzuges begonnen.

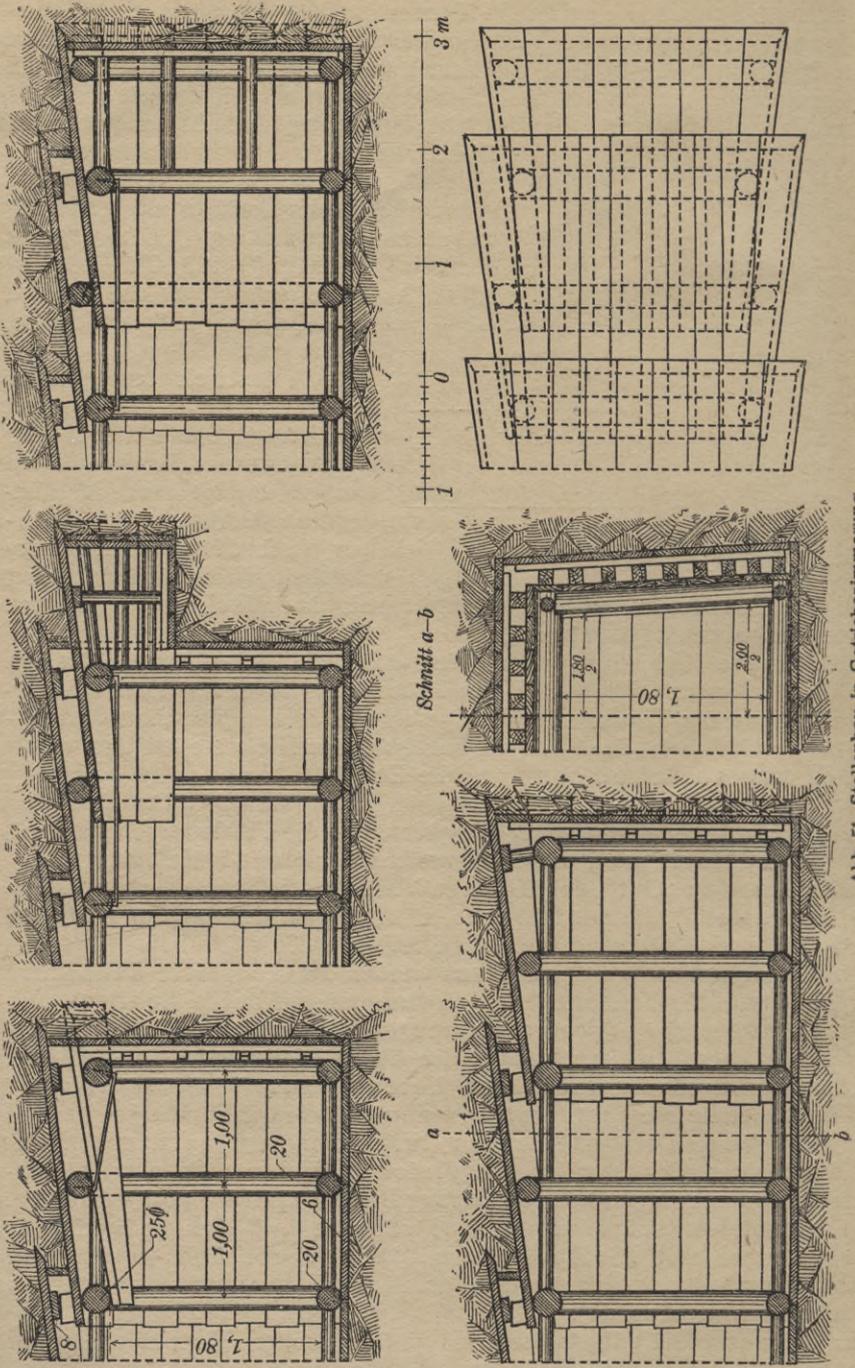


Abb. 51. Stollenbau in Getriebezimmerung.

Hat der Ortsstoß auf diese Weise allmählich die Länge eines halben Pfahles (rd. 1 m) erreicht, so wird ein größerer „Hilfs-türstock“ oder „Mittelgevier“ zur Abstützung des Verzuges eingebaut und hierauf der Vortrieb fortgesetzt (Abb. 51).

Da während des Vortriebes das Ansteckzimmer nicht durch Sprengbolzen gegen die übrigen abgestützt werden kann, so muß dies durch eingeschlagene lange eiserne Klammern geschehen (Abb. 51).

Sehr wichtig ist ein guter „Versatz“, d. i. die Ausfüllung etwaiger Hohlräume hinter den Pfählen mit Gebirge, damit nachträglich keine die Zimmerung gefährdenden Rutschungen entstehen können.

3. Die **Wiedergewinnung der Zimmerung** nach Fertigstellung des Bauwerks und die vollständige Wiederausfüllung der verbleibenden Hohlräume ist sehr schwierig, so daß bei losem Boden Senkungen oberhalb kaum zu vermeiden sind. Diese sind aber in bebauten Straßen der Häuser wegen sehr bedenklich.

Es wird daher bei Bauten in der Stadt meistens vorgezogen, die Zimmerung in der Erde zu lassen und das Bauwerk dicht an sie anzuschließen, so daß keine schädlichen Hohlräume verbleiben. Doch wird man dann, um an Aushub, Zimmerung und Baumaterial zu sparen, den Stollenquerschnitt tunlichst einschränken und dem Querschnitt des Bauwerks so weit als möglich anpassen. Dies wird am besten erreicht durch Verwendung gebogener kleiner Formeisen an Stelle der Türstöcke (Abb. 52).

II. Stollen werden, falls sie nicht an einem Berghang ausmünden, im Stadtgebiet also in der Regel, von lotrechten („saigeren“) **Schächten** aus in Angriff genommen. Der Abstand zwischen je zwei Schächten wird auf 50—100 m bemessen, um gleichzeitig mehrere „Strecken“ vor-

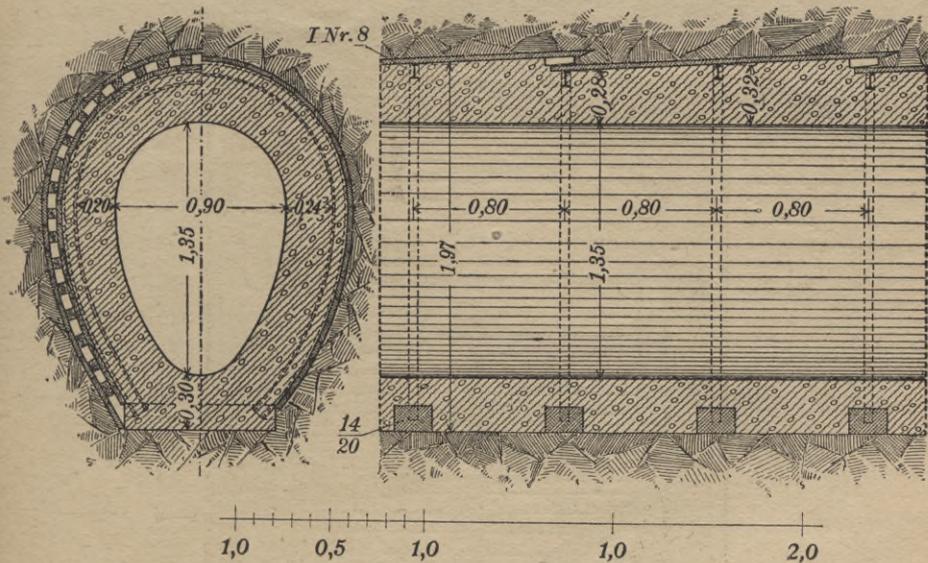
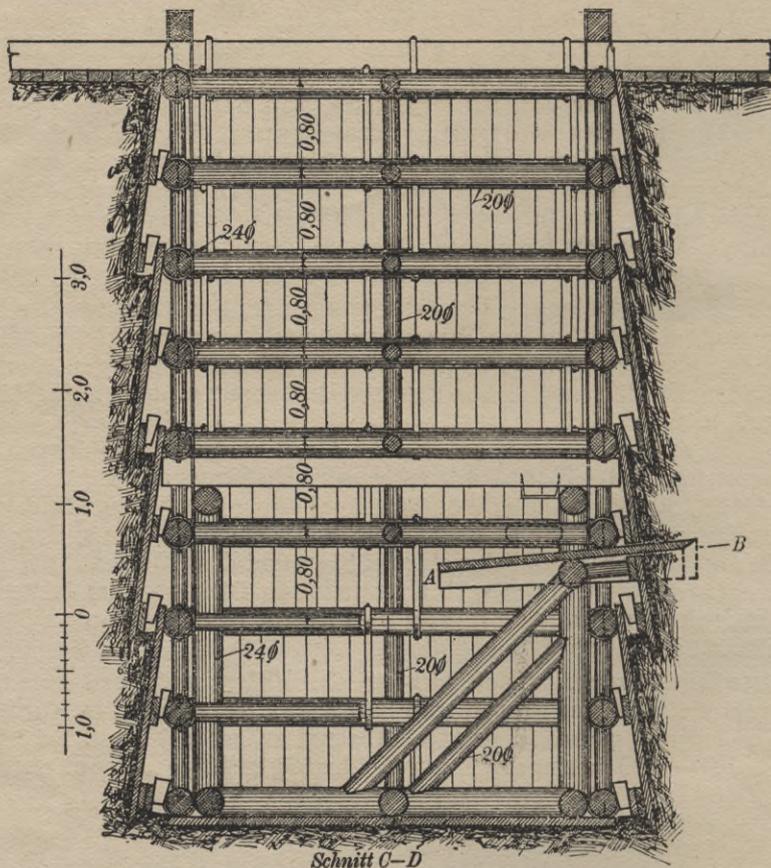
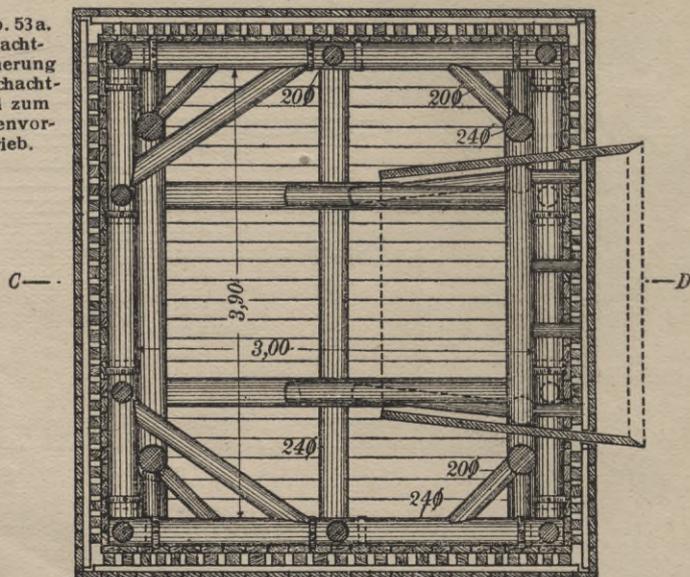


Abb. 52. Stollenausbau in Eisen.



Schnitt C-D

Abb. 53a.
Schacht-
zimmerung
mit Schacht-
stuhl zum
Stollenvor-
trieb.



Schnitt A-B

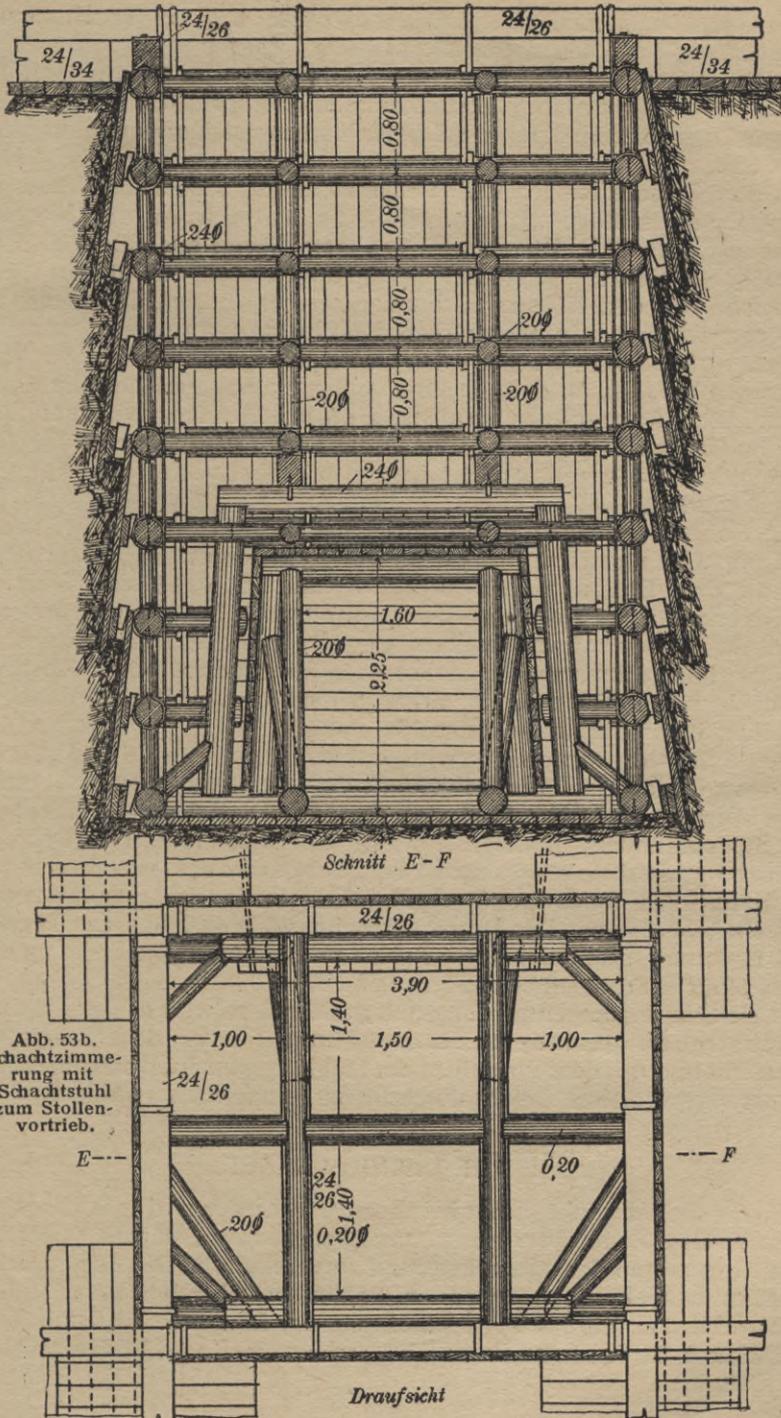


Abb. 53b.
Schachtzimmerung
mit
Schachtstuhl
zum Stollen-
vortrieb.

treiben zu können und so die Dauer der nur langsam fortschreitenden Arbeit „unter Tage“ abzukürzen.

1. Die „**Abteufung**“ des Schachtes erfolgt in losem Gebirge mit Hilfe der Getriebezimmerung; dabei müssen aber die „Schachtgeviere“ aufgehängt werden, damit sie nicht abrutschen und herunterfallen können (Abb. 53).

Zu dem Zwecke werden nach Verzimmerung des obersten Stoßes weit übergreifende, kräftige „Rüstbäume“ zu Tage über die Schachtgeviere gestreckt. Hieran wird das erste Gevier mit lotrechten Flacheisen, deren Enden entsprechend umgebogen sind und durch kräftige Schrauben mit den Hölzern verbunden werden, befestigt. Die weiteren Geviere werden mit ebensolchen Flacheisen aneinander aufgehängt, außerdem aber noch durch Bolzen gegeneinander abgesprengt (Abb. 53), so daß die Zimmerung ein unverschiebliches Ganzes bildet. Die „Ansteckgeviere“ und „Mittelgeviere“ müssen daher auch im Gegensatz zur Stollenzimmerung genau gleich groß über Tage abgebunden sowie wagerecht und fluchtrecht übereinander eingebaut werden.

Die Schachtgeviere, deren Hölzer bei Rechteckform nach „Jochen“ der Langseiten und „Kappen“ der kürzeren Seiten unterschieden werden, sind in den Ecken zu überblatten und bei größeren Schacht-abmessungen noch durch „Einstriche“ (Abb. 53), deren Enden für Rundholz „ausgeschart“ werden, gegeneinander abzubolzen.

2. Die Inangriffnahme des Stollenvortriebs erfordert vorher besondere Maßnahmen zur Sicherung der Schachtzimmerung, weil diese dabei zum Teil ihre Stütze auf der Schachtsohle einbüßt.

Die Schachtzimmerung wird daher knapp über der First des Stollens durch einen „Schachtstuhl“, der den Stollenquerschnitt freiläßt, abfangen. Nach Abb. 53 dienen dazu zwei, vor den gegenüberliegenden Stollenmündungen aufgestellte, größere Türstöcke. Der Druck der Zimmerung oberhalb wird durch zwei „Tragstempel“ aus Kantholz auf ihre Kappe und durch ihre Stempel auf die in der Schachtsohle verlegte Schwelle übertragen. Der Druck der Seitenstöße in Höhe der Türstöcke wird in deren Flucht durch kurze Bolzen und in diagonaler Richtung durch etwas längere Schubstreben aufgenommen.

Ist die Schachtzimmerung dergestalt gesichert, so wird das erste durch Schubstreben gesicherte Stollenzimmer unter dem Schachtstuhl aufgestellt und mit dem Vortreiben der Pfähle begonnen, wozu die Schachtzimmerung jetzt ohne Gefahr durchstemmt werden kann (Abb. 53).

II. Im Grundwasser

wird die die Baugrube umschließende Wand vor der Ausschachtung in die Erde getrieben, um jegliches Nachstürzen von Boden beim Abschachten der Baugrubenwand zu verhindern. Die Fugen der gewöhnlich aus einzelnen lotrechten Bohlen bestehenden Wand müssen dicht schließen, um nach Ausschachtung der Baugrube ein Durchfließen von Wasser und namentlich ein Durchschwemmen von Boden möglichst zu verhindern.

1. Parallele **Wände** schmalerer Baugruben werden mit dem Tieferschachten in lotrechten Abständen von 1—1,50 m mittels wagerechter Zangen und Steifen gegeneinander **abgespreizt**. Doch sollen die Wände wenigstens noch mit einem Drittel ihrer ganzen Länge unter die Baugrubensohle reichen (Abb. 111, 132).

2. **Wände**, die infolge großer Baugrubenbreite nicht abgesteift werden können, müssen dagegen nach beendeter Ausschachtung noch mindestens zur Hälfte im Boden stehen. Außerdem ist ihr oberer Rand beiderseits **mit Zangen** [$16/16$ — $20/20$] (Abb. 54, 55, 99, 102, 118—120, 122, 131, 143, 145, 146, 218, 222, 227—230) oder **┌-Eisen** (Abb. 92a, 131), die an einzelne Bohlen der Wand angeschraubt werden, zu besäumen, um die ganze Wand zusammenzuhalten und das Ausbrechen einzelner Bohlen zu verhindern.

Die Zangenstöße werden an beiden Seiten gegeneinander versetzt, die Zangen an den Ecken entweder durch eiserne, im Winkel gebogene Laschen und Bolzen miteinander verbunden (Abb. 54, 119, 120, 142, 218, 222, 230) oder auch übereinander hinweggeführt und mit dem Eckpfahl verbolzt (Abb. 55, 102, 143), welche letztere

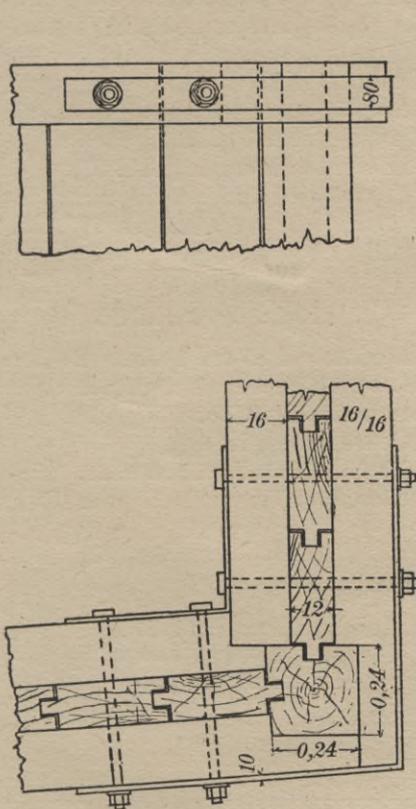


Abb. 54. Eckverbindung von Spundwandzangen durch Laschen.

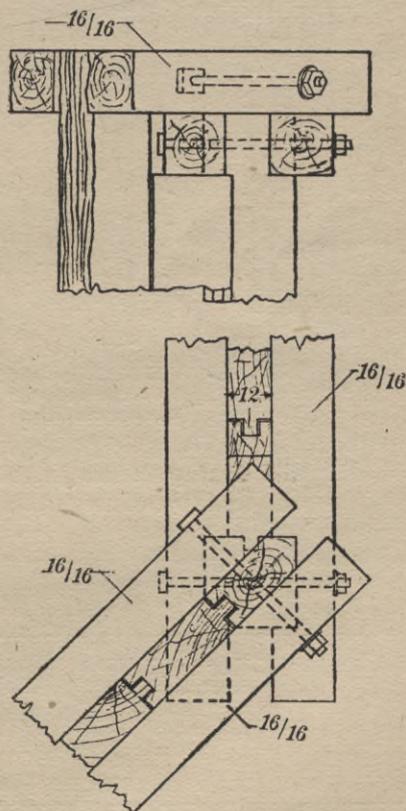


Abb. 55. Verbindung der Spundwandzangen mit einem Eck-Bundpfahl.

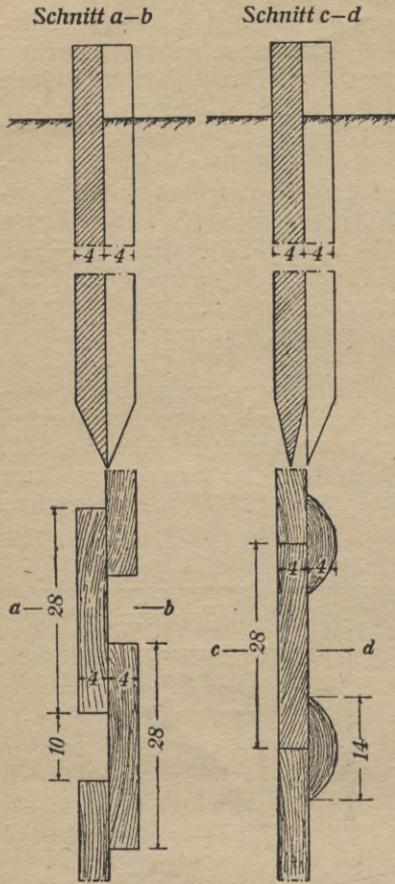


Abb. 56. Einseitig zugeschärfte Stülpwand.

Abb. 57. Stülpwand mit Fugendeckung durch Schwarten.

Verbindung allerdings um die Zangenhöhe längere Bohlen für die eine Wand verlangt.

Ist die Baugrubenwand über dem Grundwasserspiegel verschalt und abgesteift, so muß die einzuschlagende Wand mindestens 20 cm vor die Verschalung gesetzt werden, damit sie der Rammbar, ohne die Verschalung zu streifen, zentrisch treffen kann.

1. Stülpwände

bestehen aus zwei Reihen lotrechter zugeschärfter Bohlen von 4—5 cm Stärke, deren eine die Fugen der anderen deckt.

Entweder werden beide Bohlenreihen gleichzeitig gerammt und in diesem Falle die Bohlen, um nicht voneinander abgedrückt zu werden, einseitig zugeschärft (Abb. 56, 146), oder es werden die Bohlen einer Reihe mit symmetrischer Schneide zuerst gerammt und darauf vor die Fugen Bohlstücke (Schwarten) gesetzt, die einseitig zugeschärft sind, damit sie dicht an die zuerst geschlagenen angedrückt werden können (Abb. 57).

Stülpwände sind, weil sie nicht sehr dicht sind, nur verwendbar für eine Wassertiefe bis 1,50 m.

2. Holzspundwände

aus mindestens 25 cm breiten Bohlen mit Nut und Feder ermöglichen einen dichteren Abschluß der Baugrube.

1. Gebräuchlich ist

die Gratspundung (Abb. 58) für Geröll und groben Kies, die Keilspundung (Abb. 59), selten, für Kies von mittlerem Korn,



Abb. 58. Gratspundung.



Abb. 59. Keilspundung.

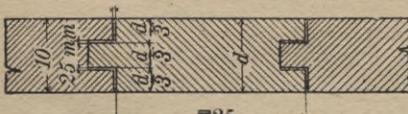


Abb. 60. Quadratspundung.

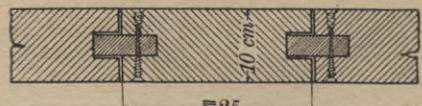


Abb. 61. Spundung mit eingesetzter Feder.

die **Quadratspundung** (Abb. 60) für gleichmäßigen Boden feineren Korns, besonders für Sand.

Je stärker Feder und Nutbacken an der Wurzel sind, desto weniger leicht brechen sie ab, was am ehesten in grobem Boden infolge seitlichen Abtreibens einer Bohle zu befürchten ist, desto weniger dicht wird aber auch die Spundwand, da der Schluß am Grunde der Nut stattfindet. Doch ist letzteres wiederum in grobem Boden weniger bedenklich, weil es in erster Linie darauf ankommt, das Durchschwemmen von Boden und dadurch drohende Bodenbewegungen hinter der Spundwand, die deren Einsturz zur Folge haben können, zu verhüten.

Vollständige Wasserdichtigkeit einer Spundwand gilt, schon weil sie sich praktisch kaum erzielen läßt, nicht als unbedingtes Erfordernis.

Bei einer Bohlenstärke von 15 cm und darüber dürfte die Quadratspundung für alle Bodenarten vorzuziehen sein.

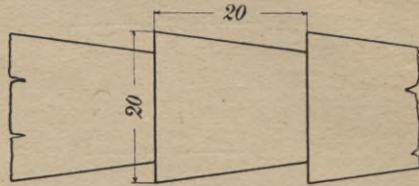


Abb. 62. Pfahlwand.

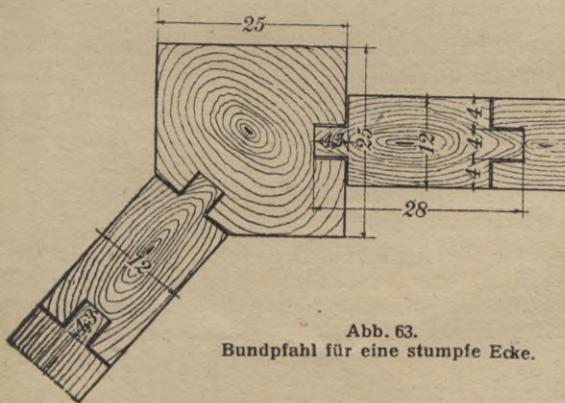


Abb. 63.
Bundpfahl für eine stumpfe Ecke.

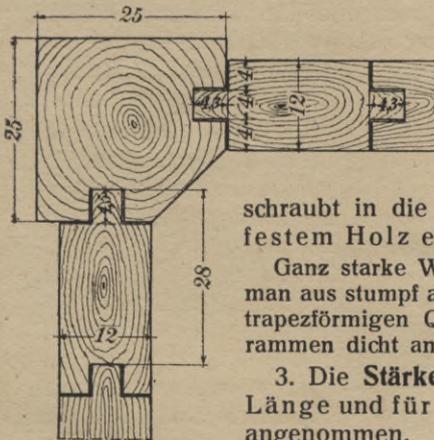


Abb. 64.
Bundpfahl für
Naßbetonierung.

2. Die **Feder** der Quadratspundung soll 2—4 mm höher und 5 mm schmaler sein, als die Nut tief und breit ist, damit beim Rammen die Nut durch die Feder gut ausgeräumt und so ein Auseinandertreiben der Spundbohlen verhindert wird (Abb. 60). Aus demselben Grunde wird die Feder am unteren Ende unter Wegfall der beim Anschärfen der Bohlen entstehenden Schneide etwas unterschritten (Abb. 65—66). Die Stärke der Feder beträgt $\frac{1}{3}$ der Bohlenstärke, die Höhe bei Bohlen bis 15 cm Stärke ebenfalls $\frac{1}{3}$, bei stärkeren Bohlen 5 cm.

Zur Vermeidung des Verlustes an Bohlenbreite nutzt man zuweilen starke Spundbohlen beiderseits und schraubt in die eine Nut eine Feder aus besonders festem Holz ein (Abb. 61).

Ganz starke Wände, sog. Pfahlwände (Abb. 62), macht man aus stumpf aneinander gesetzten Kanthölzern, die einen trapezförmigen Querschnitt erhalten, damit sie beim Eintreiben dicht aneinander getrieben werden.

3. Die **Stärke** der Bohlen wird zu 6 cm für 2 m Länge und für jedes weitere Meter um 2 cm stärker angenommen.

4. **Bundpfähle**, gewöhnlich quadratisch, doppelt so stark und 0,50—1,00 m länger als die Spundbohlen,

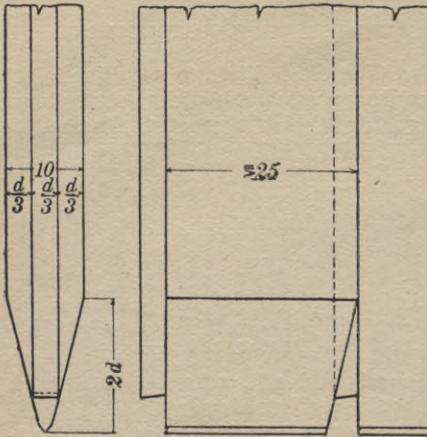


Abb. 65.
Spundbohlenschniede mit Schmiege.

werden erforderlich an den Ecken der Baugrube, sie erhalten beiderseits nur eine Nut. Für spitze und stumpfe Ecken muß eine Schmiege an den Bundpfahl ange schnitten werden (Abb. 63). Die einspringende Kante stumpft man gern ab, falls Beton geschüttet werden soll, weil sich die kleinen Winkel nur schwer dicht ausfüllen lassen (Abb. 64).

Zuweilen werden auch Bundpfähle in gerade Wände zwecks Verstärkung eingesetzt, mit welchen dann vornehmlich die Zangen verbolzt werden.

5. Zu Spundbohlen eignet sich am besten frisches **Kiefernholz**. Trockenes Holz muß vor dem Rammen einige Tage in Wasser

gelegt werden, sonst spaltet es sich leicht; auch wirft sich die Spundwand, wenn das Holz erst nach dem Rammen quillt.

6. Die Spundbohlen erhalten eine **Schniede** und diese eine **Schmiege** (Abb. 65), damit jede Bohle beim Einschlagen an die vorhergehende angedrückt wird. In steinigem Boden empfiehlt sich statt der Schmiege eine schräge Schniede (Abb. 66), um Steine, auf welche die Schniede trifft, leichter beiseite schieben zu können.

In steinigem Boden versieht man die Spundbohlen auch wohl, um ihr Aufspalten und Zersplittern zu verhüten, mit schmiedeeisernen Pfahlschuhen, doch steht der Erfolg kaum im Verhältnis zu den aufgewendeten Kosten; ein Beschlag aus Eisenblech erfüllt meistens denselben Zweck mit geringeren Kosten.

7. In jede Spundbohle ist 30 cm von dem oberen Ende an der Innenseite ein **Stempel** einzubrennen, um nach dem Einrammen feststellen zu können, ob sie auch auf die ganze Länge eingeschlagen und nicht etwa wegen schlechten Ziehens abgeschnitten worden ist.

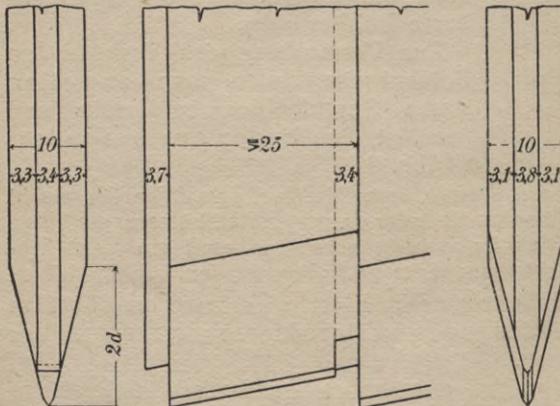


Abb. 66. Schräge Spundbohlenschniede.

8. Die **Bohlenköpfe** werden gegen Zersplittern durch einen eisernen Ring oder ein leicht aufgenageltes Flacheisenstück **geschützt**. Dabei faßt man gern zwei Spundbohlen zusammen, deren Fuge, wenn die Bohlen miteinander verklammert sind, durch Nut und Feder von nur geringer Höhe gedichtet zu sein braucht (Abb. 67).

II. Das **Einrammen der Spundwand** erfolgt, nachdem die Baugrube bis zum Grundwasser ausgeschachtet ist, auf folgende Weise:

1. **Bundpfähle** werden, falls sie vorgesehen, zuerst geschlagen. Beim Einrammen eines Bundpfahls ist zu verhindern, daß er sich mit seiner Nut aus der Richtung der Spundwand dreht. Es geschieht dies durch **Riegel**, die mit dem Pfahl verbolzt sind und die Läuferuten der Ramme umfassen, so daß eine Drehung des Pfahles nur bei gleichzeitigem Herumschwenken des ganzen Rammgerüsts möglich wäre (Abb. 68—69).

Mitunter wird auch ein Pfahl, der Neigung zum Drehen zeigt, im Augenblick des Rammschlages durch einen kurzen Ruck an einem Hebel, der in einer um den Pfahl gewundenen Kette steckt, in seiner Richtung gehalten.

2. Zum Einrammen der Spundbohlen werden auf der Baugrubensohle zwei **Zangen** verlegt und durch Bauklammern oder Schraubenbolzen und Holzstücke in einem Abstand gleich der Spundwandstärke gehalten. Gegen eine Verschiebung im ganzen werden sie durch besondere Pfähle oder durch Verbolzung mit einem vorher geschlagenen Bundpfahl gesichert.

Zwischen den Zangen wird eine Anzahl Spundbohlen, die dabei leicht in den Boden getrieben werden, „Nut voraus“ zu einer Tafel

zusammengesetzt, welche durch Keile zusammengetrieben wird. Die Bohlen werden nun staffelförmig tiefergerammt, damit sie an den benachbarten auf eine möglichst große Länge Führung haben (Abbildung 70). Aus demselben Grunde wird eine weitere Bohlentafel angesetzt, wenn die vorhergehenden Bohlen erst halb eingeschlagen sind. Die

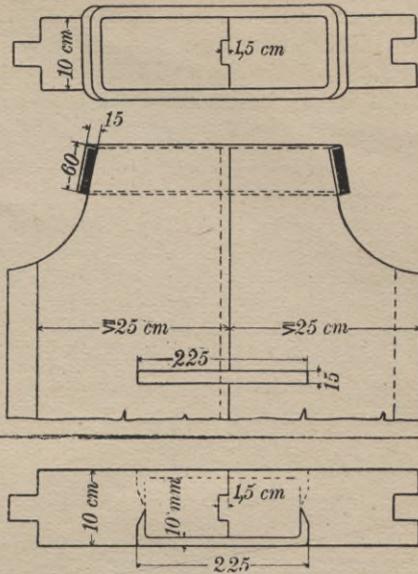


Abb. 67. Schutzring für zwei miteinander verklammerte Spundbohlen.

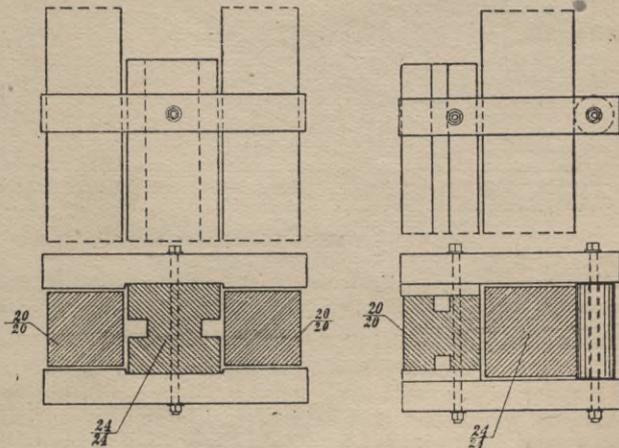


Abb. 68—69. Riegel zur Verhinderung des Drehens von Bundpfählen.

Zangen werden beim Vorziehen an einer bereits vollständig eingeschlagenen Bohle befestigt.

3. Sind die Spundpfähle sehr lang, so werden sie auch wohl noch nach dem oberen Ende zu durch zwei **lose Zangen** zusammengehalten,

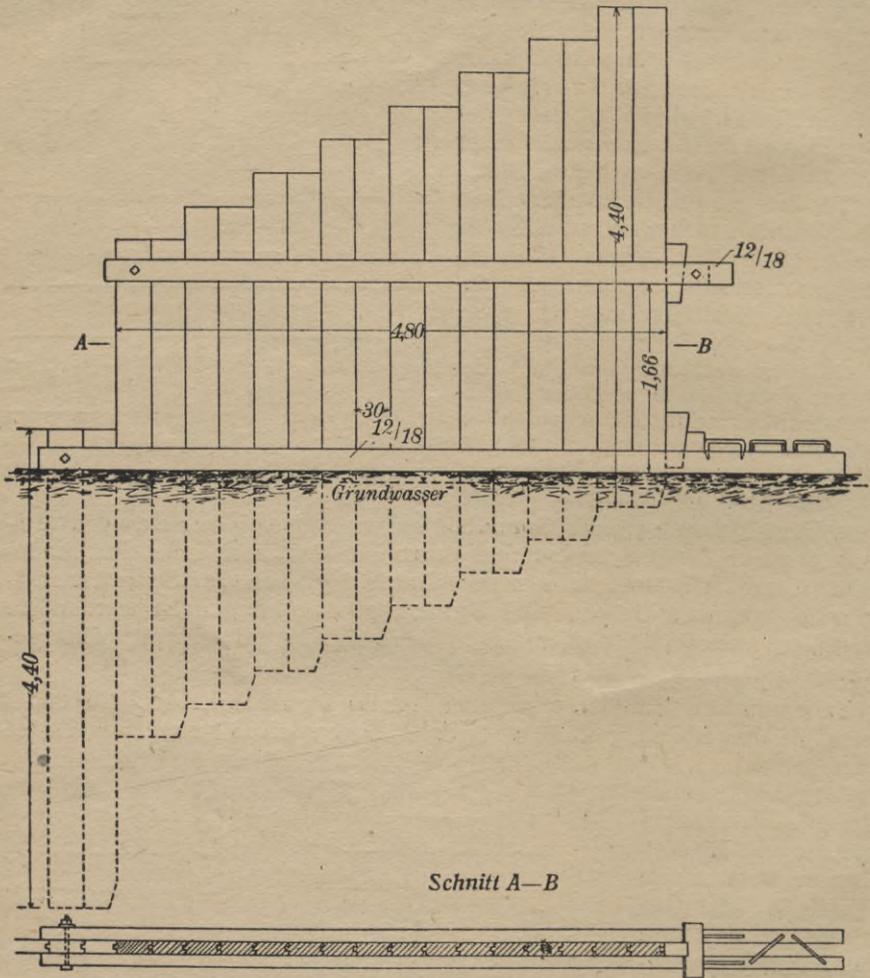


Abb. 70. Einrammen einer Spundwand.

die an dem einen Ende mit einer schon teilweise eingeschlagenen Spundbohle verbolzt sind (Abb. 70). Beim Tieferrahmen dieser sind die Zangen zu lösen. Bolzenlöcher sind mit Holznägeln zu schließen.

In Baugruben, deren Wände oberhalb der Spundwand durch Steifen gegeneinander abgespreizt sind, müssen letztere, um die Spundbohlen ansetzen zu können, umgesetzt und nach dem Einrammen wieder zurückgesetzt werden.

4. Hin und wieder kommt es vor, daß Spundwände gewöhnlicher Art nicht gerammt werden können, weil Hindernisse, die sich nicht vorüber-

gehend beseitigen lassen, wie Rohrleitungen, die Baugrube so tief kreuzen, daß es unmöglich ist, unter ihnen die Spundbohlen anzusetzen. Man schaltet dann ein sog. **Schütz** (Abb. 71) ein.

Zu beiden Seiten des Hindernisses werden Bundpfähle, an die später die Spundbohlen angeschlossen werden, gesetzt, Flacheisen an sie angeschraubt und die Bundpfähle ganz gleichmäßig, damit die Schrauben ja nicht abgeschert werden, tiefer gerammt. Entsprechend dem Eindringen in den Boden werden immer weitere Flacheisen angeschraubt, bis die Eisentafel die vorgesehene Tiefe erreicht hat.

Bei sehr feinsandigem Untergrund (Triebsand) empfiehlt es sich, die Fugen zwischen zwei Flacheisen durch einen dazwischengeklebten Gummistreifen abzudichten (Abb. 71).

5. Ist eine Spundwand im offenen Wasser zu rammen, so werden die Zangen entweder an zwei vorher geschlagenen Bundpfählen oder besonderen **Leitpfählen** zu beiden Seiten der Spundwand befestigt. Letztere werden gern schräg gesetzt, um nicht den Boden unter der Spundwand zu sehr zu verdichten und dadurch ihr Einrammen zu erschweren (Abb. 72).

III. Zum Eintreiben der Pfähle dienen **Rammen**.

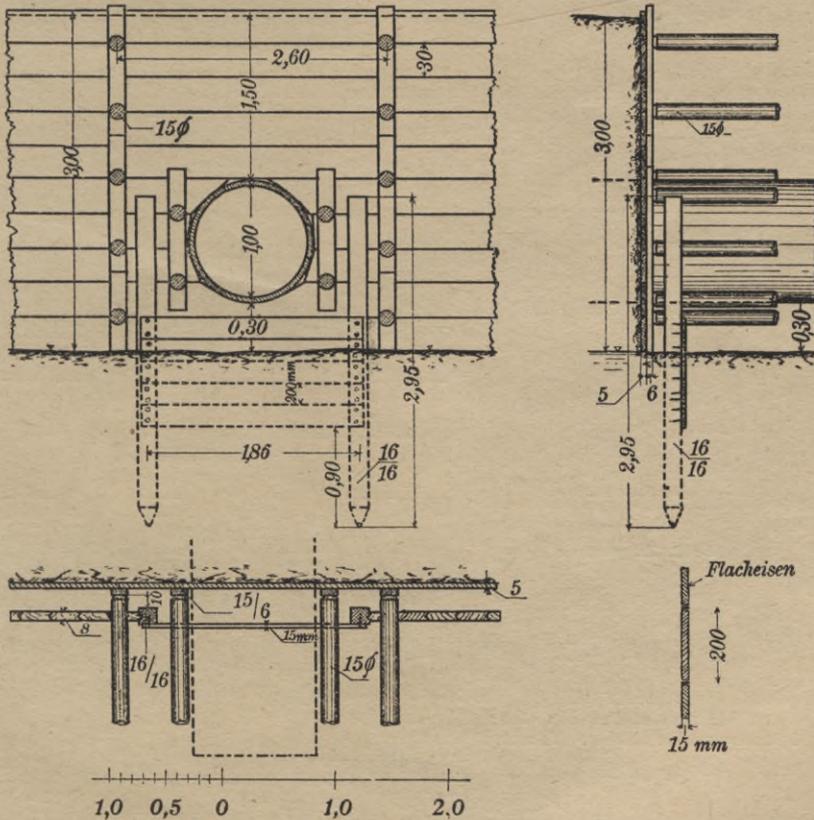


Abb. 71. Spundwandschütz aus Flacheisen.

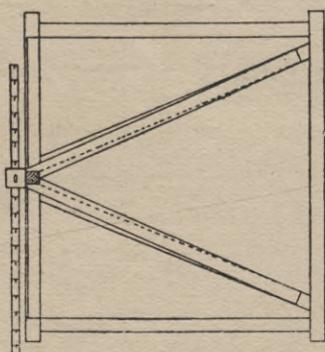
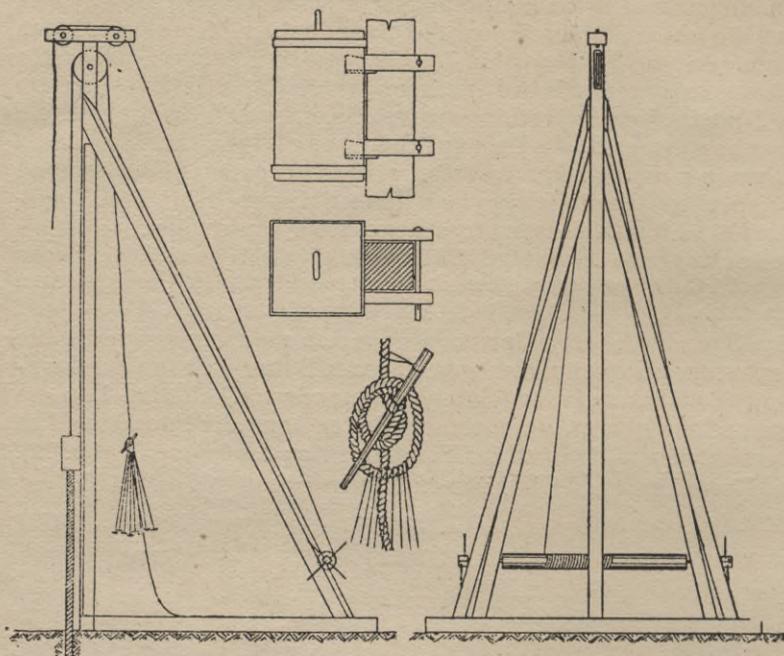
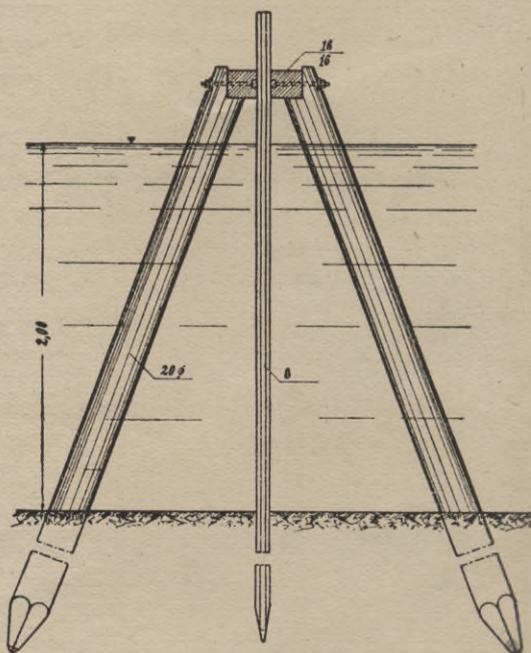


Abb. 73. Zugramme.

Abb. 72.
Leitpfähle zum Einrammen einer
Spundwand im offenen Wasser.

1. Die **Handramme** ist ein hölzerner oder eiserner Bär (vgl. Abb. 20), der von 2—4 Mann an Handhaben gehoben und auf den Pfahlkopf aufgeschlagen wird. Beim Anheben können noch weitere Arbeiter, die auf einem Gerüst stehen und den Bär an Leinen hochheben, mitwirken. Die Handramme ist nur gebräuchlich für kurze Pfähle und beschränkte Rammarbeiten.

2. Die **Zugramme** besteht aus einem Gerüst mit Läuferrote, an welcher der Bär Führung hat. Der Bär hängt an dem Rammtau, das über die Rammerscheibe am oberen Ende der Läuferrote geht. An dem Rammtau sind mittels des Kranztaues die auf Knebel gewickelten Rammstränge befestigt. Die Arbeiter fassen die Knebel in Augenhöhe, ziehen den Bär in die Höhe und lassen ihn dann fallen. Nach einer Hitze (20—30 Schläge in 50—75 Sekunden) folgt eine Pause von mindestens 2 Minuten. Man rechnet auf einen Arbeiter höchstens 15 kg Bärgewicht. Üblich sind Bärgewichte von 100—300 kg. Hubhöhe 1 m, ausnahmsweise 1,50 m (Trommelhitze).

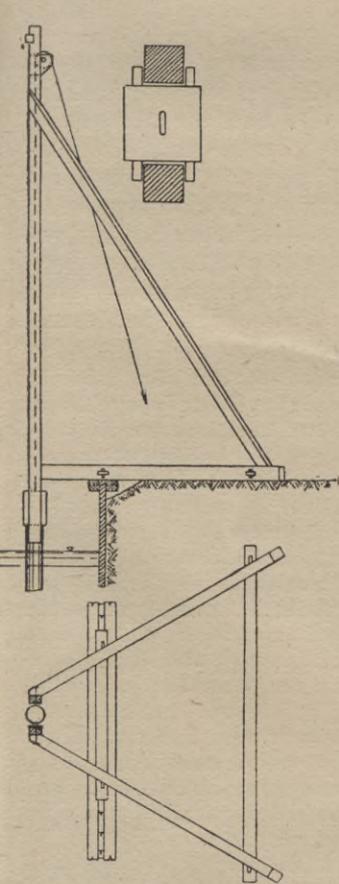


Abb. 74. Winkelramme.

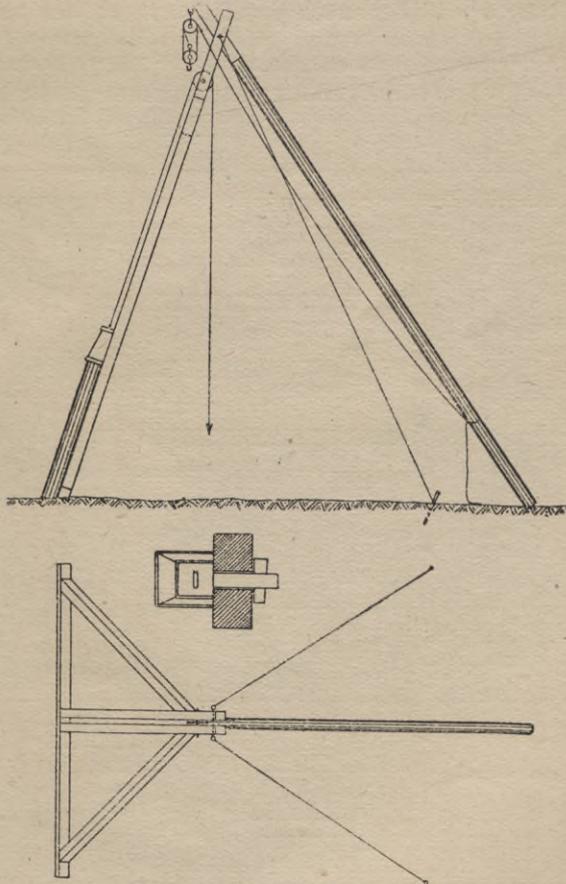


Abb. 75. Stützenramme.

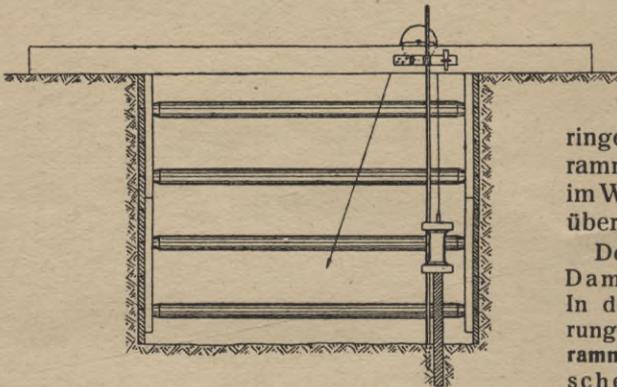
Über der Rammscheibe befindet sich der Trietzkopf, der Rollen oder einen Flaschenzug zum Aufholen und Ansetzen der Pfähle trägt.

Die Ausbildung der Zugramme ist verschiedenartig. Gewöhnlich steht die Läuferrote, die aus einem oder zwei Hölzern bestehen kann, am Rande eines rechteckigen (Abb. 73) oder an der Ecke eines dreieckigen [Winkelramme] (Abb. 74) Schwellenrahmens [Rammstube] und ist durch Streben gestützt. Für leichtere Rammarbeiten genügt es, nur die vordere Schwelle beizubehalten und die Verstrebung durch eine oder zwei bewegliche Stützen und Haltaupe zu bewirken [Stützenramme] (Abb. 75); eine derartige Ramme eignet sich auch zum Schlagen von Schrägpfählen.

Zum Einrammen leichterer Spundwände in schmälere Baugruben eignet sich ganz besonders die Nadelramme (Abb. 76). Sie besteht aus zwei miteinander verbolzten Halbhölzern mit Zwischenraum für die Rammscheibe und zwei Gasrohren mit Spitze (den Nadeln). Der Träger wird quer über die Baugrube gelegt, die Gasrohre werden durch entsprechende Ösen des Bares hindurch in die Erde gesteckt und oben durch scharnierartige Ösen an den Außenseiten des Trägers gehalten und dienen so als Läuferrotten.

Reicht die Baugrubentiefe von Unterkante Träger bis Sohle zum Ansetzen der Pfähle nicht aus, so wird der Träger bockartig unterstützt.

3. Von sonstigen Rammen kommen für das Einschlagen von Spundbohlen



noch die **Dampfrahmen** (Abb. 77) in Betracht, die in ihrer Wirkungsweise

(schnelle Schläge, geringe Hubhöhe) den Zugrammen gleichen, sie aber im Wirkungsgrad bedeutend übertreffen.

Der Rammbar ist als Dampfzylinder ausgebildet. In der bewährtesten Ausführung — **Mencks Patent-Dampframmbär** mit halbautomatischer Steuerung (Abb. 78) — hängt die Kolbenstange des Dampfzylinders am Kopf einer Bärtschiene, die sich mit ihrem Fuß auf die Spundwand stützt. Der Dampf tritt durch die hohle Kolbenstange über den Kolben, hebt den Rammbar und gleichzeitig die auf ihm stehende Steuerschiene. Der schräge Anlauf letzterer stellt beim Ansteigen den Steuerwinkelhebel am oberen Ende der Kolbenstange und damit den Steuerkolben im Dampfkolben um, wodurch der Dampf abgesperrt wird. Der Bär steigt infolge

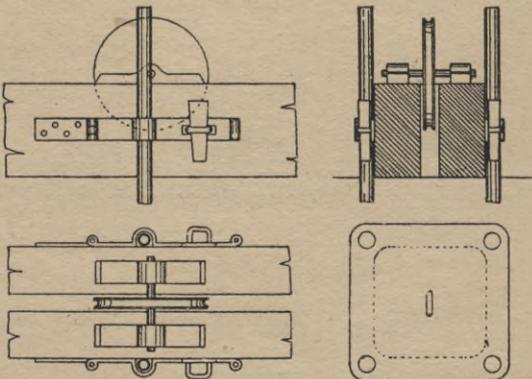


Abb. 76. Nadelramme.

der Expansion des Dampfes noch etwas weiter und fällt dann herab, wobei der Dampf durch den Kolben in den unteren Zylinderraum und von da ins Freie entweicht. Zum Wiederansteigen des Bärs muß der Winkelhebel mit einer an ihm befestigten Leine umgestellt werden, wodurch der Steuerkolben sich senkt und der Dampf wieder in den Zylinder über den Kolben strömt.

IV. Das Eintreiben der Pfähle wird durch **Einspülen** mittels Druckwassers, wobei nur leicht gerammt zu werden braucht, in Sand und nicht zu grobem Kies, besonders in Triebsand, sehr erleichtert.

Neben dem Spundpfahl wird dem Einsinken entsprechend ein Rohr von 40–70 mm Weite heruntergeführt und durch Einpressen von Wasser aus der Wasserleitung oder aus einer Druckpumpe der Boden gelockert (Abb. 79). Um die Senkung des Rohres zu ermöglichen, ist in die Druckleitung ein Schlauch eingeschaltet. Zur Verhütung des Zuschlammens der Rohröffnung wird das Rohr auf und ab bewegt.

Wegen der mit dem Einspülen verbundenen Auflockerung des Untergrundes ist dieses Verfahren in der Nähe bestehender Bauten nicht anzuwenden.

V. Zeigen sich beim Ausschachten und Auspumpen der Baugrube **klaffende Fugen** in der Spundwand, so werden sie mit Werg ausgestopft und mit Leisten übernagelt. Doch läßt sich vollständige Wasserdichtigkeit einer Spundwand kaum erreichen.

VI. Sind die Spundwände gegeneinander abgesteift, so muß die Absteifung mit dem Höherwachsen der Grundbauten und mit der sich anschließenden Verfüllung der Baugrube wieder entfernt werden. Auch die Doppelzangen, welche die Oberkante der Spundwand besäumen, sind nach Verfüllung der Baugrube wieder abzunehmen, da sie keinen Zweck mehr haben, wenn die Spundwand nicht mehr auf Biegung beansprucht wird.

Die **Spundwände** selbst dürfen **nicht** wieder **herausgezogen** werden, weil durch das Zuschlammern der entstehenden Hohlräume ein Setzen des Untergrundes stattfinden könnte; sie sind vielmehr, falls sie (als Zwischenwand) hinderlich sind, so weit wie erforderlich abzustemmen oder abzusägen.

Muß dieses unter Wasser ausgeführt werden, so dient dazu das **Grundeisen** (Abb. 80) oder die **Grundsäge** (Abbildung 81, 200).

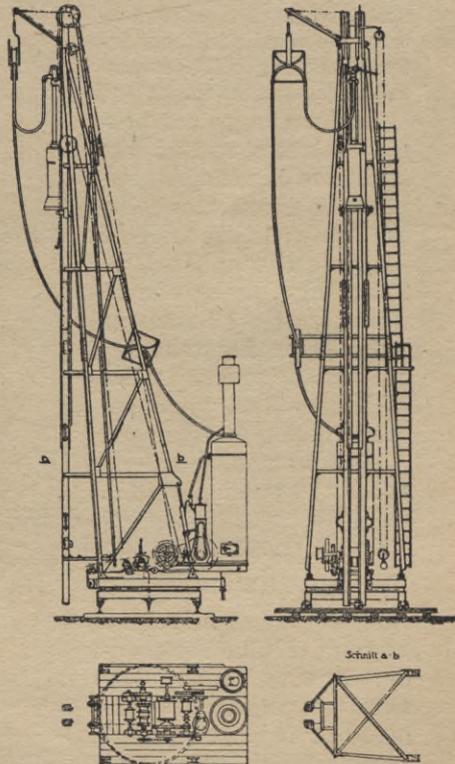


Abb. 77.
Drehgerüst-Dampfrahmen. [Menck & Ham-
brock, G. m. b. H., Altona-Hamburg.]

3. Eisenbetonspundwände.

An die Stelle hölzerner Spundwände treten zweckmäßig solche aus Eisenbetonbohlen dort, wo die Spundwand, auf ihre ganze Höhe zur dauernden Umschließung eines Bauwerkes dienend, einem wechselnden Wasserstand ausgesetzt ist, wo demnach Holzbohlen mit der Zeit durch Fäulnis zerstört würden (Abb. 176, 219).

Die Eisenbetonspundpfähle erhalten entweder Nut und Feder oder nach Hennebique beiderseits eine durchlaufende Nut und nur am unteren Ende der einen Seite eine einbetonierte kurze Feder aus einem gebogenen Flacheisen zur Führung (Abb. 82).

Die durch die doppelte Nut gebildete Röhre läßt sich zur Einführung von Druckwasser benutzen, um das Rammen zu erleichtern; sie wird nach beendeter Rammung mit Zementmörtel ausgegossen.

Zur Erzielung eines dichten Schlusses und zwecks leichteren Eindringens erhält die Eisenbetonbohle am unteren Ende eine eisenbewehrte Schmiege. Ihr Kopf muß während des Rammens durch eine **Rammhaube**, die ein schlagverteilendes Zwischenmittel, wie Sägespäne, Sand, enthält, gegen

Zertrümmerung geschützt werden (Abb. 82).

4. Eiserne Spundwände

sind da angebracht, wo wegen der Nähe bestehender Bauten starke Erschütterungen vermieden werden müssen, da sie sich infolge ihres geringen Querschnitts leicht eintreiben lassen.

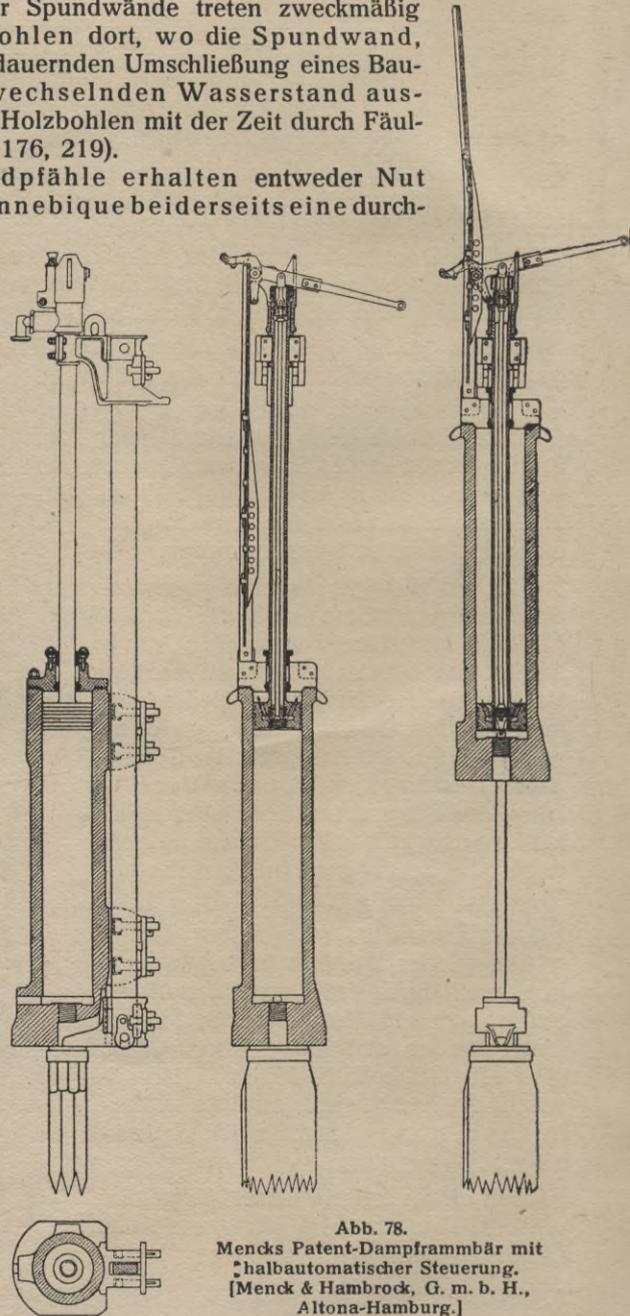


Abb. 78.
Menck's Patent-Dampframbär mit
halbautomatischer Steuerung.
[Menck & Hambrock, G. m. b. H.,
Altona-Hamburg.]

a) Spundwände aus Formeisen

eignen sich ganz besonders für steinigen Untergrund, in dem Holzspundbohlen beim Einrammen leicht ausbrechen und zersplittern. Es können sogar Faschinen und alte Holzpfähle mit eisernen Spundbohlen durchschlagen werden.

Auch bei sehr großer Höhe der Spundwand ist die Verwendung von Formeisen vorteilhaft, da sie sich infolge ihres kleinen Querschnitts viel leichter einrammen lassen als Holzbohlen von gleichem Widerstandsmoment des Querschnitts.

I. Die neueren Profile ergeben einen wellenförmigen Querschnitt der Spundwand, der im Verhältnis zur Blechstärke ein großes Widerstandsmoment besitzt. Der Fugenschluß wird durch Wulst und Klaue der benachbarten Bohlen erreicht; er übertrifft an Dichtigkeit den von Holzspundbohlen ganz erheblich. Als Saumzangen zum Zusammenhalt dienen angeschraubte C-Eisen (Abb. 131).

1. Eiserne Spundwand „System Larssen, nietlos“ der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft, Abteilung Dortmunder Union in Dortmund, in 2 Profilen von 760/150 und 800/242 mm Wellenlänge und -höhe (Abb. 83).

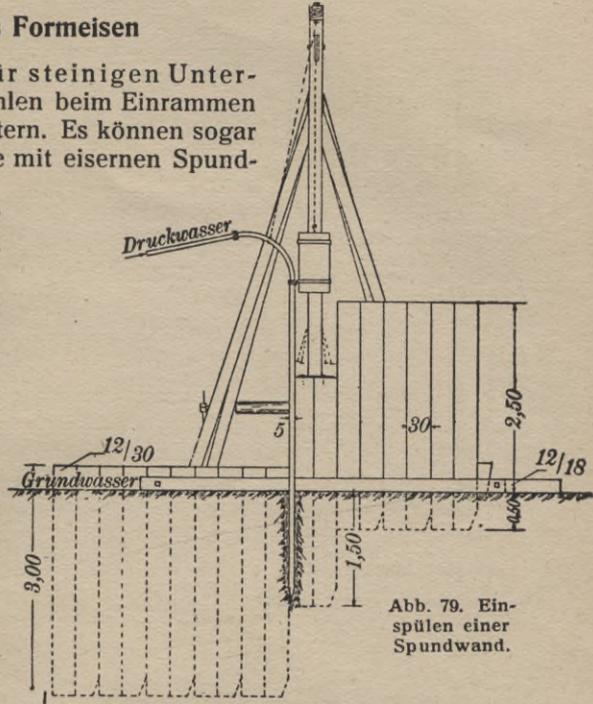


Abb. 79. Einspülen einer Spundwand.

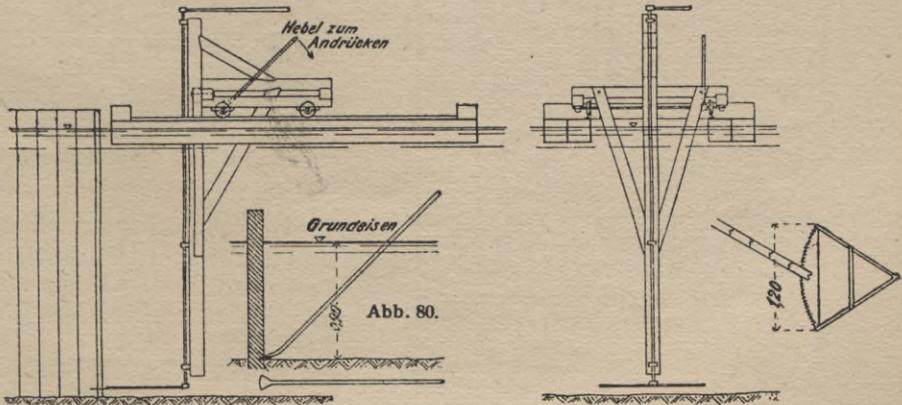


Abb. 81. Grund-(Kreissegment-)Säge.

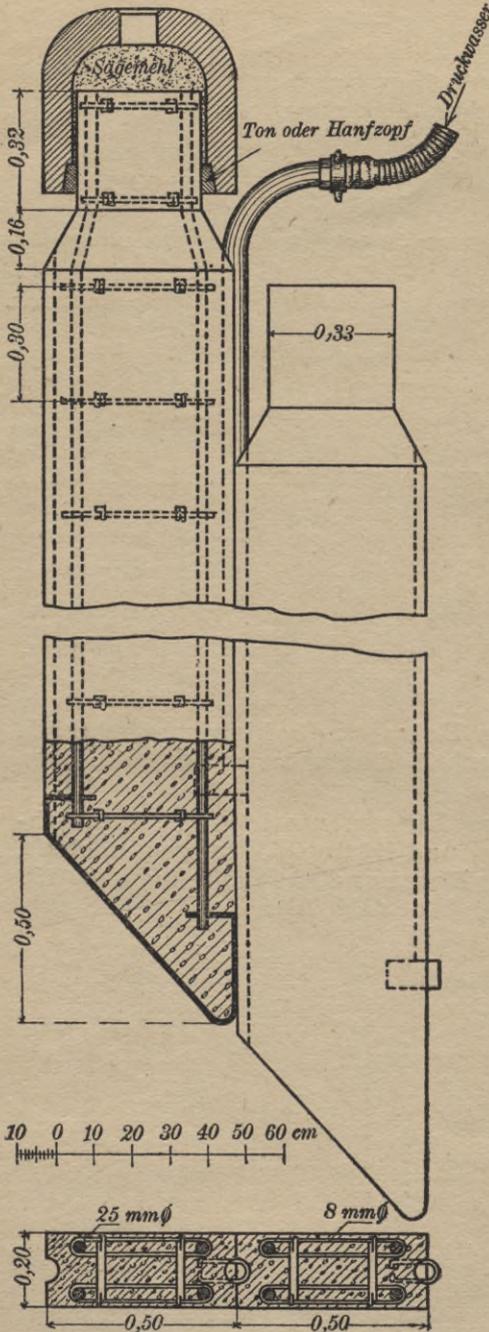


Abb. 82. Eisenbetonspundbohlen nach Hennebique.

2. Ransome Spundwand von Philipp Deutsch & Co, G. m. b. H., in Berlin, 360/80 mm (Abb. 84).

3. Eisenspundwand „Bauart Lamp“ von Wessels & Wilhelm, Ingenieurbureau, in Hamburg, in 4 Profilen 800/125, 666/130, 800/225, 800/280 mm (Abb. 85).

4. Rothe Erde-Spundwand der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Abt. Aachener Hütten-Verein in Aachen-Rothe Erde, in 7 Profilen 380/80, 380/130, 380/170, 380/190, 550/230, 550/265, 550/280, davon III, IV, VII in 2 verschiedenen Stärken (Abb. 86).

Der Kopf der verhältnismäßig dünnen Eisenbohlen wird gegen Umkremen unter den Bärschlägen durch eine mit Hartholz ausgefütterte Rammhaube (Abb. 87), die bei Larssen und Lamp gewöhnlich zwei Bohlen gemeinsam faßt, geschützt. Ransome, Lamp und Rothe Erde werden zweckmäßig mit dem Wulst voraus gerammt, weil andernfalls die Erde aus der engen Klaue der erstgerammten Bohle durch den Wulst der nächsten Bohle herausgedrängt werden muß, was das Eintreiben dieser sehr erschwert.

II. Eckbildungen der verschiedenen Spundwandprofile zeigen die Abb. 88—91.

Sollen die Spundwände wieder herausgezogen werden, so ist die Nut vor dem Einrammen gut einzufetten, damit die einzelnen Eisen nicht aneinanderrosten.

b) Wellblechspundwände

sind nur in steinfreiem Boden zu verwenden. Die Tafeln werden durch Überfalzen der Ränder verbunden (Abb. 92b), oder es werden in der Tafelbreite (0,90 m) entsprechenden Abständen zunächst aufgeschlitzte

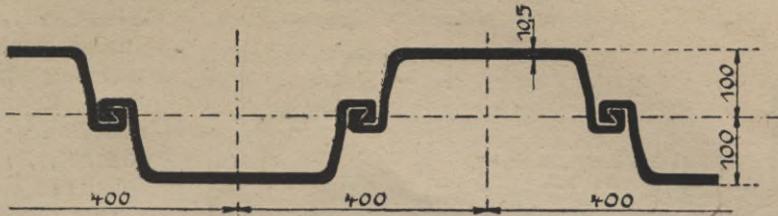


Abb. 83. Eiserne Spundwand „System Larsen, nietlos“, Profil II. [Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft, Abteilung Dortmund Union, Dortmund.]

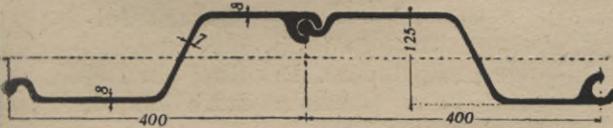


Abb. 85. Eisenspundwand „Bauart Lamp“, Profil I. [Wessels & Wilhelm, Ingenieurbureau, Hamburg.]



Abb. 86. Rothe Erde-Spundwand. [Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Abt. Aachener Hütten-Verein, Aachen-Rothe Erde.]

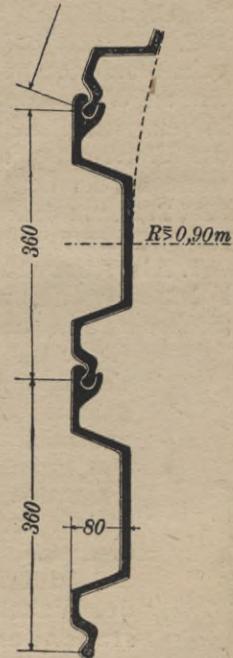
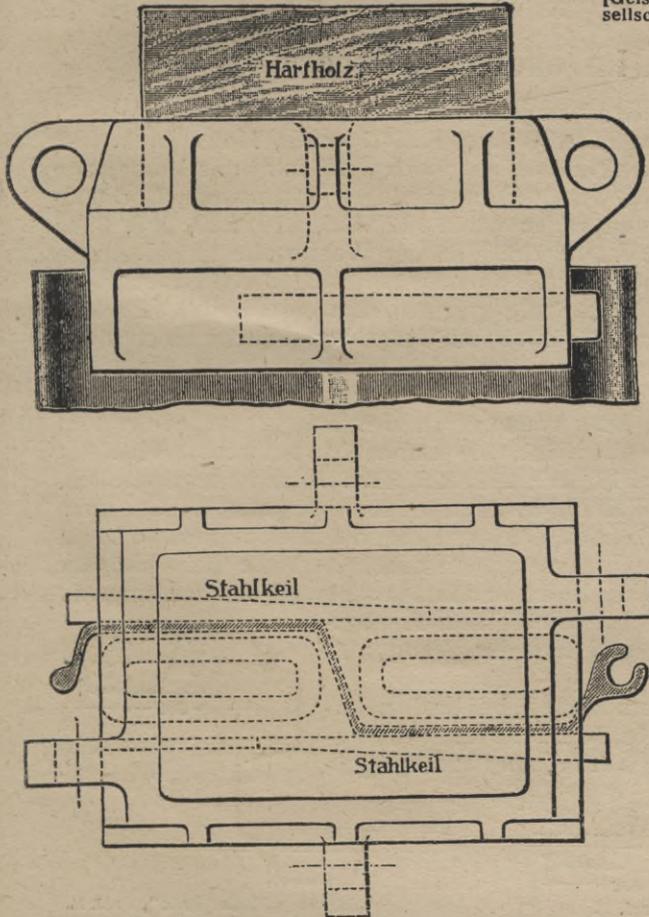


Abb. 84. Ransome Spundwand. [Philipp Deutsch & Co., Berlin.]

Abb. 87. Rammhaube für Eisenspundbohlen. [Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Abt. Aachener Hütten-Verein, Aachen-Rothe Erde.]

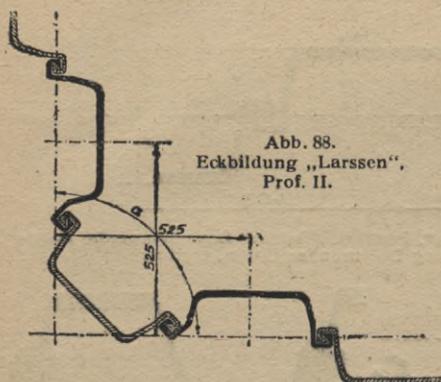


Abb. 88.
Eckbildung „Larsen“,
Prof. II.

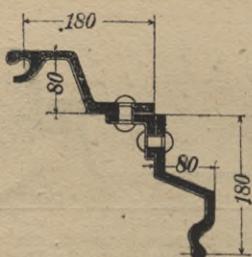


Abb. 89.
Eckbildung „Ransome“.

Siederohre mit aufgeschweißtem Ring am unteren Ende in den Boden gerammt, in die Schlitzte die etwas umgekrempten Ränder der Well-

blechtafel eingeschoben (Abb. 92a) und letztere nachgerammt. Der Kopf der Tafel wird beim Rammen durch ein der

Wellenhöhe entsprechendes C-Eisen geschützt.

Der obere Rand der Wellblechtafel wird nötigenfalls während der Bauzeit durch ein angeschraubtes C-Eisen versteift.

III. Im offenen Wasser

sind Baugruben herzustellen, wenn das zu errichtende Bauwerk von Wasser umgeben ist, wie Stropfweiler, Wehre, Flußschleusen, Molen (Abb. 100, 102, 103, 120, 137, 218, 227, 230), aber auch wenn nur seine Vorderseite vom Wasser bespült wird, wie Brückenwiderlager, Ufermauern, Hochbauten an Wasserstraßen und Häfen (Abb. 122, 135, 219, 220, 228, 229). In letzterem Falle muß der Abschluß an der Wasserseite beiderseits in das Ufer reichen und bei durchlässigem Untergrund durch eine Spundwand an der Landseite vollständig geschlossen werden (Abb. 122, 220, 228, 229), um dem Wasser den Zutritt zur Baugrube möglichst zu erschweren und das Einschwemmen von Boden zu verhindern.

1. Als Abschluß gegen offenes Wasser genügt vielfach schon eine **Holzspundwand**, wenn das Wasser in der Baugrube nicht tief (höchstens 2 m) abzusenken ist, wie namentlich bei hohem Pfahlrost (Abb. 120, 122, 218, 219, 227, 228, 230). Doch ist zu bedenken, daß in tiefem Wasser, da die Spundbohlen unter Wasser nicht geführt werden können, eine ausreichend dichte Spundwand kaum zu erzielen ist. Letzteres gilt in erhöhtem Maße bei steinigem Untergrund, in dem Holzspundbohlen während des Einrammens leicht durch größere Steine seitlich abgetrieben werden und aus der Wand ausbrechen.

2. In steinigem Boden, bei bedeutender Wassertiefe, in nächster Nähe bestehender Bauwerke, aber auch bei grö-



Abb. 90. Eckbildung „Lamp“, Prof. II.

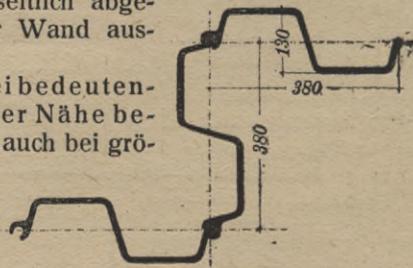


Abb. 91. Eckbildung „Rothe Erde“, Prof. II.

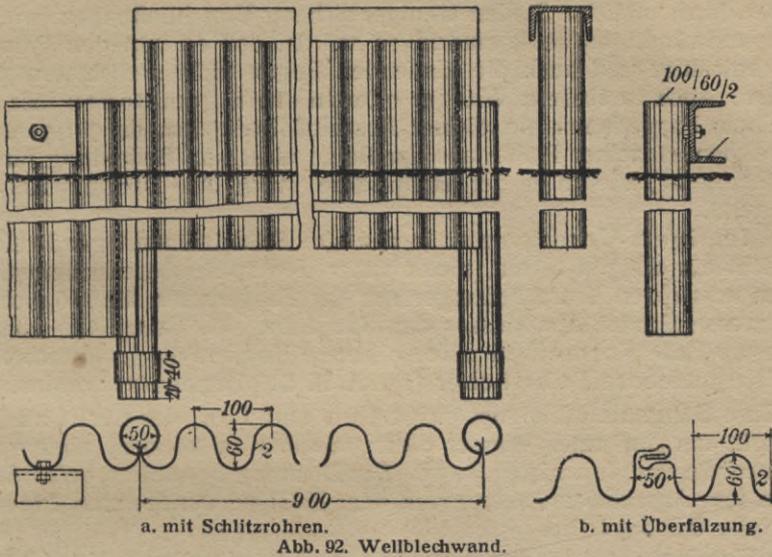


Abb. 92. Wellblechwand.

Berer Absenkungstiefe des Wassers innerhalb der Baugrube sind daher **Wände aus Formeisen vorzuziehen**, die sich wesentlich leichter und sicherer einrammen lassen, eine erheblich dichtere Spundwand gewährleisten und außerdem dem Wasserdruck einen bedeutend größeren Widerstand gegen Biegung entgegensetzen (Abb. 83—86).

3. Lassen sich Spundwände aus Holz oder Eisen nicht einrammen (Fels) oder genügen sie zu einem sicheren Abschluß nicht, so müssen die nachgenannten **dichteren Umschließungen** an ihre Stelle treten.

In fließendem Wasser dient sehr häufig eine tiefgreifende Spundwand, die erforderlichenfalls während des Baues noch durch einen Fangedamm verstärkt wird, zum dauernden **Schutz** des Bauwerks gegen **Unterspülung** (Abb. 122, 218, 219, 227, 228, 230). Sie muß jedoch, falls sie nicht dicht an das Bauwerk, sondern, vielleicht in Rücksicht auf vorstehende Schrägpfähle, etwas davorgesetzt ist (Abb. 227, 228), nach Beendigung des Baues mit der Grundsäge (Abb. 81, 200) unter Wasser abgeschnitten werden (Abb. 122, 227, 228), damit sie dem Wasserabfluß und dem Schiffsverkehr nicht hinderlich ist. Die Oberfläche der Flußsohle innerhalb der Spundwand wird dann nötigenfalls noch mit einer Steinschüttung oder mit Senkfaschinen gegen den Angriff der Strömung geschützt (Abb. 228).

1. Fangedämme

sind Erddämme, die durch eine, zwei, selten drei Holzwände, die einfache, Stülp- oder Spundwände sein können, gestützt sind. Die am häufigsten verwendeten einfachen und Stülpwände greifen nur wenig in den Untergrund ein und lehnen sich gegen Zangen einer Pfahlreihe.

1. **Fangedämme** werden zum Abschluß benutzt, wenn der Wasserspiegel in der Baugrube tief abzusenken, der nach Auspumpen der Baugrube von außen wirkende Wasserdruck also groß ist, so daß das

Wasser durch undichte Stellen weniger sicherer Umschließungen, wie der Holzspundwände, so stark eindringen würde, daß es von den Pumpen nicht bewältigt und auch die klaffenden Fugen nicht gedichtet werden könnten. Auch in tiefem Wasser oder in steinigem Boden läßt sich mit einem Fangedamm ein dichter Abschluß herstellen, da ein geringes Ausweichen einzelner Pfähle aus der Reihe nicht von Bedeutung für die Abdichtung ist, die ja in der Hauptsache durch das Dammmaterial bewirkt wird.

Bei felsigem Untergrund, in den sich Spundwände irgendwelcher Art nicht einschlagen lassen, bietet außer den später beschriebenen, im ganzen versenkten Umschließungen nur der Fangedamm die Möglichkeit eines wasserdichten Abschlusses der Baugrube. Als Stützpfähle dienen in diesem Falle Formeisen oder eiserne Rohre, die in lotrechte, in den Fels getriebene Bohrlöcher (vgl. A. II. 4.) eingesetzt werden.

2. Zum **Dammmaterial** eignet sich Lehm und Ton, der nicht zu fett sein soll, um ihn unter Wasser dicht stampfen zu können, aber auch Muttererde und lehmiger Sand. Zur Dichtung besonders gefährdeter Stellen (am Anschluß an Mauerwerk oder Fels) verwendet man Pferdemit oder Gerberlohe.

Vor Einbringen des Dichtungsmaterials wird etwaiger loser Boden mittels Bagger (Abb. 115) beseitigt, um eine sichere Abdichtung in der durch den Wasserdruck am meisten gefährdeten Sohle zu erzielen.

3. Zeigen sich bei dem Auspumpen der Baugrube **undichte Stellen**, so sucht man sie zunächst von außen unter Benutzung der Strömung mit Gerberlohe und Pferdemit zu verstopfen. Gelingt dies nicht, so muß man an den betreffenden Stellen das Füllmaterial zum Teil wieder herausnehmen und durch festes Stampfen der Füllung die Hohlräume beseitigen. Unter Umständen kann die Abdichtung an der Außenseite mit einem Streifen geteierter und beschwerter Leinwand, der durch den Wasserdruck gegen den Fangedamm und die Fußsohle gepreßt wird, bewirkt werden (vgl. Abb. 100), wobei jedoch die Hilfe eines Tauchers (Abb. 127) kaum, höchstens bei geringen Wassertiefen, zu entbehren ist.

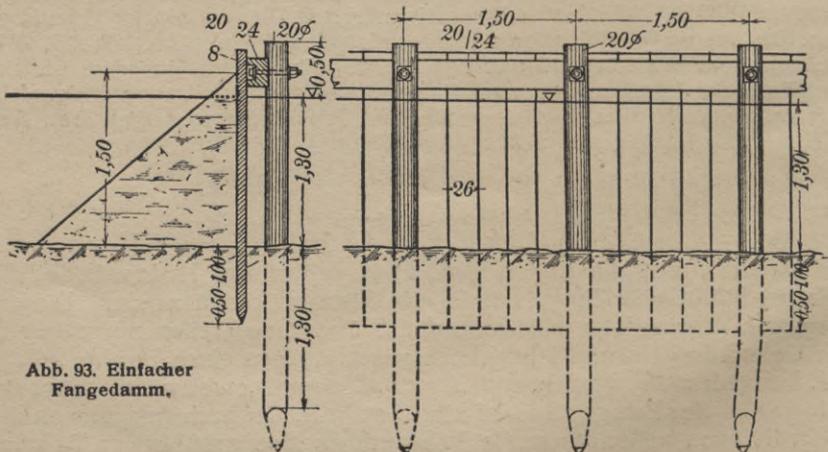


Abb. 93. Einfacher Fangedamm.

a) Der einfache Fangedamm

ist nur für eine Wassertiefe bis 1,50 m ausreichend.

1. Gewöhnlich werden **Pfähle** in einer Reihe, rd. 1,50 m auseinander, bis zu einer Tiefe gleich der Wassertiefe in den Boden gerammt, durch

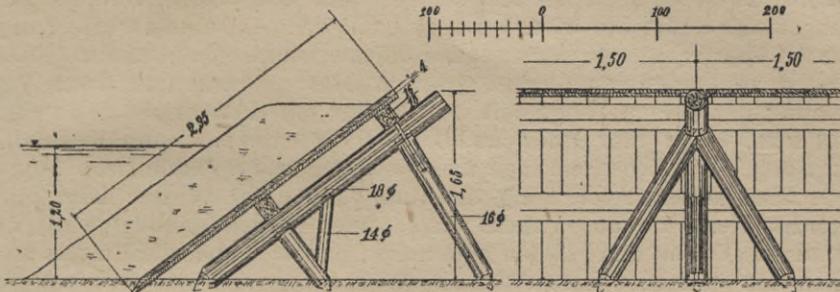


Abb. 94. Einfacher Fangedamm auf Schrägböcken.

außen angebolzte Zangen miteinander verbunden und dann Bohlen scharf an den Zangen herunter 0,50—1,00 m in die Erde getrieben. Vor die Bohlen wird das Dichtungsmaterial geschüttet und soweit wie möglich festgestampft (Abb. 93).

2. Ist der Untergrund sehr steinig oder Fels, so werden, um die Herstellung von Bohrlöchern zu ersparen, auch **Schrägböcke** aufgestellt und mit Zangen verbunden, darauf Bohlen gelegt und diese mit Erde beschwert und abgedichtet (Abb. 94).

b) Der Kastenfangedamm

ist nicht nur bei größerer Wassertiefe, sondern auch in starker Strömung und bei Wellenschlag zu verwenden, damit nicht das Dammmaterial dem unmittelbaren Angriff des Wassers ausgesetzt und fortgespült wird.

1. Der Kastenfangedamm besteht aus zwei lotrechten **Bohlenwänden**, von denen jede sich gegen eine **durch Längszangen verbundene Pfahlreihe** lehnt. Die beiden Pfahlreihen werden durch Querzangen oder Zuganker miteinander verbunden. Zuletzt wird das Dichtungsmaterial zwischen die beiden Wände geschüttet und so gut wie möglich festgestampft (Abb. 95).

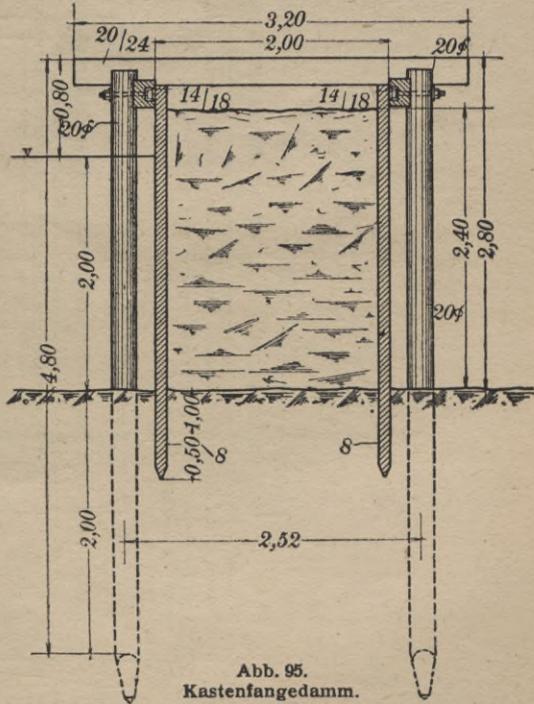


Abb. 95. Kastenfangedamm.

Die Breite des Dammes bemißt man zu $(1,00 + \frac{1}{2}h)$ m, worin h die Wassertiefe bedeutet.

Ist der Höhenunterschied zwischen dem Außenwasserstand und dem abzusenkenden Wasserspiegel in der Baugrube größer als 2—2,50 m, so ist noch eine Abstützung der lotrechten Fangedammbohlen zwischen der Sohle und der die Pfähle über Wasser verbindenden Längszange nötig. Sie wird dadurch ermöglicht, daß eine zweite **Zange** mit der über Wasser anzubringenden durch schwache Querlatten zu einem Gestell verbunden, an diesem **unter Wasser** gedrückt und durch Verbolzung der oberen Zange mit den Pfählen am Hochschwimmen gehindert wird. Unter dem Druck des Füllmaterials legen sich dann die Bohlen auch gegen die Zwischenzange und diese gegen die Pfähle (Abb. 96).

2. Eine sichere Abstützung der **Bohlwand** unter Wasser wird auch erreicht, wenn sie **aus Tafeln wagerechter Bohlen** gebildet wird, die so alle 1,50 m an den Pfählen eine Stütze finden, wobei die Fugen zwischen den einzelnen Tafeln durch dahinter gerammte Bohlen gedeckt werden (Abb. 97). Das Einbringen einer so großen Bohlentafel unter Wasser macht jedoch infolge ihres großen Auftriebes einige Schwierigkeiten, auch ist auf unebenem Grund ein dichter Anschluß an die Sohle nicht leicht zu erzielen.

Bei großen Wassertiefen werden auch sog. **Etagenfangedämme** errichtet,

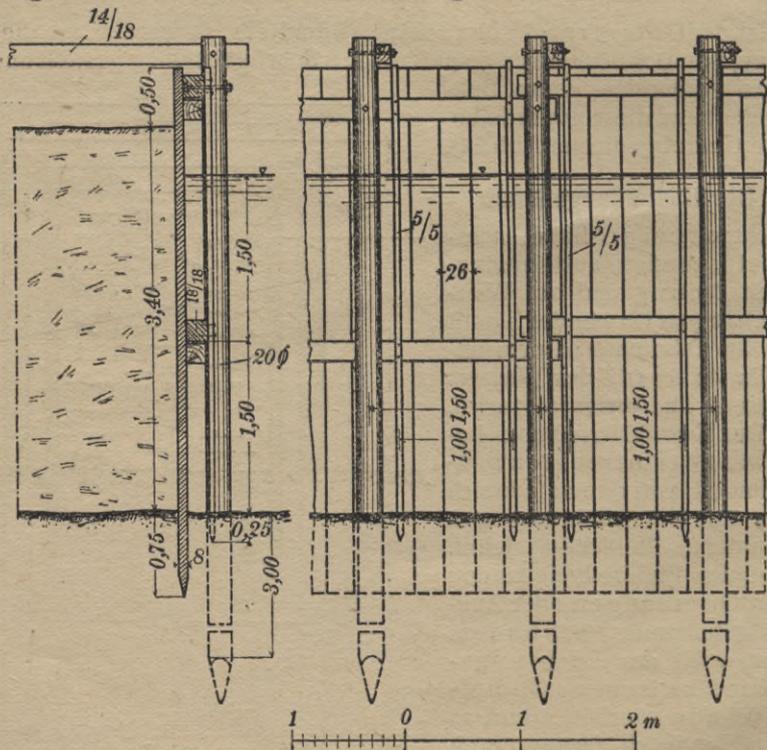


Abb. 96. Abstützung lotrechter Fangedammbohlen unter Wasser.

die aus zwei Kastenfangedämmen von verschiedener Höhe mit drei Bohlwänden bestehen (Abb. 98). Der niedrigere Fangedamm kann erst in Angriff genommen werden, wenn das Wasser im Innern der Baugrube genügend tief abgepumpt ist. Durch diese Anordnung wird an Dichtungsmaterial gespart; außerdem ist die Abdichtung infolge Verwendung dreier Abschlußwände eine sehr sichere.

3. Wenn die Baugrube tiefer als Flußsohle auszuheben ist, muß die **innere Wand** des Fangedammes aus einer tiefgreifenden **Spundwand** bestehen, ebenso bei starker Strömung zum dauernden Schutze des Bauwerks gegen Unterspülung.

Auch wenn der Untergrund stark wasserdurchlässig ist (Kies), empfiehlt es sich, die innere Wand als tiefgreifende Spundwand herzustellen, um den Ausgleich des gesenkten und des äußeren Wasserspiegels soweit wie möglich zu erschweren und damit die Wasserhaltung zu erleichtern.

4. Den besten Abschluß bietet natürlich ein Fangedamm aus zwei tiefgreifenden, mit Zangen besäumten und miteinander verankerten **Spundwänden** (Abb. 229).

Der Abschluß einer Baugrube mittels Spundwand läßt sich, falls die Sohle durch eine unter Wasser geschüttete Betonplatte abgedichtet wird, ohne Erweiterung der Baugrube durch einen **Betonfangedamm** (Abb. 99) bedeutend verstärken und gut sichern. Sowie die Betonsohle geschüttet ist (Abb. 119, 120), wird parallel der Hauptspundwand eine zweite leicht in den noch weichen Beton eingetrieben, über Wasser mit Zangen besäumt und durch Querzangen mit der

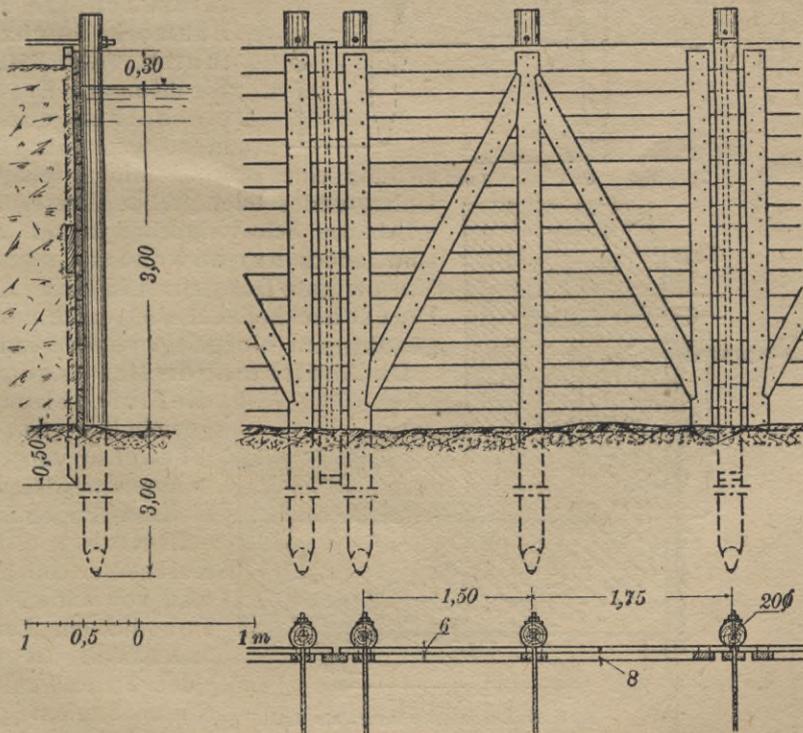
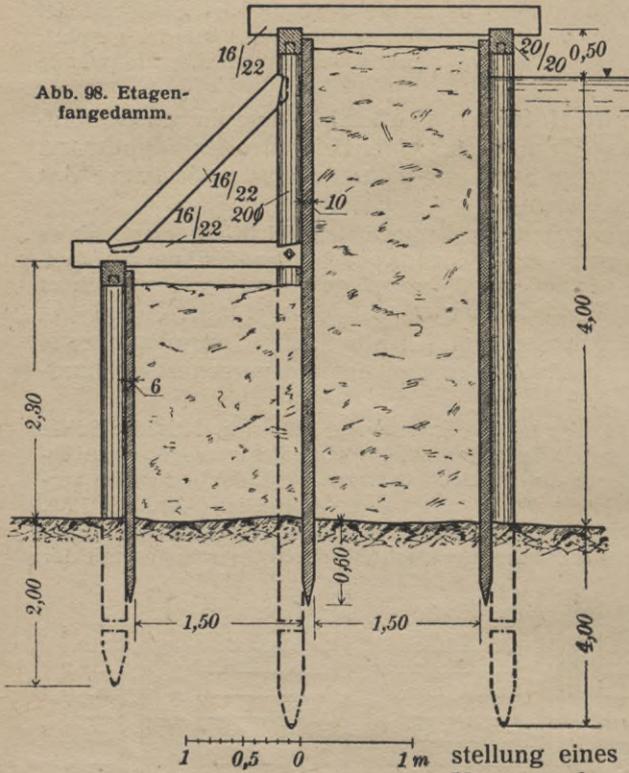


Abb. 97. Fangedammabschluß aus Bohlentafeln.

ersten verbunden und darauf der Zwischenraum mit Beton unter Wasser ausgefüllt (Abb. 122). Hat der Beton abgebanden, so wird aus dem Innern das Wasser ausgepumpt und die

zweite Spundwand wieder entfernt, worauf das Mauerwerk in dem Schutz der Betonmauer ausgeführt und mit dieser zu einem Körper verbunden wird (Abb. 99).

Abb. 98. Etagenfangedamm.



2. Mäntel

sind außerhalb des Wassers zusammengebaute Umschließungen aus Holz oder Eisen vom Grundriß des Bauwerks, die über die Bausohle gesetzt werden, um nach Auspumpen des Wassers in ihrem Schutze das Bauwerk hochzuführen (Abb. 100). Sie dienen als Ersatz eines Fangedammes, wenn die Herstellung eines solchen infolge felsigen Untergrundes oder großer Wassertiefe erhebliche Schwierigkeiten bietet. Sie sind jedoch nur anwendbar, wenn sich der gute Baugrund in Höhe der Flußsohle befindet oder durch mäßiges Baggern bloßgelegt werden kann.

Die Abdichtung des Mantels gegen die Flußsohle muß gewöhnlich durch Taucher vorgenommen werden, die klaffende Fugen mit Brettchen und Keilen verschließen und von außen mit Ton dichten. Empfehlenswert ist es, den Tonkeil mit einem Streifen geteilter Leinwand ab-

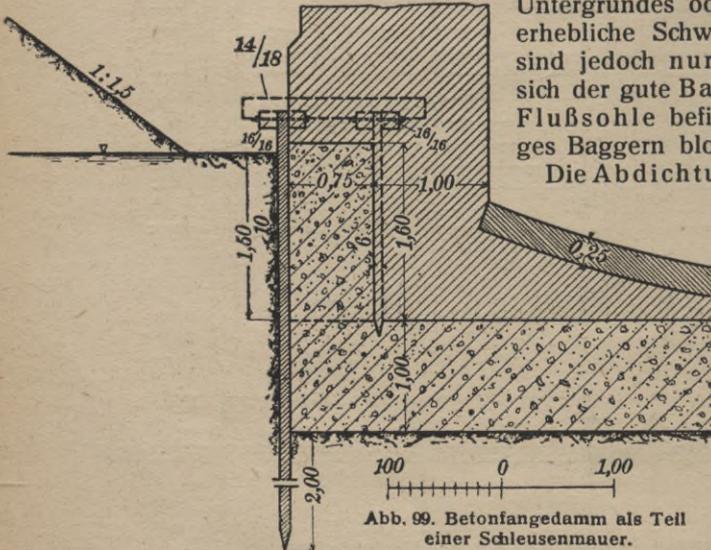


Abb. 99. Betonfangedamm als Teil einer Schleusenmauer.

zudecken, der an dem Mantel befestigt ist und mit Steinen oder Sandsäcken beschwert wird (Abb. 100).

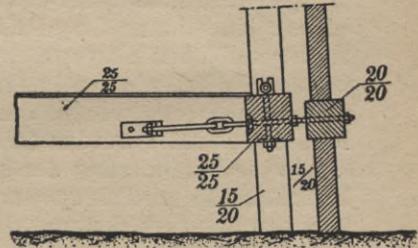
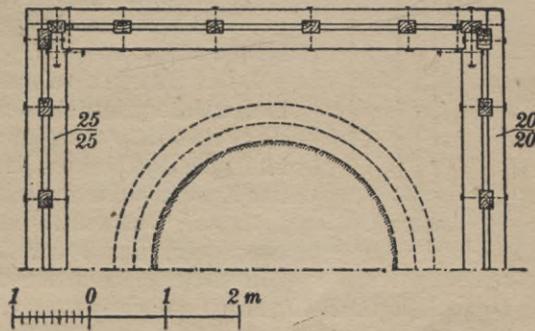
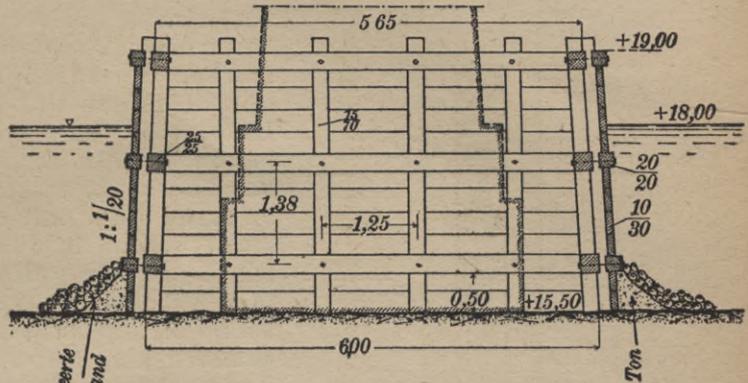
1. Hölzerne Mäntel

bestehen aus einem kräftigen Rahmenwerk, das von außen mit Bohlen, deren Fugen mit Werg und Teer zu kalfatern sind, benagelt wird (Abb. 100). Sie werden durch Belastung mit eisernen Trägern oder Schienen versenkt. Der Mantel wird, wenn das Bauwerk seinen oberen Rand erreicht hat, wieder entlastet, worauf er hochschwimmt und auseinander geschlagen werden kann.

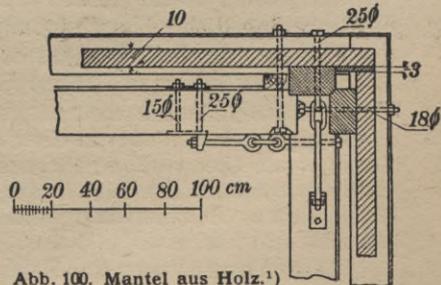
2. Eiserne Mäntel werden aus Blechen und Formeisen zusammengesetzt (vgl. Abb. 162) und gewöhnlich vollständig mit Beton ausgefüllt.

Soll der obere, über N. W. reichende Teil wiedergewonnen werden, so ist er mit dem unteren durch Schrauben, die durch Saumwinkel beider Teile zu ziehen sind, zu verbinden und das Bauwerk in diesem Teile mit Spielraum hochzumauern, worauf die Schrauben durch Taucher gelöst werden und der obere Ring abgehoben wird.

Ist der Spielraum zwischen Mauerwerk und Mantel genügend groß, so können die Saumwinkel innen angebracht werden, um die Schrauben im Trocknen lösen zu können. Doch müssen letztere der Reihe nach durch leicht eingesetzte Holzproppen ersetzt werden, damit sich der obere Ring nicht vorzeitig verschiebt und etwa eindringendes Wasser das Lösen der übrigen Schrauben unterbindet.



Einzelheit am unteren Rand



1) Aus L. Brennecke „Der Grundbau“.

Abb. 100. Mantel aus Holz.¹⁾

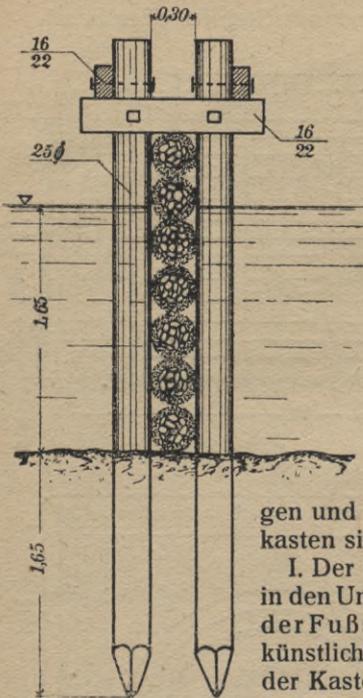


Abb. 101.
Faschinenwand.

3. Schwimmkasten

aus Holz, Eisen, Mauerwerk, Beton oder Eisenbeton finden Anwendung, wenn ein sehr starker Wasserandrang infolge stark durchlässigen Untergrundes auch nach Einbau eines Fangedammes oder eines Mantels zu erwarten ist und infolgedessen hohe Pumpkosten vorauszusehen sind. Sie werden an Land oder auf einem Floß hergestellt, sodann in das Wasser gelassen, zur Baustelle geflößt und durch Belastung auf die Bausohle abgesenkt, worauf im Schutze der Wandungen, die bis über Wasser reichen, das Bauwerk im Innern des Kastens hochgeführt wird. Die Bausohle muß also vollständig unter Wasser liegen und vorher so hergerichtet sein, daß der Schwimmkasten sicher aufsteht.

I. Der **Baugrund** muß, da der Schwimmkasten nicht in den Untergrund versenkt werden kann, schon in Höhe der Fußsohle ausreichende Tragfähigkeit besitzen oder künstlich durch einen Pfahlrost, auf dessen Köpfe sich der Kasten aufsetzt, befestigt sein.

II. Die **Bausohle** muß wagerecht und vollständig eben sein, damit der Schwimmkasten sich nicht verschieben kann und in seiner ganzen Ausdehnung sicher unterstützt ist. Um sandigen Baugrund zu ebenen, genügt es wohl, einen schweren Träger mehrmals quer darüber hinzuziehen. Festerer Boden wird durch eine dünne Lage Kies, Schotter oder Magerbeton wagerecht und eben abgeglichen. Ist ein Pfahlrost geschlagen, so wird er unter Wasser mittels Grundsäge (Abb. 200) in wagerechter Ebene abgeschnitten, worauf die Zwischenräume mit Steinschlag oder Kies ausgefüllt werden (Abb. 103).

Ist eine Veränderung der geebneten Bausohle durch die Strömung zu befürchten, so wird sie zuvor mit einer Faschinenwand (Abb. 101) oder, falls das Bauwerk dauernd gegen Unterspülung zu schützen ist, mit einer Spundwand umgeben, die stromab zum Einfahren des Schwimmkastens vorläufig offen bleibt (Abb. 102).

Kann eine dichte Umschließung der Baustelle entbehrt werden, so sind zur Führung des Schwimmkastens während des Absenkens vorher einige **Leitpfähle** zu schlagen (Abb. 103).

Der Schwimmkasten wird entweder von einem Helling (schiefer Ebene) in das Wasser gelassen oder in einer Art Trockendock, das durch Aufwerfen eines Dammes am Ufer vorübergehend gebildet wird, hergestellt und mit Durchstechen des Dammes (im Gebiete der Gezeiten bei Flut) flott gemacht. Ist er auf einem Floß zusammengebaut worden, so wird er durch einseitige Belastung dieses zum Abschwimmen gebracht.

III. Die **Absenkung** des Kastens erfolgt zunächst durch Ausführung

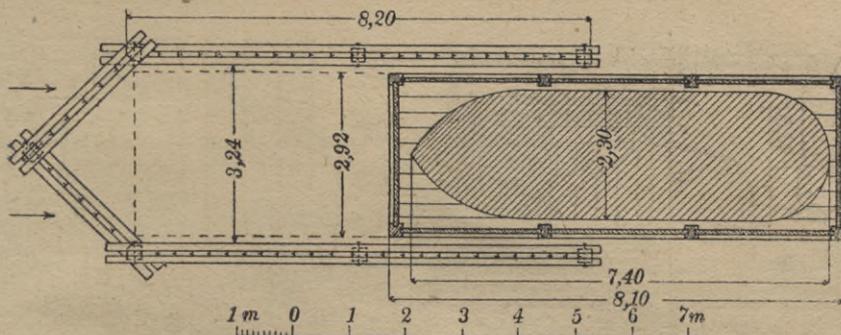


Abb. 102. Spundwand als Stromschutz eines Schwimmkastens.

des Bauwerks in seinem Innern so weit, bis sein Boden nur mehr wenig über der Bausohle schwebt. Zum Aufsitzen wird er durch lose eingepacktes Baumaterial gebracht. Hat er hierbei die vorgeschriebene Lage nicht genau eingenommen, so kann er durch Herausschaffen der losen Auflast wieder zum Aufschwimmen gebracht und dann von neuem abgesenkt werden.

IV. **Größe und Grundrißform** des Schwimmkastens werden dem zu gründenden Bauwerk angepaßt (Abb. 102); nur bei langen Ufermauern und Molen ist eine Zerlegung in einzelne Kästen von 10—20 m Länge erforderlich (Abb. 103).

1. Am häufigsten werden **Schwimmkasten aus Holz** mit abnehmbaren, also öfter verwendbaren Seitenwänden (Abb. 103) benutzt, was namentlich für Ufermauern und Molen von Vorteil ist. Weniger geeignet sind sie für hochbelastete Brückenpfeiler, weil der hölzerne Boden unter großer Auflast immer etwas nachgibt.

a) Der Boden besteht aus zwei bis drei Lagen sich kreuzender Bohlen von 8—15 cm Stärke und bildet demnach einen liegenden Rost zwischen Bauwerk und Baugrund. Ruht er auf einem Pfahlrost auf, so wird er mit diesem nicht besonders verbunden, da sich die Pfahlköpfe unter der Auflast immer einige Zentimeter in den Holzboden einpressen und so erfahrungsgemäß das Bauwerk genügend gegen Verschiebung sichern.

b) Die Seitenwände werden aus Pfosten mit Nuten beiderseits und in diese eingeschobenen Bohlentafeln gebildet. Die Pfosten stehen in entsprechenden Ausschnitten der obersten Bohlenlage stumpf auf oder werden noch durch einen lotrechten eisernen Dorn, der durch eine auf den Boden genagelte Platte greift, gegen seitliches Verschieben gesichert. Sie werden durch Holme und Querzangen zusammengehalten und durch lotrechte Anker, welche in Haken oder Schraubenmuttern, die in den Boden eingelassen sind, greifen und mittels Schraubenmuttern über den Zangen- und Holmenden angezogen werden, fest auf den Boden gepreßt (Abb. 103). Alle Fugen sind, um vollständige Wasserdichtigkeit zu erzielen, mit Werg und Teer zu kalfatern.

Bei größeren Wassertiefen sind die Wände noch zwischen Boden und oberem Querverband gegeneinander abzusteifen. Muß die Zwischenversteifung mit dem Höherwachsen des Bauwerks entfernt werden, so sind zuvor die Wände gegen das fertige Mauerwerk abzukeilen oder auch die Schlitz zwischen Mauer-

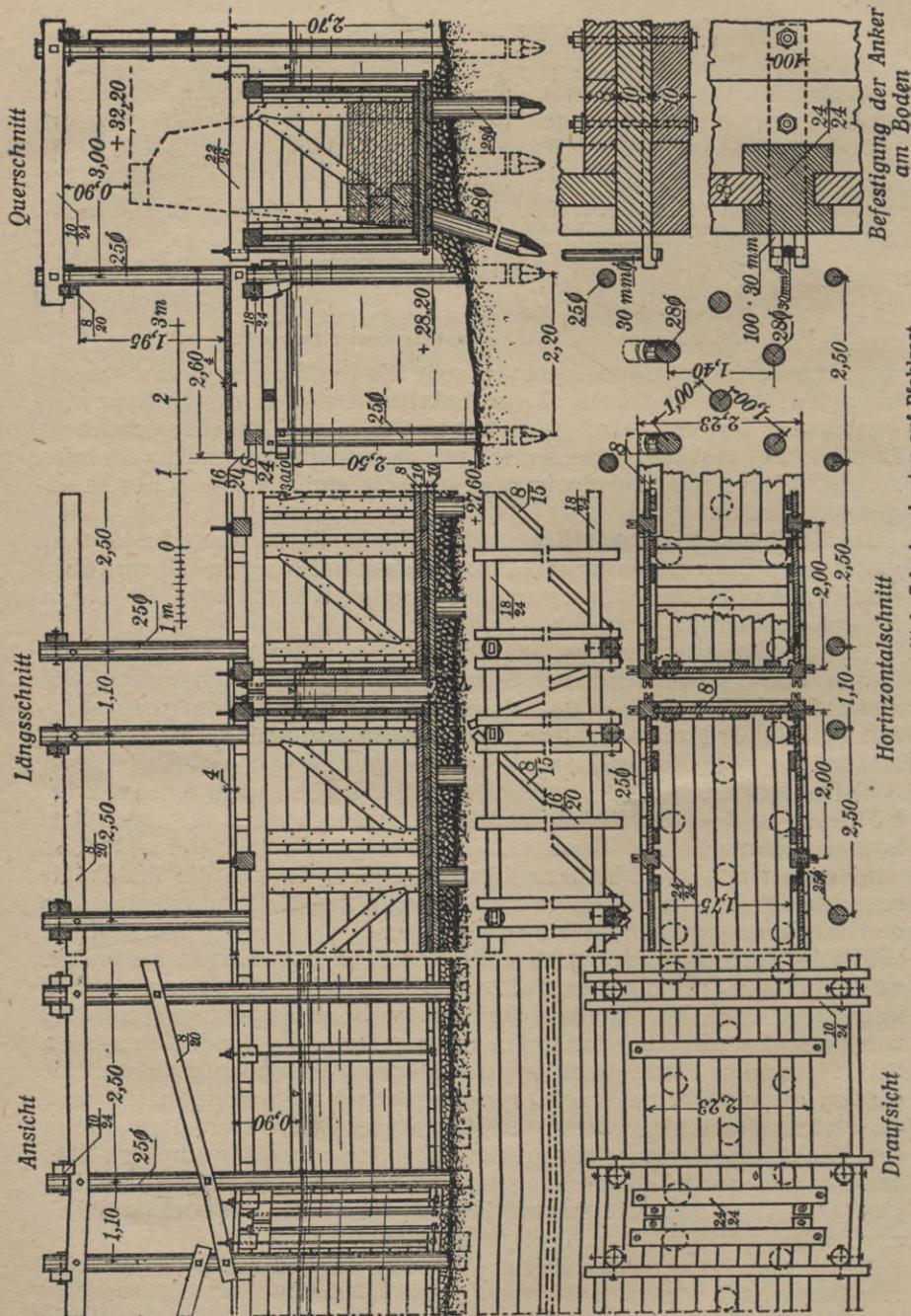


Abb. 103. Gründung einer Ufermauer mittels Schwimmkasten auf Pfahlrost.

werk und Wandung mit Wasser zu füllen, um den von außen wirkenden Wasserdruck zu vermindern.

c) Ist das Bauwerk bis zum Kastenrand hochgeführt, so werden die Schraubenmuttern über den Zangen und Holmen gelöst und die Anker ausgehakt, worauf die Seitenwände hochschwimmen und auseinandergenommen werden können.

d) Die zwischen den einzelnen Teilen langer Molen verbleibenden Schlitzte werden überwölbt. Bei Ufermauern müssen sie geschlossen werden, damit die Hinterfüllung nicht durchrutscht, und werden deshalb am einfachsten ausbetoniert, nachdem sie vorübergehend beiderseits mit paßrechten Bohlentafeln zugesetzt sind (Abb. 104) und bei hohem Pfahlrost auch der Bodenschlitz mit einer Bohlen- oder Blechtafel abgedeckt ist. Es empfiehlt sich, die Schlitzte zwischen den einzelnen Stücken einer Ufermauer nach der Wasserseite zu verengen, um dem Erddruck auf die Betonfüllung besser zu begegnen (Abb. 104).

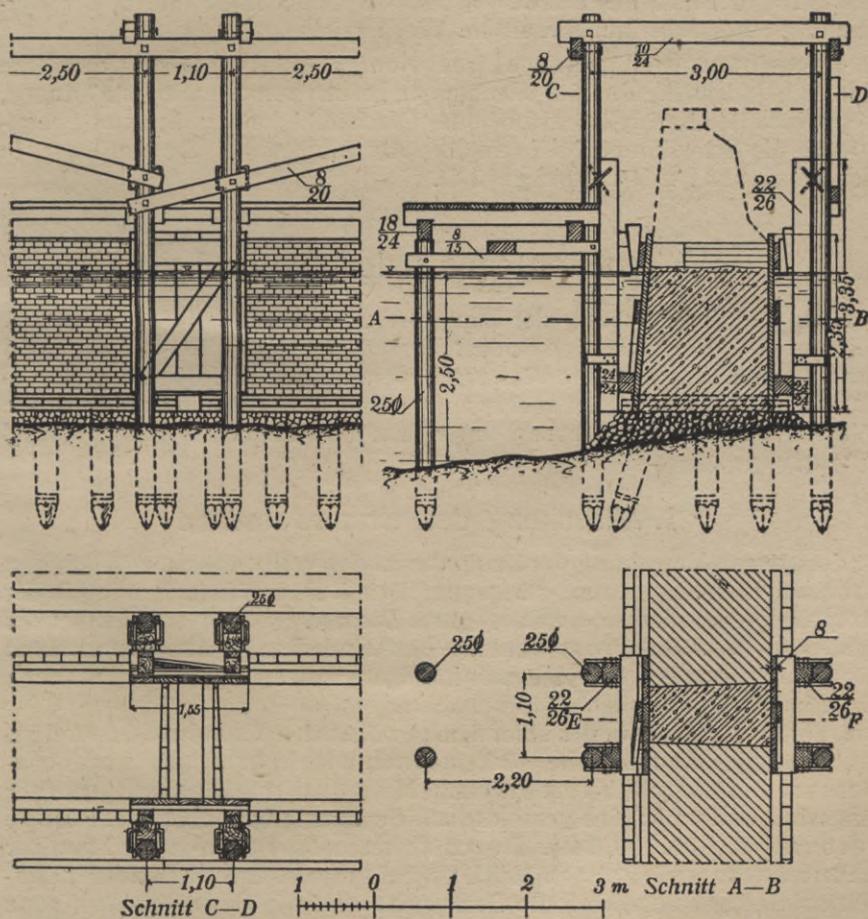


Abb. 104. Ausfüllung des Schlitzes zwischen zwei Schwimmkästen (zu Abb. 103).

2. **Eiserne Schwimmkasten** werden aus Blechen, die mit Winkel-eisen besäumt sind, zusammengenietet und erforderlichenfalls noch durch größere Formeisen versteift (vgl. Abb. 162). Sie werden gewöhnlich mit Beton ausgefüllt und dienen diesem als dauernde Umhüllung. Sollen die Seitenwände wieder abgenommen werden, so sind sie mit dem Boden durch Schrauben zu verbinden und aus einzelnen Tafeln zusammenzusetzen, die ebenfalls lösbar miteinander verbunden sind. Das Lösen der Schrauben muß durch Taucher bewirkt werden.

3. Schwimmkasten aus Mauerwerk oder Beton, sog. **Schwimmpfeiler**, erhalten einen Holzboden, auf dem der untere Teil des Bauwerks mit brunnenartigen Aussparungen, deren Zwischenwände zur Versteifung dienen, aufgeführt wird, um die nötige Schwimmfähigkeit zu erzielen. Besondere Seitenwände aus Holz oder Eisen werden also erübrigt. Nach der Versenkung werden die Hohlräume ausbetoniert. Das große Gewicht des Materials und die erforderliche große Stärke der Wandungen werden bei geringer Breite des Bauwerks, also bei engen Hohlräumen, der Herstellung eines Schwimmkörpers im Wege sein.

4. **Schwimmkasten**, ganz aus Eisenbeton (vgl. Abb. 161), lassen sich infolge der verhältnismäßig dünnen Wandungen leicht zum Schwimmen bringen, vermeiden den Nachteil der Holzböden (Nachgiebigkeit) und ersparen ebenso wie die Schwimmpfeiler besondere Abschlußwände. Sie werden nach der Versenkung mit Beton gefüllt.

IV. Trockenlegung der Baugrube.

Falls die Umschließung der Baugrube nicht vollständig dicht ist und nicht in eine undurchlässige Schicht eingreift, ist nicht allein das innerhalb der Umschließung stehende Wasser, sondern auch das infolge des gestörten Gleichgewichts immer von neuem aus der durchlässigen Sohle aufsteigende Wasser während der Arbeiten unter dem ursprünglichen Wasserspiegel auszupumpen.

1. Absenkung des Grundwassers

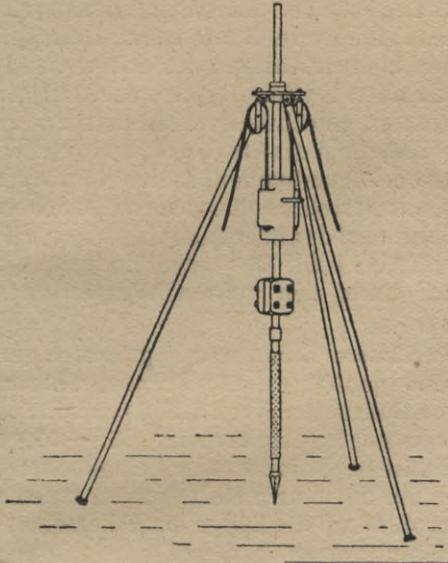
in der ganzen Umgebung der Baugrube ist das vollkommenste Mittel, den Arbeiterschwerungen und -störungen, die mit dem Wasserandrang in der Baugrube verbunden sind, zu begegnen. Dieses Verfahren ist in den letzten Jahren so vervollkommenet worden — es wurden schon Absenkungstiefen bis 22 m erreicht —, daß es immer häufigere Anwendung an Stelle älterer Gründungsweisen findet.

I. Vor Inangriffnahme des unter dem gewöhnlichen Grundwasserstand gelegenen Teiles der Baugrube wird eine Anzahl **Rohrbrunnen** in oder meistens um die Baugrube herum bis einige Meter unter die künftige **Bausohle** eingesetzt und durch eine gemeinschaftliche Saugleitung mit einer Pumpe verbunden (Abb. 109, 149). Durch andauerndes Pumpen wird nun der Grundwasserspiegel allmählich so tief gesenkt und während der Bauzeit so tief gehalten, daß die Baugrube und die Grundbauten ganz im Trockenem hergestellt werden können. Es wird dadurch eine Um-



105.

Abb. 105. Rammfilterrohr, gelochtes Rohr, verzinkt und mit Messinggewebe bespannt. [Deseniss & Jacobi A.-G., Hamburg.]



106.

Abb. 106. Rammbrunnen (Abessinier), fertig zum Einrammen. [Deseniss & Jacobi A.-G., Hamburg.]



Abb. 107. Rammbrunnen während des Tiefferrammens. [Deseniss & Jacobi A.-G., Hamburg.]

schließung der Baugrube mit Spundwänden meistens entbehrlich und zugleich der Baugrund infolge des nach unten gerichteten Grundwasserstroms noch fester gelagert.

Je feiner das Korn des Untergrundes, je undurchlässiger also dieser ist, desto begrenzter ist der Einfluß eines Brunnens auf den Stand des ihn umgebenden Grundwassers, um so dichter müssen daher die Brunnen stehen, um so geringer kann ihre Weite sein, um so eher muß aber auch mit dem Abpumpen begonnen werden.

Auch im offenen Wasser hat sich das Absenken des Grundwassers in der Baugrube bewährt, wenn eine Verbindung zwischen Flußwasser und Grundwasser infolge einer undurchlässigen Schicht in der Flußsohle nicht bestand. Doch hat man sich fortlaufend zu versichern, daß kein Sand mitgepumpt wird, weil andernfalls Senkungen im Untergrund und ein Durchbruch der undurchlässigen Schicht zu befürchten sind (Bruch des Spreetunnels 1912).

1. Für kleine Baugruben und geringe Absenkungstiefen reichen **Ramm (Abessinier)brunnen**, 30—70 mm ϕ , aus, deren unterstes Rohrstück mit Löchern versehen und mit Tressengewebe aus Messing zum Schutze gegen Versandung umkleidet ist (Abb. 105—107).

2. Gewöhnlich finden jedoch **Rohrbrunnen**, 100—250 mm ϕ , (Abb. 108) Verwendung. Ihr unterer, im Grundwasser stehender, 3—5 m langer Teil, das Filterrohr, aus Kupfer oder verzinktem Eisenblech hat Löcher und

wird, um die Saughöhe soweit wie möglich zu beschränken. Auf die noch verbleibende Höhe wird das Wasser gedrückt und durch Rinnen oder Gräben abgeführt (Abb. 149).

Die Saugleitung erhält eine schwache Steigung (5‰) zur Pumpe, damit etwaige Luftblasen durch die Pumpe mitgerissen werden und keine die Förderung erschwerenden Luftsäcke in der Leitung bleiben.

1. Die Saugleitung wird zweckmäßig als **Ringleitung** angelegt, um undichte Stellen durch zwei von den in der Leitung verteilten Absperrschiebern ausschalten und alle übrigen Brunnen mittels der beiden verbleibenden Arme der Saugleitung in Betrieb halten zu können, wozu die Brunnen rings um die Baugrube angeordnet werden.

2. Langgestreckte Baugruben für Entwässerungskanäle und Unterpflasterbahnen werden bei geringer Breite mit einer Reihe (Abb. 109), bei größerer auch mit **zwei Reihen** in oder neben der Baugrube in 7—10 m Abstand eingesetzter **Brunnen** versehen, die mit dem Fortschreiten des Baues hinten ausgebaut, vorne neu eingebaut werden. Die Saugleitungen werden neben der Baugrube (Abb. 109), bei zwei Brunnenreihen zuweilen nur eine gemeinschaftliche auf der einen Seite oder in der Mitte der Baugrube angeordnet. Zwei Stränge auf beiden Seiten werden wegen des fort dauernden Ab- und Anbaues gewöhnlich nicht zur Ringleitung verbunden. Es empfiehlt sich deshalb, die Saugleitungen der einzelnen auf die ganze Strecke verteilten Pumpen nicht für sich, sondern als fortlaufenden Strang durchzuführen und diesen durch Absperrschieber in die einzelnen Pumpabschnitte zu zerlegen, damit beim Versagen eines Brunnens oder einer Pumpe eine kurze Strecke mit Hilfe

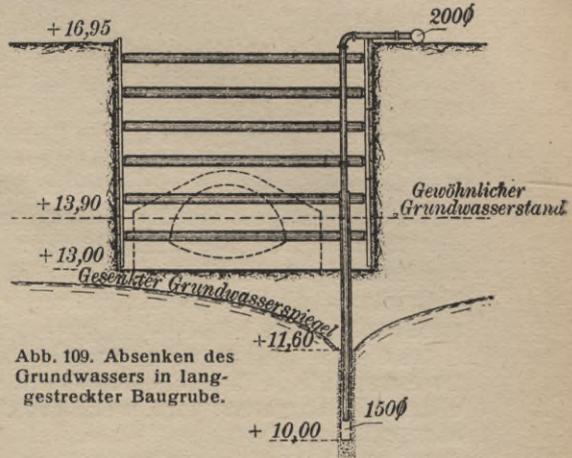
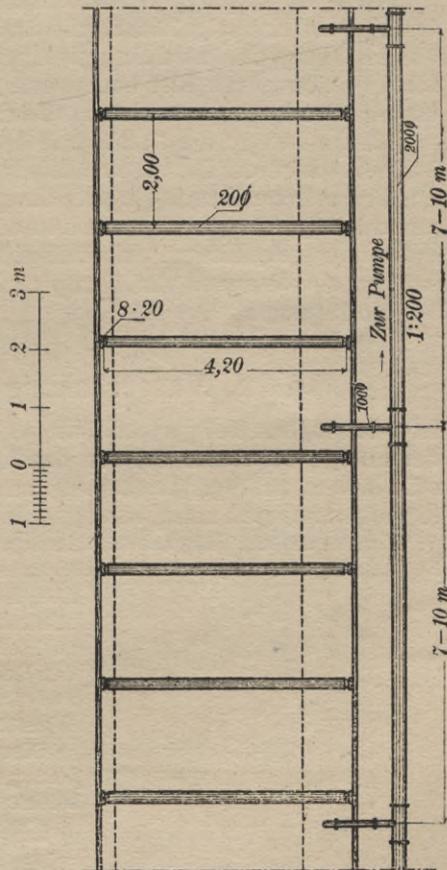


Abb. 109. Absenken des Grundwassers in langgestreckter Baugrube.



weiterer Schieber ausgeschaltet und die Reststrecken nach Öffnung der Abschnittsperrschieber den Nachbarpumpen zugewiesen werden können.

3. Auf kleinen Baustellen begnügt man sich mit einem oder zwei **Einzelsträngen** (Abb. 149).

Für alle Fälle, besonders aber in Einzelsträngen, sind **Absperrschieber** zwischen den Saugrohren und der Saugleitung erwünscht, um einzelne schlechtziehende Brunnen absperrn und nachsehen zu können.

III. Als **Pumpen** werden vorwiegend Kreiselpumpen (Abb. 114) wegen ihrer einfachen Wartung benutzt. Die mit ihnen zu erreichende Absenkung des Grundwassers beträgt nur 6—8 m, und ist schon deshalb die möglichst tiefe Aufstellung der Pumpen in den meisten Fällen notwendig (Abb. 149).

Muß das Grundwasser tiefer gesenkt werden, so wird die ganze Brunnenanlage in zwei oder mehr Stufen gestaffelt, von denen die tiefere erst in Betrieb gesetzt wird, wenn das Grundwasser bis zu ihr durch die obere abgesenkt ist.

Da die Kreiselpumpen leicht ablaufen und beim Wiederanstellen Saugleitung und Kreiselgehäuse vollständig gefüllt sein müssen, werden zwischen Saugrohr und Saugleitung, manchmal auch am Fuß des Saugrohres lederne, mit Blei beschwerte Rückschlagklappen eingeschaltet, um das Leerlaufen zu verhüten. Auch das Druckrohr erhält ein Rückschlagventil, um heftige die Dichtigkeit der Saugleitung gefährdende Stöße des beim Ablaufen der Pumpe zurückfallenden Wassers zu verhindern, während ein Umlauf vom Druckrohr zum Saugrohr, der gewöhnlich durch ein Ventil verschlossen ist, gestattet, etwa in der Saugleitung und im Kreiselgehäuse entstandene Hohlräume aufzufüllen. Letzteres erübrigt sich, wenn zum Ansaugen des Wassers ein Dampfstrahlejektor, wie bei Lokomobilbetrieb, zur Verfügung steht.

2. Wasserhaltung in der Baugrube

ist nur möglich bei gutem Baugrund, nicht aber über feinem Sand, der infolge des Auftriebs, den das Abpumpen des Wassers hervorruft, zu schwimmen anfängt (Triebsand), wodurch der Bestand der Umschließung (Spundwand) gefährdet wird.

Werden auf der Baugrubensohle durch das aufsteigende Wasser kleine Sandkegel aufgeworfen, so ist dies das erste Zeichen der Bildung von Triebsand.

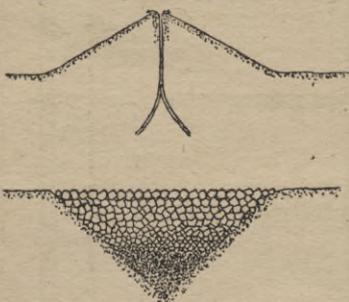


Abb. 110. Verhindern der Kegelbildung im Triebsand.

Die Kegelbildung wird verhindert durch schnelles Ausschachten eines Trichters an Stelle des Kegels und dessen Ausfüllung der Reihe nach mit grobem Sand, Kies und zuletzt mit Schotter, um das aufsteigende Wasser zu filtern (Abb. 110).

Dieses Verfahren bewährt sich natürlich nur, solange sich Triebsand an vereinzelt Stellen bildet.

I. **Während der Ausschachtung** zwischen den Spundwänden ist dafür zu sorgen, daß das Wasser nach einer Vertiefung, in der sich der Saugkopf der Pumpe befin-

det, hinfließen kann, und daß der Saugkopf und somit auch die Pumpe vor dem Eindringen von Holzstückchen, Sand usw. durch einen Weidenkorb, Kies oder Schotter geschützt ist, um eine Verstopfung der Pumpe zu verhüten.

II. Eine wesentlich größere Aufmerksamkeit erfordert die Wasserhaltung während und noch eine Zeitlang nach der Ausfuhrung des unter dem Wasserspiegel (außerhalb der Baugrube) befindlichen

Mauerwerks. Steigt nämlich das Wasser an, bevor der Mörtel abgebunden hat, so werden die Fugen teilweise ausgespült, jedenfalls aber Mauern, die Hohlräume, wie Keller (Abb. 138, 143, 222), unterirdische Wasserbehälter, Entwässerungskanäle

(Abb. 111), Durchlässe (Abb. 142), Schleusenkammern, Unterpflasterbahnen, umschließen, undicht. Deshalb ist dafür Sorge zu tragen, daß der Wasserspiegel in der Baugrube bis zum Abbinden des Mörtels unter dem Mauerwerk gehalten wird. Bei einem Wasserdruck von 1m dürften hierzu drei Tage genügen.

Als Mörtel kommt nur Zementmörtel in Frage.

1. Um das Wasser genügend tief abpumpen zu können, wird für den Saugkopf der Pumpe ein Pumpensumpf angelegt, und zwar bei genügendem Platz seitlich vom Bauwerk in der Baugrube selbst (Abb. 138, 143, 222), sonst in einem seitlichen Ausbau (Abb. 111). Der Pumpensumpf wird gewöhnlich an die die Baugrube umgebende Spundwand angeschlossen und nach der Baugrube zu durch kürzere Spundbohlen,

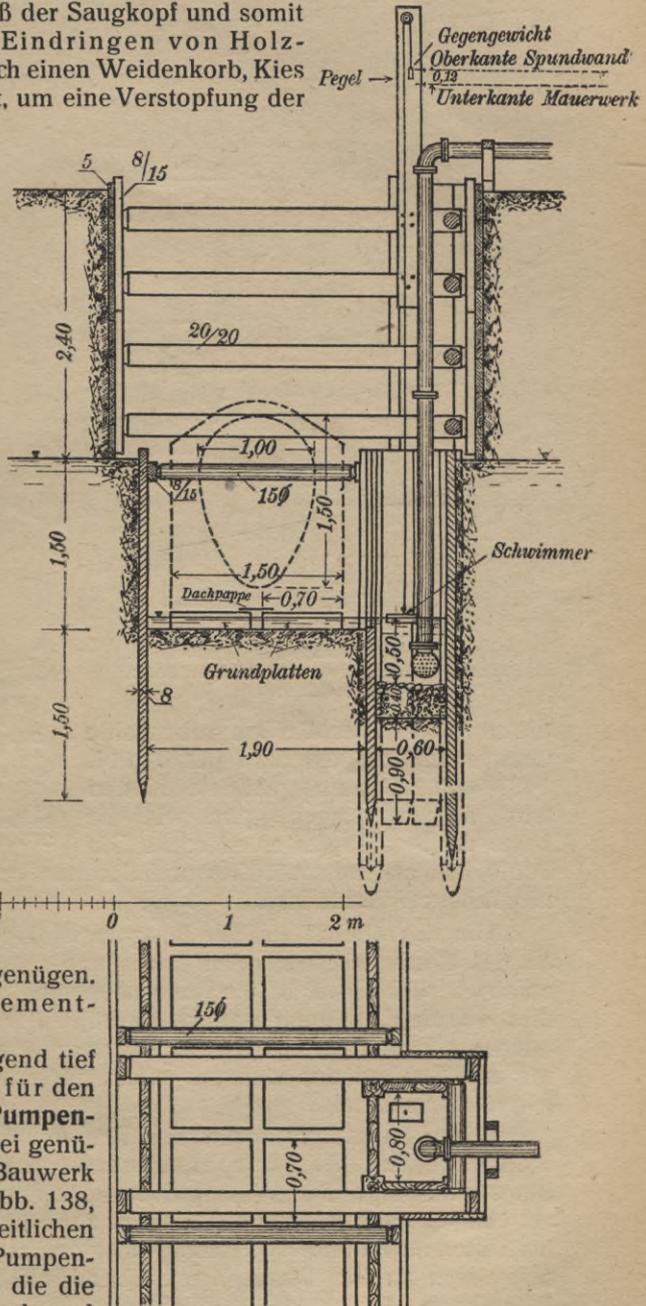


Abb. 111. Wasserhaltung in offener Baugrube unter Verwendung von Grundplatten.

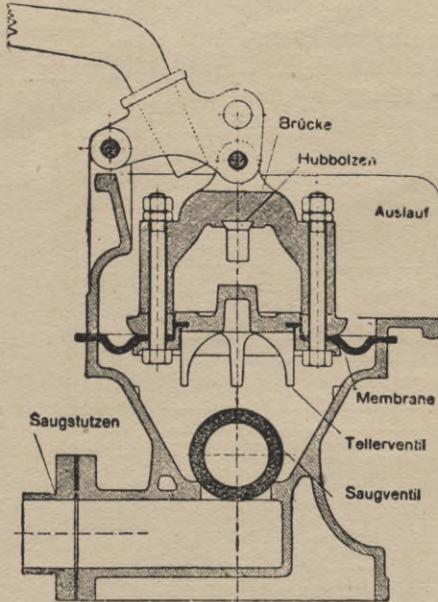


Abb. 112.
Diaphragma-Saugpumpe für Handbetrieb.
[Hammelrath & Schwenzer, Pumpenfabrik,
Düsseldorf.]

die nur 3 cm über die Baugrubensohle überstehen, abgegrenzt (Abb. 111, 143, 222). Der so gebildete Kasten wird so tief ausgebaggert, wie die Höhe des Saugkopfes es erfordert. Die Sohle bedeckt man mit Kies und Schotter, um das Auftreiben von Sand möglichst zu verhindern.

2. Um das überall aus der Baugrubensohle aufsteigende Wasser nicht an das Mauerwerk treten zu lassen und sofort nach dem Pumpensumpf abführen zu können, ist die **Baugrubensohle zu drainieren**. Es geschieht dies durch Einbettung von kiesumhüllten Drainleitungen (Abb. 138) oder von Leitungen aus Steinzeugrohren zweiter Sorte, deren Muffen nur mit Stricken aus Heu ausgefüllt sind, oder mit Hilfe von Grundplatten aus Beton.

3. Die **Grundplatten**, rechteckige Platten von rd. 1 m² Fläche und 15 cm Stärke, werden mit Zwischenräumen von 10 cm unter dem ganzen Bauwerk verlegt. Das Wasser fließt durch die Schlitze dem Pumpensumpf zu. Um jeglichen Aufstau des Wassers zu verhindern, werden die Schlitze bis Unterkante Platte vollständig ausgekratzt und vor dem Übermauern mit einem Streifen Dachpappe überdeckt, damit kein Mörtel hineinfallen kann (Abb. 111).

4. Damit der die Pumpe bedienende Maschinist jederzeit, ohne seinen Stand an der Maschine verlassen zu müssen, weiß, wie hoch das Wasser

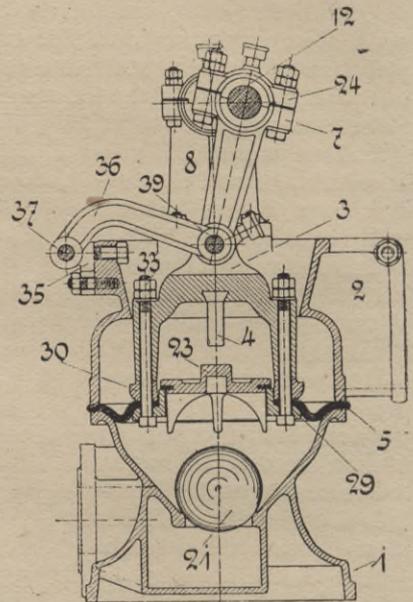


Abb. 113.
Diaphragmapumpe für Kraftbetrieb.
[Hammelrath & Schwenzer, Düsseldorf.]
1 Unterteil 23 Tellerdruckventil
2 Oberteil 24 Pleuellagerdeckel
3 Brücke 29 Unterer Spannring
4 Hubbolzen 30 Oberer Spannring
5 Membrane 33 Brückenschraube
7 Pleuellager 35 Führungskloben
8 Stehlager 36 Führungshebel
12 Kurbelwelle 37 Führungsbolzen
21 Saugventilkugel 39 Brückenbolzen

in der Baugrube steht, ob er stärker oder schwächer zu pumpen hat, ist ein einfacher **Schwimmerpegel** (Abb. 111) über Gelände sichtbar für ihn anzubringen. Zu dem Zweck wird ein lotrechtes Brett, das etwa 2 m über die Baugrubenkante übersteht, an die Schalwand oder an zwei Steifen angenagelt und an dieses eine kleine (Zwirn-)Rolle. Über letztere wird ein ganz dünner, ausgeglühter (Blumen-)Draht geführt, der mit dem einen Ende an einem auf dem Wasser schwimmenden Brettstück befestigt ist, an dem anderen Ende ein kleines Gegengewicht (Schraubenmutter) trägt. Zwei mit wagerechten Nägeln oder Kreide bezeichnete Marken geben die Oberkante der Spundwand des Pumpensumpfes und die Unterkante des Mauerwerks an. Das Gegengewicht muß demnach immer zwischen diesen beiden Marken gehalten werden (Abb. 111).

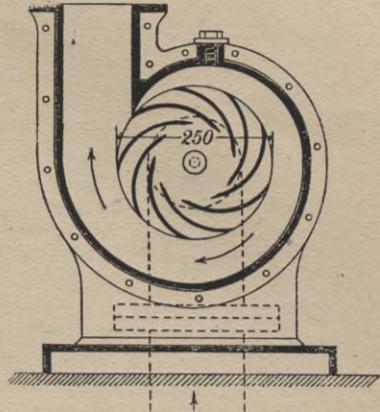


Abb. 114.
Kreiselpumpe (Schnitt).

Wird die Baugrubensohle durch Rohre drainiert, so bezeichnet die obere Marke den Scheitel des in den Pumpensumpf einmündenden Rohres.

III. 1. Als **Pumpen** kommen in Betracht die gewöhnliche doppelstiefige **Baupumpe** für Handbetrieb, die **Diaphragmapumpe** (Abb. 112—113) für Hand- oder Kraftbetrieb und die **Kreiselpumpe** (Abb. 114) für Kraftbetrieb.

Den Ausfluß der Pumpe ordnet man so tief wie möglich an, um das Wasser nicht unnötig hoch heben zu müssen. Ist jedoch die Baugrube tiefer als 6 bis 8 m (größte Saughöhe), so muß man die Pumpe unter Gelände aufstellen und das Wasser auf die noch verbleibende Höhe hinaufdrücken (vgl. Abb. 149).

2. Um bei langen Baugruben, z. B. für Entwässerungskanäle, die Pumpe nicht zu oft versetzen und nicht an Punkten aufstellen zu müssen, die überlange Rinnenleitungen zum Fortschaffen des gepumpten Wassers bedingen, baut man den **Pumpensumpf** durch **Ummantelung** mit Mauerwerk oder Betonrohren bis zum Gelände zum Brunnen aus, aus dem das Wasser der Baugrube unter dem bereits fertiggestellten Teil des Bauwerks hindurch hochgepumpt wird.

Bei Verwendung von Grundplatten ist dann aber durch Überkragen des seitlichen Wasserlaufes (20 cm breit) mit Mauerwerk bis zur Spundwand ein durchgehender geschlossener Kanal von größerem Querschnitt, als ihn die mittleren Schlitzte haben, zu schaffen. Durch eine derartige Anordnung der Wasserhaltung ist es unter Umständen in durchlässigem Boden möglich, den Grundwasserstand so zu senken, daß die weiterhin herzustellende Baugrube im Trockenem ausgeschachtet, eine Spundwand entbehrt werden kann.

3. Stehen tief genug liegende Entwässerungsleitungen als Vorflut zur Verfügung, so können durch Einleitung des Wassers in diese, etwa mit Hilfe einer vorübergehend gelegten Anschlußleitung, die **Pumpkosten gespart** werden.

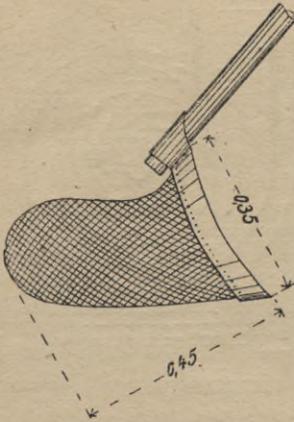


Abb. 115. Sackbagger.

3. Betonierung der Baugrubensohle

ist notwendig bei sehr starkem Wasserandrang und sehr feinkörnigem, quelligem Baugrund, wie Triebsand. Die Baugrube ist unter allen Umständen unter Wasser mit einer Spundwand, die im offenen Wasser erforderlichenfalls durch einen Fangedamm verstärkt wird, zu umschließen.

I. Der Boden zwischen den Spundwänden wird soweit wie möglich mit der Schippe, sodann mit Baggern unter Wasser ausgehoben.

Als **Bagger** kommen in Betracht:

1. Der **Sackbagger** (Abb. 115), nur für kleine

und Nachbaggerungen in leichtem Boden bei mäßiger (bis 2 m) Wassertiefe, wird zur Füllung mit möglichst geneigter Stange von 1—2 Mann über den Grund gezogen.

2. Der **Eimerbagger** mitschräg oder lotrecht (Abb. 167) gestellter Baggerleiter, für Baggerungen jeden Umfangs in nicht zu schwerem Boden mit Hand- oder Kraftbetrieb, gräbt den Boden mit an endloser Kette bewegten Eimern am unteren Ende der Baggerleiter ab und schütet das Baggergut über ihrem oberen Ende aus; die Baggertiefe ist auf die Länge der Baggerleiter beschränkt.

3. Der **Greifbagger** für Baggerungen in jeder Bodenart mit Kraftbetrieb, und zwar der Einketten-Greifer (Abb. 116, 166) für beschränkte Baggerarbeiten in engeren Baugruben, Brunnen (Abb. 166), der Vierseil-Greifbagger für umfangreiche Baggerungen im Freien. Der Greifer wird, gewöhnlich mittels Drehkrans, in geöffnetem Zustand auf den Grund gesenkt, dort durch Anziehen der Hubkette oder -seile gefüllt und geschlossen, über Wasser gehoben, zur Ausschüttstelle geschwenkt und durch Öffnen entleert. Die Baggertiefe ist nur von der Ketten- oder Seillänge abhängig.

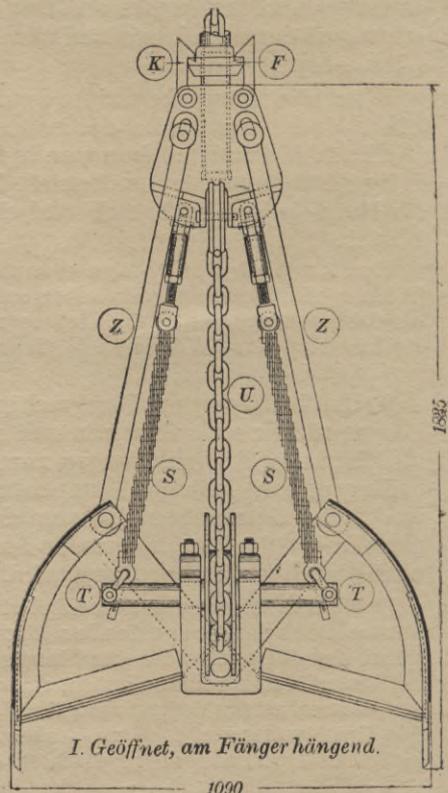


Abb. 116.
Mencks Patent-Einketten-Greifer.
[Menck & Hambrock, G. m. b. H.,
Altona-Hamburg.]

Mencks Patent-Einketten-Greifer (Abb. 116—117) wird mit einer einzigen Kette gesenkt und gehoben, geschlossen und geöffnet; er läßt sich an jedem Kran oder Gerüst (Abb. 166) aufhängen und mit der Kranwinde oder einer besonderen Kraftwinde (Abb. 166) bewegen.

Er wird in geöffnetem Zustande (Abb. 116: I) von dem Fänger *F* abgehoben, an der Hubkette *U* auf den Grund gesenkt, sodann diese durch Anziehen von der Trommel *T* im Greifer abgewickelt. Der Trommeldrehung entsprechend werden die beiden Schließketten *S* (Gallsche Gelenkketten) aufgewickelt, infolgedessen die vier Schließstangen *Z* nach unten und außen bewegt, wodurch der Greifer sich schließt (Abb. 116: II und III). Durch weiteres Anziehen der Hubkette *U* wird der Greifer so weit gehoben, bis er sich mit den beiden Klinken *K* am Fänger *F* aufhängt. Mit Nachlassen der Hubkette *U* wickeln sich unter dem Gewicht des Greifers die Schließketten *S* wieder ab und bewegen sich die Schließstangen *Z* nach innen, wodurch der Greifer sich öffnet und entleert, worauf er von neuem vom Fänger abgehoben und gesenkt werden kann (Abb. 116: I).

Die Schütthöhe ist demnach abhängig von der Stellung des am Kranschnabel *R* hängenden Fängers *F*. Sie läßt sich verringern oder vergrößern durch Verlängern oder Verkürzen der Aufhängeketten *E* des Fängers.

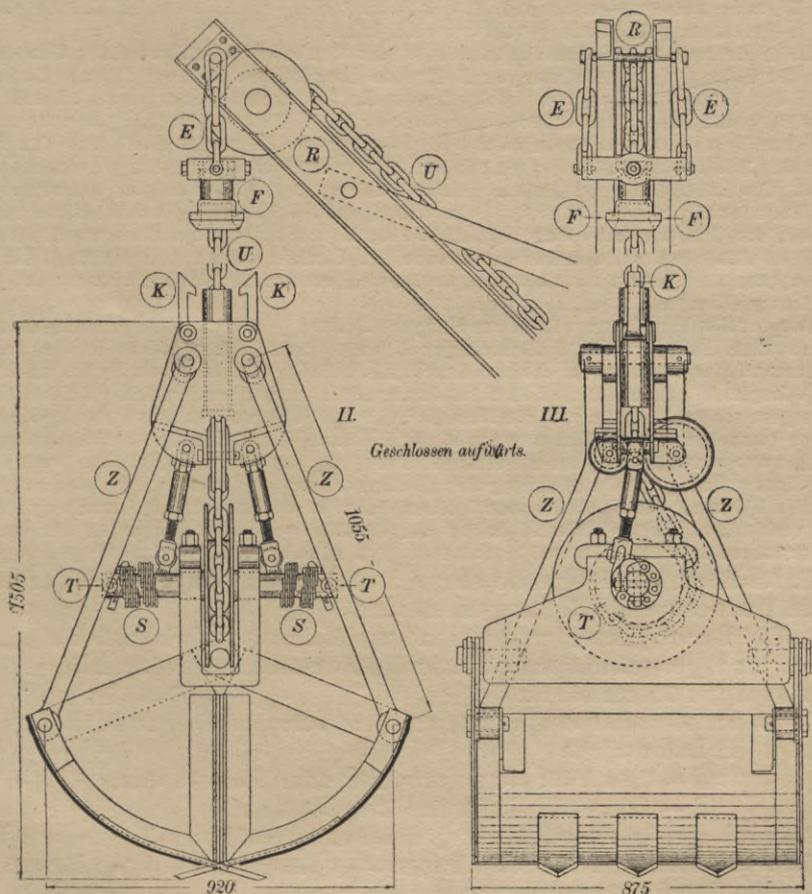


Abb. 116.

Wie die Klinken K sich am Fänger F ein- und aushaken, zeigt die **Einrichtung des Einkettengreiferkopfes** außen (a) und innen (b) in drei verschiedenen Stellungen (Abb. 117: I-III).

In Stellung Ia und b hängt der Greifer in geöffnetem Zustande an dem Fänger F (vgl. Abb. 116: I). Die Schließstangen Z (I a) hängen an ihren Bolzen in den Langlöchern des Kopfes und drücken mit dem Nasenstück n den linken Arm des Winkelhebels w nach unten, den rechten nach oben, wodurch die Spiralfeder f in dem an den Klinkenhebeln h hängenden Gewichte g gespannt, dieses nach oben und die Klinken K nach außen gedrückt werden. Letzteres wird jedoch vorläufig durch die infolge des großen Greifergewichts zwischen Klinken und Fänger herrschende Reibung verhindert. Die Bewegung der Hubkette U nach unten ist durch das Sperrglied m (I b), welches sich auf das die Hubkette führende Kreuzstück i auflegt, begrenzt. Auch nach oben ist in dieser Stellung die Bewegung der Hubkette auf 100 mm durch die zwei Nasenhebel l beschränkt, da diese infolge des Übergewichtes ihres Außenarmes und abgelenkt durch die Zugstücke d , die an den Bolzen der Schließstangen Z hängen, wagrecht stehen und in das dem Sperrglied m folgende Langglied o der Hubkette eingreifen.

Wird nämlich die Hubkette angehoben (II b), so lassen dies die Nasenhebel l nur auf 100 mm zu und verhindern so das Schließen des Greifers. Die Klinken K werden aber durch den kleinen Hub vom Fänger F abgehoben und schlagen infolge der nun zur Wirkung kommenden Spannkraft der Feder f (II a) nach außen, so daß der Greifer in geöffnetem Zustande gesenkt werden kann.

Beim Aufstoßen auf den Grund rutscht der Greiferkopf infolge seines Gewichtes auf die Bolzen der Schließstangen Z in den Langlöchern herunter (III a). Dadurch wird der Winkelhebel w frei, infolgedessen die Spiralfeder f entspannt, so daß das Gewicht g die Klinkenhebel h herunterzieht und die Klinken K wieder lotrecht stellt. Gleichzeitig werden die Nasenhebel l (III b) durch die Zugstücke d , die mit den Bolzen der Schließstangen Z fest verbunden sind, aus ihrer Sperrstellung gedreht, was durch das Langglied o in dessen tiefster Stellung (vgl. Ib), also nur bei schlapper Hubkette ermöglicht wird, und geben damit die Hubkette frei, worauf diese angezogen, der Greifer geschlossen (vgl. Abb. 116: II und III) und gehoben werden kann.

Beim Anstoßen an den Fänger werden die Klinken nach außen gedrängt (III b), schnappen aber, sowie sie über dem Greiferrand sind, unter der Einwirkung des Gewichtes g (III a) ein.

Der Greifer hängt nun wieder am Fänger F . Wird jetzt die Hubkette nachgelassen, so rutschen zunächst die Schließstangen Z unter dem Greifergewicht in den Langlöchern wieder nach unten, drehen den Winkelhebel w und spannen die Spiralfeder f (I a). Zugleich geben die an den Schließstangenbolzen hängenden und mit ihnen heruntergerutschten Zugstücke d die Nasenhebel l frei (Ib), so daß diese, um ihre Drehachse pendelnd, der Hubkette, wenn sie zum Öffnen des Greifers weiter nachgelassen wird, zwar ausweichen, aber die Aufwärtsbewegung der Kette, wenn diese nach vollständiger Öffnung und Entleerung des Greifers angezogen wird, nach 100 mm hemmen (II b), damit das Schließen des Greifers, bevor er wieder auf dem Grund angelangt ist, verhindern und nur das Abheben des Greifers von dem Fänger in der vorher beschriebenen Weise (IIa und b) zulassen (vgl. Abb. 116: I).

II. Nachdem die Baugrube ausgehoben ist, wird unter Wasser eine Lage Beton auf die Sohle geschüttet.

1. Die Betonplatte macht man gewöhnlich so stark, daß sie schon durch ihr Eigengewicht dem Wasserdruck das Gleichgewicht hält, jedoch mindestens 75 cm stark.

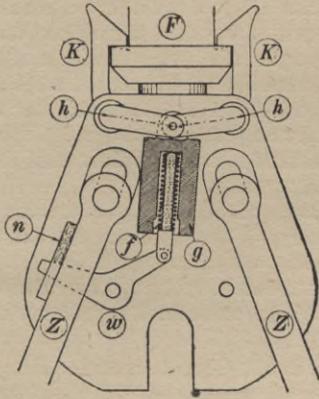
Ist h der Abstand des Wasserspiegels von der Betonoberkante, so beträgt die **Betonstärke**

$$d = 0,84 h \text{ für Beton aus Kies oder Steinschotter,}$$

$$d = 1,25 h \text{ für Beton aus Ziegelschotter.}$$

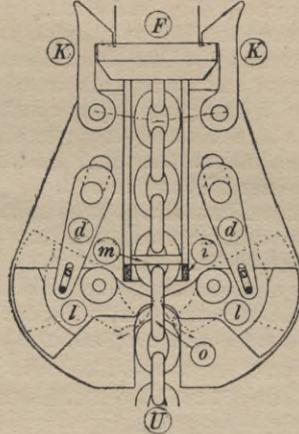
2. Nach genügender Erhärtung des Betons, rd. zehn Tage nach beendeter Schüttung, wird das **Wasser abgepumpt**, worauf die Maurerarbeiten im Trockenem ausgeführt werden können.

Zeigen sich nach dem Abpumpen kleine **Quellen** in der **Betonsohle**, so wir ein Gipskloß aufgedrückt, bis er erhärtet ist und die Öffnung verschließt.

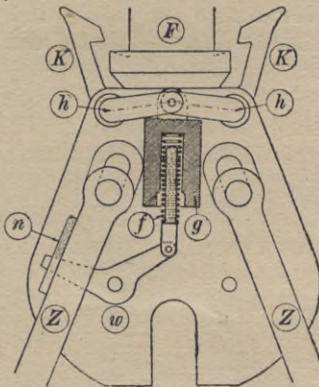


a. außen

I.
Geöffnet
hängend.

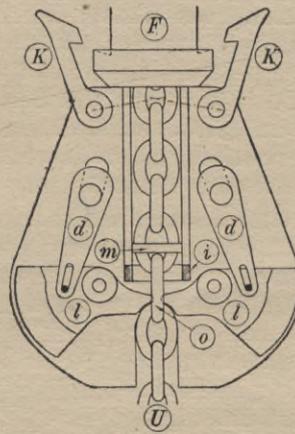


b. innen

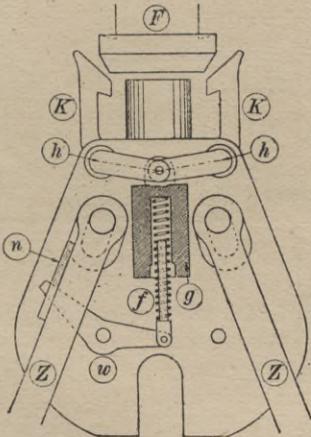


a. außen

II.
Geöffnet
abgehoben



b. innen



III.
Geschlossen
aufwärts

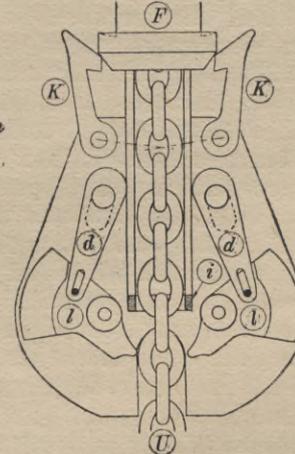


Abb. 117.

Stärkere Quellen sucht man in einer bis zur Höhe des äußeren Wasserstandes reichenden Röhre abzufangen. Man formt entweder die Röhre aus Gips oder benutzt ein Ton- oder Eisenrohr, das gegen die Sohle mit Ton oder Gips und darauf mit Mauerwerk in schnellbindendem Mörtel (Zementmörtel mit Zusatz von Wasserglas) abgedichtet werden muß (Abb. 118). Nachdem das Wasser in der Röhre bis zu seiner gewöhnlichen Höhe angestiegen ist, wird die Röhre teilweise, am besten unter Zusatz von Eisenschrott, ausbetoniert und nach Erhärtung der Füllung soweit wie erforderlich abgestemmt.

Gelingt dies nicht, so muß man das Wasser durch einen übermauerten Schlitz oder ein ummauertes Rohr nach einer Pumpe ableiten und, sobald das Mauerwerk fest ist, den Kanal durch einen mit Werg umwickelten Holzpropfen verstopfen und von oben durch einen im aufgehenden Mauerwerk bis zum Außenwasserstand ausgesparten Schlitz oder durch ein aufrecht eingemauertes Rohr mit Zementmörtel ausgießen.

3. Um nach Möglichkeit die Bildung Wasser durchlassender Fugen zu verhüten, darf die **Schüttung nicht**, auch nachts nicht, **unterbrochen** werden.

4. Ferner muß während und nach der Schüttung bis zur Erhärtung des Betons das **Wasser innerhalb und außerhalb der Baugrube gleich hoch** stehen, damit nicht durch Ausgleich der Wasserspiegel der Beton von Wasser durchströmt und undicht wird.

III. Das Einbringen des Betons unter Wasser, die **Naßbetonierung**, hat so zu geschehen, daß ein Abspülen des Mörtels vom Schotter ausgeschlossen ist. Es geschieht dies mit Hilfe von Betontrichtern, Betonkasten oder Betonsäcken.

1. **Betontrichter** aus Eisenblech oder Holz werden vornehmlich bei ausgedehnten Baugruben angewendet. Zur Vermeidung von Verstopfungen erweitert man sie nach unten mit $\frac{1}{40}$ Anlauf.

a) Der Trichter wird an einem Laufkran aufgehängt, mit dessen Hilfe er in zweizeinander senkrechten Richtungen die ganze Baugrube bestreichen kann (Abb. 119, 120). Der Laufkran bewegt sich auf der mit kräftigen Zangen besäumten Spundwand (Abb. 120) oder auf zwei besonderen, verholzten Pfahlreihen (vgl. Abb. 119). Um den Beton mit Schiebkarren an den Trichter heranzubringen und in ihn kippen zu können, trägt der Laufkran noch einen Steg, an dem entlang der Trichter verschoben wird. Auf den Steg gelangt man bei jeder Stellung des Laufkrans von einem festen Gerüst aus, das zum mindesten an einer Seite der Baugrube quer zum Laufkran errichtet wird.

Im offenen Wasser wird das Bau-

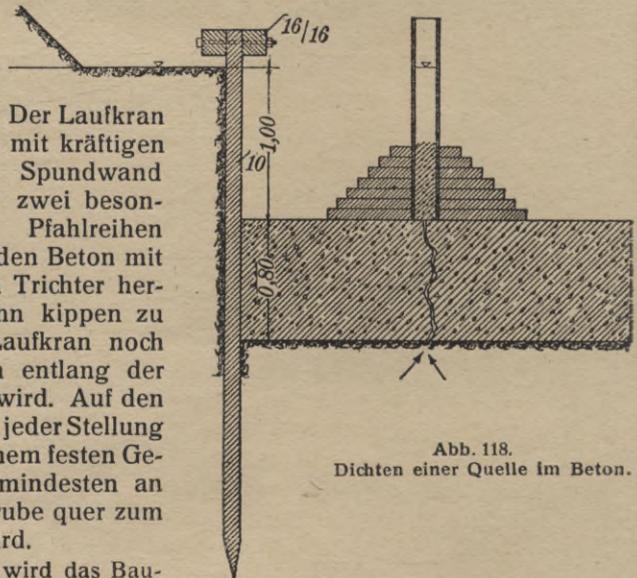


Abb. 118.
Dichten einer Quelle im Beton.

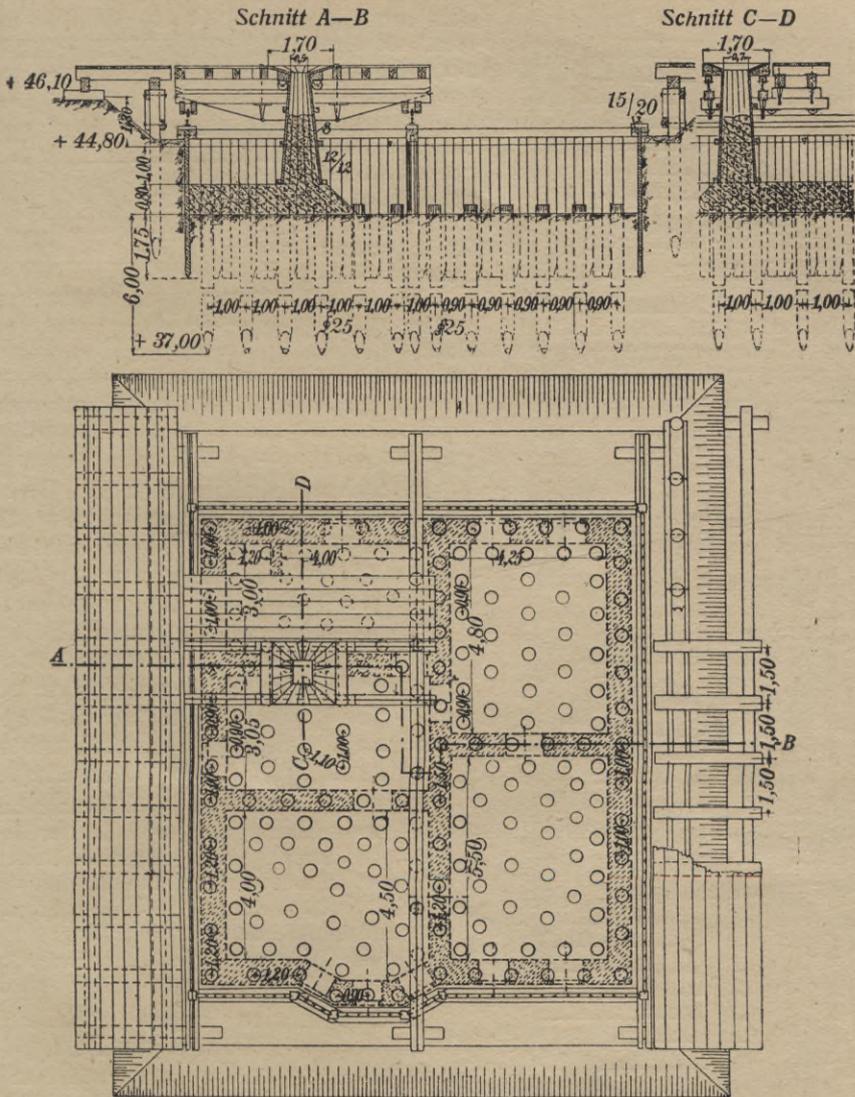
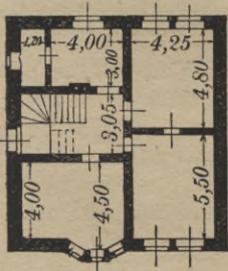


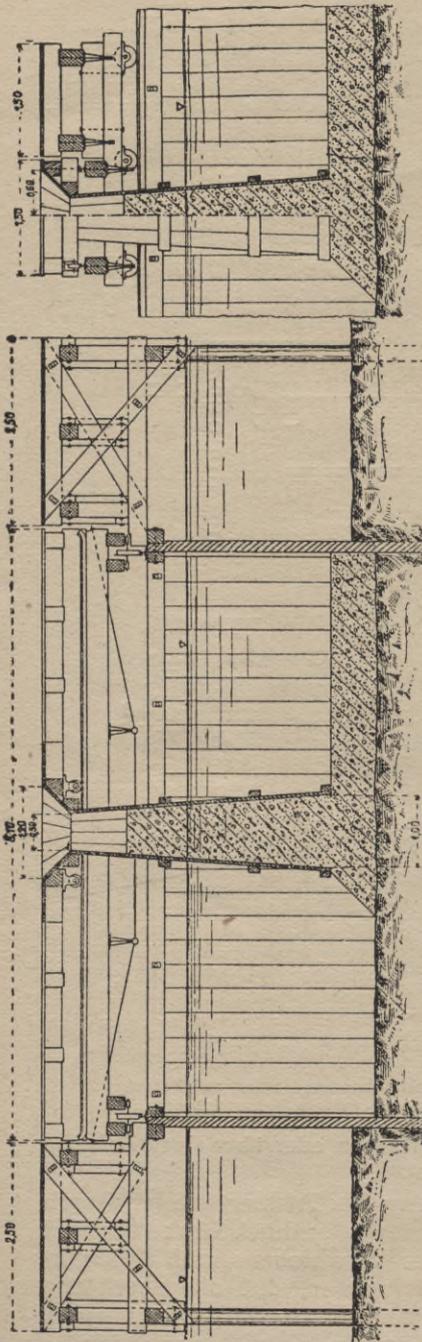
Abb. 119. Gründung eines freistehenden Hauses auf Betonpahlrost. — Naßbetonierung mittels Betontrichter.

material entweder mit Kähen oder über einen Holzsteg vom Ufer herangebracht.

b) Die erste Füllung des Trichters erfolgt durch einen engeren Trichter oder durch Säcke bis über Wasser. Während des Verschiebens muß Beton in dem Maße nachgefüllt werden, daß die Oberfläche immer über Wasser bleibt.

Ist die Versenkung des Betons in einer Schicht in Aus-





sicht genommen, so wird sie in Streifen quer zur größten Ausdehnung der Baugrubegeschüttet, eine etwaige zweite Schicht aber in Streifen winkelrecht dazu (Abb. 121).

Noch besser stellt man die Betonschüttung in zwei Schichten.

Betonlage bei großer Stärke mit mehreren sich dicht folgenden Trichtern sofort in ganzer Höhe her.

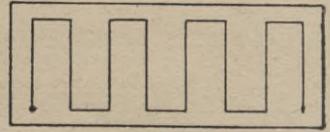
c) Schmale, langgestreckte Baugruben, z. B. für Ufermauern, werden gleich auf die ganze Breite mittels eines Trichters, der nur in der Längsrichtung der Baugrube fortbewegt wird, ausbetoniert. Hierdurch wird es ermöglicht, den Trichter unten schräg abzuschneiden, so daß seine Vorderwand bis auf die Baugrubensohle reicht und ein Abböschchen der Schüttung verhindert (Abb. 122).

Dieses ist insofern von Wert, als bei der Vorwärtsbewegung eines in der Betonoberfläche wagrecht abgeschnittenen Trichters immer einzelne Steine über die sich bildende Böschung herabrollen werden und infolge der schnellen Bewegung durch das Wasser der Mörtel mehr oder weniger von ihnen abgespült werden wird.

2. **Betonkasten** finden vorteilhaft Verwendung in winkligen Baugruben, aber auch da, wo die Aufstellung eines Gerüsts zur Aufnahme des Laufkrans Schwierigkeiten macht. Sie sind aus Holz oder Eisen, oben offen, werden mittels Dreh- oder Kabelkrans in das Wasser gelassen und nach Aufstoßen auf den Grund durch Öffnen des Bodens entleert.

Um Kraft zu sparen, gleicht man das Eigengewicht der Kasten mit einem Gegengewicht so aus, daß sie gefüllt sinken, geleert in die Höhe gehen, und so nur

1. Schicht



2. Schicht

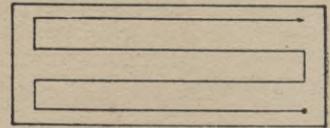


Abb. 121.

Betonschüttung in zwei Schichten.

Abb. 120. Betonierung mittels Trichter im offenen Wasser.

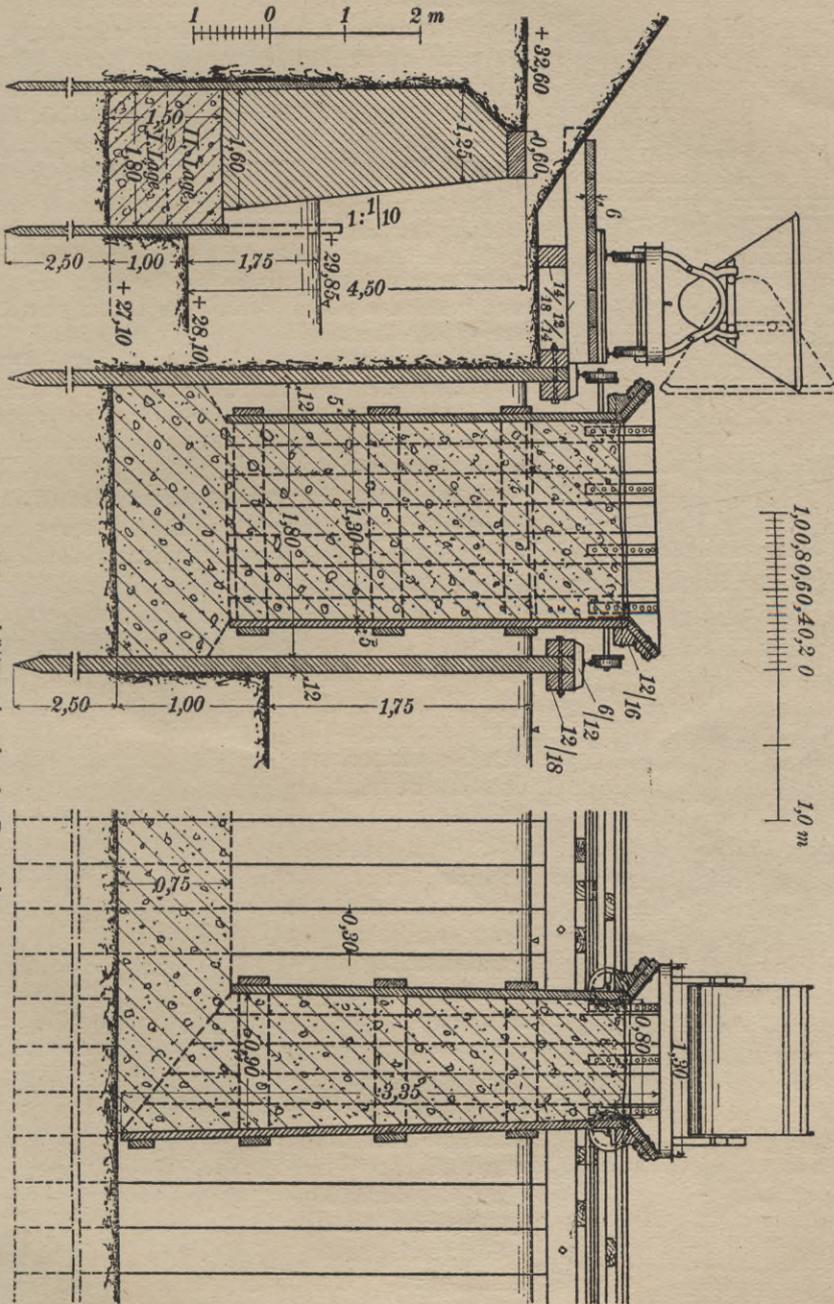


Abb. 122. Beton-Trichterschüttung in schmaler Baugrube.

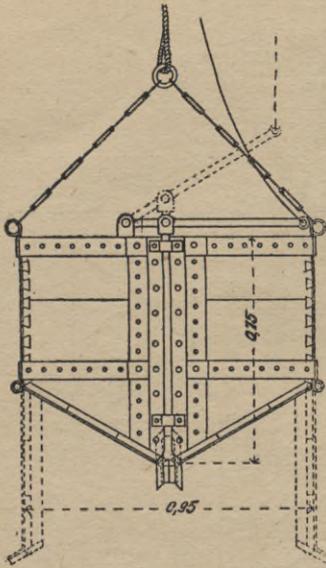


Abb. 123. Betonkasten.
folgenden Kasten ausgefüllt werden.

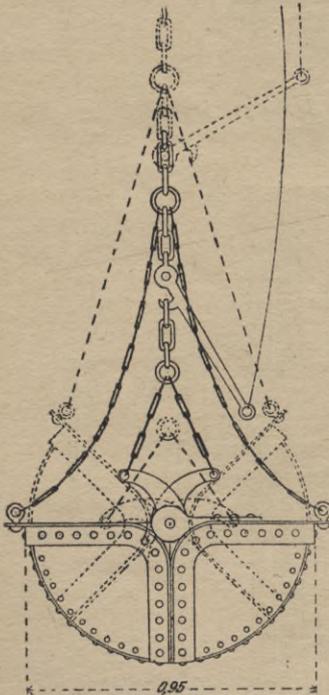


Abb. 124. Betontrommel.

ein Mann an der Bremse zur Regelung der Geschwindigkeit tätig zu sein braucht.

a) Hölzerne Kasten haben Bodenklappen, die sich durch Ziehen an einer Leine öffnen (Abb. 123), eiserne bestehen am besten aus zwei Viertelzylindern [Betontrommel] (Abb. 124), die gefüllt sich aneinanderlegen, angezogen sich entleeren.

Der langarmige Haken der Betontrommel in Abbildung 124 kann infolge des großen Gewichtes der gefüllten Trommel mit der schwachen Leine erst ausgehakt werden, wenn die Trommel aufsitzt, und verhindert so ein vorzeitiges Öffnen und Entleeren der Trommel.

Damit das Wasser beim schnellen Eintauchen den Mörtel nicht ausspült, bedeckt man den Kasten mit einem Stück geteeter Leinwand, das an der einen Seite festgemacht ist, an der anderen beschwert überhängt.

b) Die Schüttung erfolgt derart, daß, nachdem einige Kastenfüllungen versenkt sind, sofort die Zwischenräume durch die

Ob die richtige Höhe der Schüttung erreicht ist, wird durch fortwährendes Peilen mit einer Latte, die im Abstand des Wasserspiegels von der vorgesehenen Betonoberkante eine Marke trägt, ermittelt.

3. Betonsäcke
kommen nur für kleine Arbeiten in Frage, sind aber sehr zweckmäßig zur Ausfüllung von Ecken.

Der Schluß des Sackes erfolgt durch eine leicht lösliche Schlinge oder durch eine Nadel aus Rundisen, die durch Ringe, welche an den Sackrand genäht sind, hindurchgesteckt und, sobald der Sack mit der Öff-

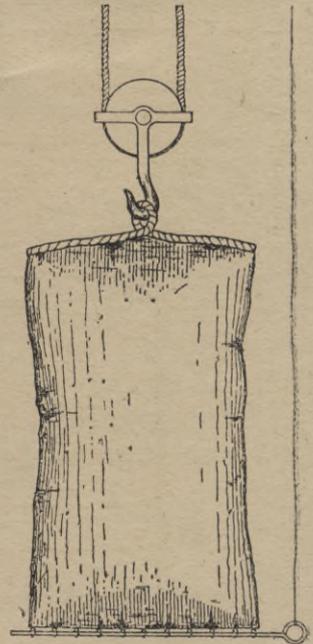
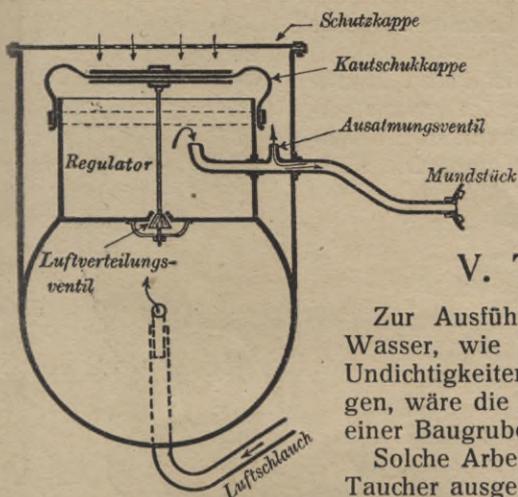


Abb. 125. Betonsack.



nung nach unten auf der Sohle angelangt ist, an einer Leine herausgezogen wird, worauf sich der Sack bei langsamem Wiederanheben entleert (Abb. 125).

V. Taucherarbeiten.

Zur Ausführung kleinerer Arbeiten unter Wasser, wie Beseitigung von Hindernissen, Undichtigkeiten, Vornahme von Ausbesserungen, wäre die Herstellung und Trockenlegung einer Baugrube nicht wirtschaftlich.

Solche Arbeiten werden vorteilhafter durch Taucher ausgeführt.

Abb. 126. Luftornister für Taucher. Dem Taucher wird die Luft mittels Luftpumpe durch einen Schlauch aus mehreren Leinwand- und Gummischichten mit eingebetteter Drahtspirale zugeführt. Die Luft tritt zuerst in den Luftornister, welchen der Taucher auf dem Rücken trägt (Abb. 127).

1. Der Luftornister (Abb. 126) hat den Zweck, dem Taucher Luft von genau der Pressung zuzuführen, wie sie der Wassertiefe, in der sich gerade der Taucher befindet, entspricht.

Er besteht aus zwei sich durchdringenden zylindrischen Behältern aus Bronze, die durch das Luftverteilungsventil in Verbindung stehen. An den unteren Behälter von 8 l Inhalt ist der Luftschlauch mittels eines kurzen Röhrstutzens aus Bronze, der mit einem Rückschlagventil versehen ist, angeschlossen. Auf den oberen Behälter, den Regulator, ist eine Kautschukkappe aufgeklemt, die durch eine Zinkplatte versteift ist und, je nachdem der äußere Wasserdruck oder der innere Luftdruck überwiegt, sich senkt oder hebt und dadurch das mit der Platte steif verbundene Luftverteilungsventil öffnet oder schließt. Die Kautschukkappe ist durch eine Kappe aus Blech vor Verletzungen geschützt.

Aus dem Regulator gelangt die Luft durch ein Rohr zum Munde des Tauchers. Das Mundstück besteht aus einer gebogenen Kautschukplatte mit zwei wagerechten Lappen in der Mitte (Abb. 126). Die Lappen faßt der Taucher mit den Zähnen, klemmt die Platte zwischen Lippen und Zähne und schließt den Mund fest um dem Rohransatz.

Das Ausatmen der Luft erfolgt durch dasselbe Rohr, wozu dieses vor dem Regulator mit dem Ausatemungsventil versehen ist, welches aus zwei dünnen Gummiblättchen besteht, die sich nur unter dem Druck der durchströmenden, ausgeatmeten Preßluft trennen und diese in das Wasser entweichen lassen. Die Nase wird während des Tauchens mit einer Klammer verschlossen.

Gebühte Taucher vermögen auf diese Weise ohne Anzug zu tauchen.

2. Gewöhnlich wird jedoch ein Taucheranzug benutzt, schon deshalb,

weil es der Taucher ohne Anzug in kaltem Wasser nicht lange aushalten könnte.

Der **Taucheranzug** (Abb. 127) ist aus zwei Stoffschichten mit Gummizwischenlage im ganzen hergestellt, so daß der Taucher durch den Kautschukkragen in ihn steigen muß. Die Füße sind ganz eingeschlossen, die Hände bleiben frei, der dichte Abschluß am Handgelenk wird durch Kautschukmanschetten und außen umgelegte Gummibänder bewirkt. Der obere Abschluß erfolgt durch den kupfernen, innen verzinn-ten Helm, der aus dem Schulterstück und dem mit vier Glasfenstern versehenen Kopfstück besteht. Beide Stücke haben



Abb. 127. Taucher nach dem System der Hanseatischen Apparatebau-Gesellschaft, Hamburg.

aufeinander passende Flansche, die zusammengesraubt werden, nachdem der Kragen des Anzuges dazwischen geklemmt ist. Ist die Luftpumpe in Gang gesetzt und hat sich der Taucher durch einige Atemzüge überzeugt, daß alles in Ordnung ist, so wird die vordere Scheibe des Helms festgeschraubt und der Taucher damit von der Außenluft abgeschlossen.

Der untere Behälter des Lufttornisters wird mit Luft gefüllt, deren Druck den äußeren Wasserdruck um etwa 1 Atmosphäre übersteigt. Atmet der Taucher ein, so öffnet sich das Luftverteilungsventil und es strömt Preßluft in den Regulator, bis das Gleichgewicht mit dem äußeren Wasserdruck wiederhergestellt ist, atmet er aus, so entweicht infolge der dadurch erhöhten Luftpression im Regulator die Luft durch das Auslaßventil in das Wasser.

Es ist bei Benutzung eines Taucheranzuges nicht unbedingt nötig, daß der Taucher das Mundstück des Luftrohres in den Mund nimmt. Doch ist dies die Regel, damit möglichst wenig verbrauchte Luft zurückbleibt und der Taucher immer Frischluft atmet. Außerdem kann dadurch der Taucher, der eine Nasenklammer trägt, der Gefahr des Ertrinkens entgehen, falls sein Anzug undicht werden sollte.

Einen Teil der Preßluft läßt der Taucher in den Anzug ein, damit er ringsum durch eine Luftschicht von dem kalten Wasser getrennt ist. Ist zuviel Luft eingedrungen, so daß der Anzug sich zu stark aufbläht

und ein Auftrieb zu befürchten ist, so kann die Luft durch einen vorn am Helm angebrachten, von außen zu bedienenden Hahn abgelassen werden.

Im übrigen wird dem Auftrieb der Luft im Tornister und Anzug durch zwei an Rücken und Brust angehängte Bleigewichte von 7 und 10 kg und durch Bleisohlen unter den Füßen von 10 kg Gewicht begegnet (Abb. 127).

3. Zum Einsteigen in das Wasser, wie zum Aussteigen dient eine an die Arbeitsbühne angehängte eiserne Leiter, zum **Ab- und Aufsteigen** in der Tiefe das Grundtau, das alle halbe Meter mit Knoten versehen ist, die die Wassertiefe ablesen lassen. Das Aufsteigen wird durch vermehrtes Einlassen von Luft in den Anzug erleichtert. Doch hat das Aufsteigen nicht schneller als $\frac{1}{2}$ m in einer Minute, das Absteigen nicht schneller als 1 m in einer Minute zu erfolgen, damit der Taucher nicht einem schädlichen schnellen Luftdruckwechsel ausgesetzt wird (vgl. B. II. 3. e).

4. **Zur Verständigung** des Tauchers mit den Arbeitern an der Luftpumpe und umgekehrt dienen verabredete Zeichen mit der Signalleine, die der Taucher am linken Handgelenk mit einem Bindfaden befestigt hat und über Wasser ein Mann dauernd in der Hand hält. Vollkommener sind in dieser Beziehung das Sprach- und Hörrohr, das aus einem vom Helm ausgehenden Schlauch besteht, oder ein in den Helm eingebauter Fernsprecher.

Geübte Taucher können in 30 m Tiefe noch 3—4 Stunden tauchen.

VI. Sicherung durch Baugruben gefährdeter Bauten.

In der Nähe bestehender Bauten sind Baugruben, die unter die vorhandenen Grundmauern hinabreichen und von diesen weniger als das Doppelte des Höhenunterschiedes zwischen alter und neuer Bausohle entfernt sind, besonders vorsichtig zu verbauen. Bei gut stehendem Boden genügt wagerechter Verbau mit Absteifung (Abb. 33), bei schlechterem empfiehlt sich lotrechter Verbau (Abb. 49) oder, wenigstens immer für freistehende Baugrubenwände, die Befestigung der Schalbohlen an eingerammten **I-Eisen** (Abb. 44—47).

1. Tritt die Baugrube ganz nahe oder unmittelbar an das Bauwerk, wie es am häufigsten bei dem Anbau eines Hauses an ein bestehendes vorkommt, so ist vor Aushub der Baugrube unter der alten Bausohle der **Bau** durch Treiblader **abzustützen** (Abb. 128).

Befindet sich der Neubau als eingebautes Haus zwischen zwei anderen, so erfolgt die Abstützung der Nachbargiebel bei nicht zu großem Abstand sicherer unmittelbar gegeneinander (Abb. 129).

Die Abstützung von Gebäudemauern läßt man möglichst an den durch die Balkenanlagen und die Quermauern versteiften Stellen angreifen (Abb. 128—129).

2. Greift die auszuschachtende Baugrube erheblich unter die alte Bausohle oder grenzt sie unmittelbar an die aufgehenden **Mauern**, so müssen diese vor dem weiteren Aushub bis auf die neue Bausohle **unterfangen** werden.

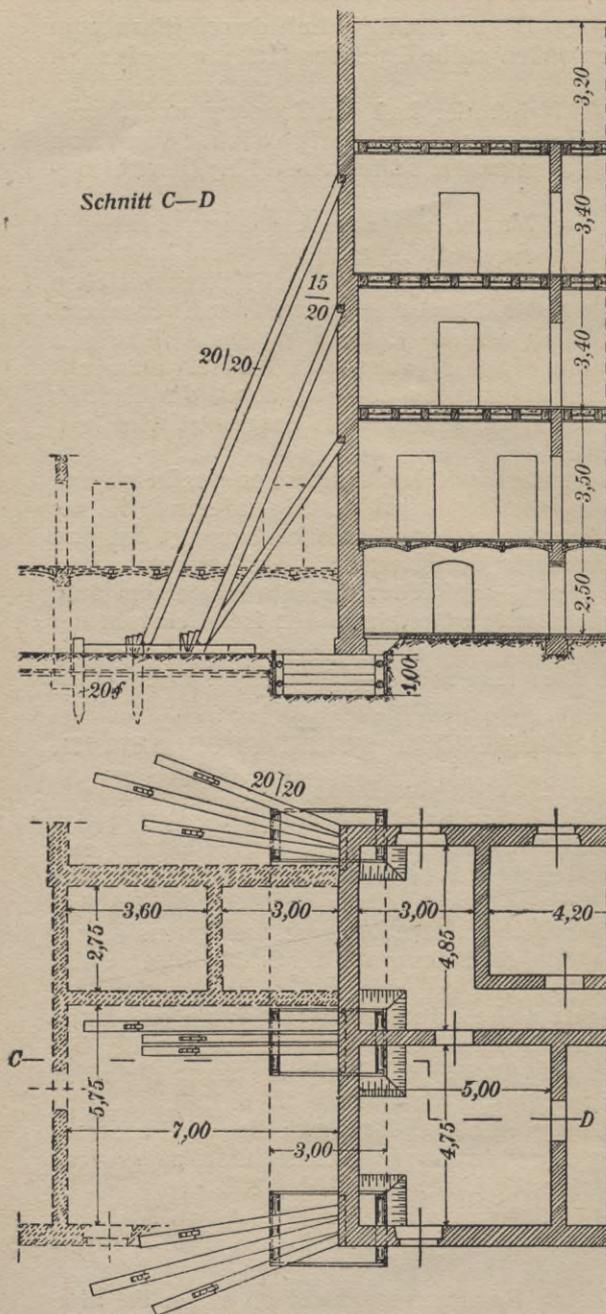


Abb. 128. Abfangen einer Giebelmauer.

Handelt es sich um Gebäude, so werden zu dem Zwecke etwa 1 m breite und 2 m lange Baugruben quer unter der Nachbarmauer bis zur Sohle des Neubaus ausgeschachtet und die auf 1 m freigelegten Abschnitte der Grundmauer mit Pfeilern in Zementmörtel untermauert (Abb. 128, 129 rechts).

Zuerst werden die Anschlüsse der Quermauern und danach die Zwischenstücke immer nur Meter um Meter unterfangen. Die gleichzeitig in Angriff genommenen Gruben müssen, damit die sorgfältig herzustellende Absteifung Halt hat, wenigstens gleich dem Vierfachen ihrer Tiefe voneinander entfernt bleiben.

Es empfiehlt sich, die Baugruben bis in den Nachbarkeller hinein zu erstrecken, einmal, um auch die Stirnwand mit lotrechten Bohlen verschalen, dann aber auch, um den Raum unter der Mauer von Steifen freihalten zu können (Abb. 128, 129 rechts).

Erst nachdem die Nachbargiebel ganz unterfangen sind, wird die Baugrube für den Neubau bis zur vollen Tiefe ausgeschachtet und mit der Ausführung des Grundmauerwerks begonnen (Abb. 128, 129 rechts).

Ist der Unterschied zwischen alter und neuer Bausohle nicht groß, so unterfängt man auch wohl zunächst nur die Anschlüsse der Quermauern an den Nachbargiebeln und führt die neue

Mauer vorläufig nur in niedrigen Einzelpfeilern auf, die man durch Bogen zur Aufnahme des aufgehenden Mauerwerks verbindet. Erst wenn der Neubau hochgemauert ist, die Nachbargiebel also Halt haben, werden die Zwischenräume zwischen den Pfeilern freigelegt, von dort aus die Giebelmauern der Nachbarhäuser voll untermauert und zum Schluß die Grundmauern des Neubaus durch Ausmauerung der Zwischenräume vervollständigt (Abb. 129 links).

3. Im Grundwasser ist ein Unterfangen des alten Baues auf die vorbeschriebene Weise nicht möglich. War er schon mit einer Spundwand umschlossen, so wird bei nicht zu großer Mehrtiefe des Neubaus dieser nach sorgfältiger Absteifung der freigelegten Spundwand — bei Gebäuden ist auch eine nach innen durch die Keller geführte Verankerung denkbar — in deren Schutze aufgeführt.

Die Giebelmauer eines Gebäudes ist dabei zum Anschluß an die Nachbarmauer über Spundwandoberkante mit etwas Spielraum hinwegzukragen, damit sie sich, ohne aufzustößen, setzen kann.

Reicht die etwa vorhandene Spundwand für die Gründungstiefe des Neubaus nicht aus oder ist keine vorhanden, weil die alten Grundmauern über Grundwasser liegen, so muß vor dem Ausschachten in

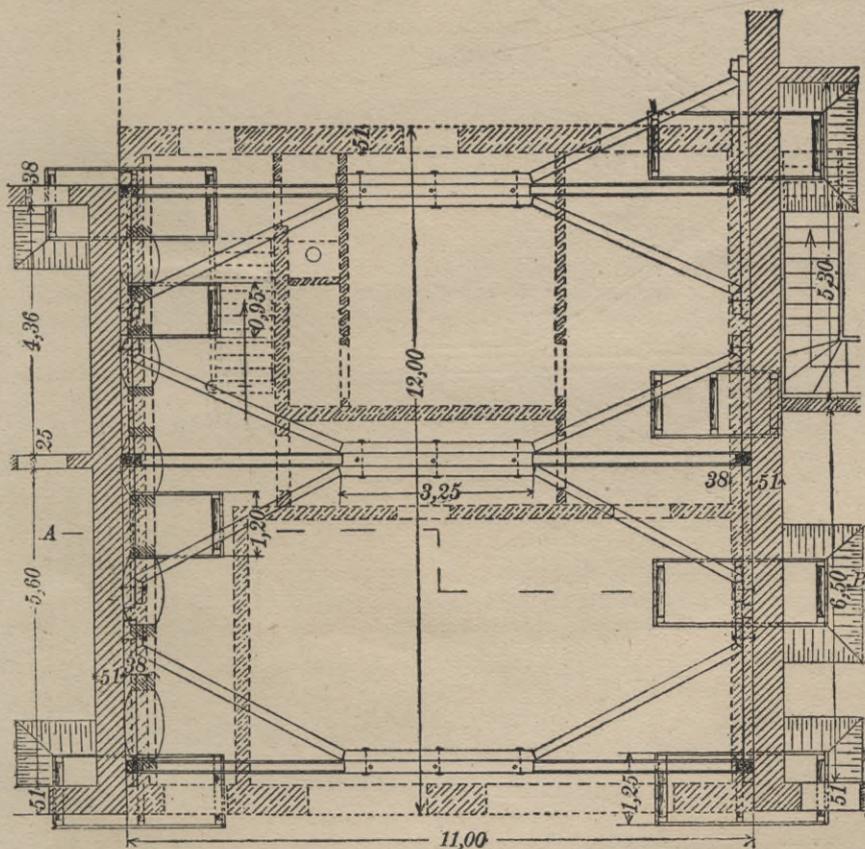


Abb. 129a. Abfangen zweier Nachbargiebel (Grundriß).

Höhe der alten Bausohle eine Spundwand, am besten aus Formeisen oder Wellblech, neu geschlagen werden.

Eine solche Wand muß recht stark sein und sehr tief greifen, damit sie nicht unter dem Druck des alten Baues ausweicht.

In neuerer Zeit umgeht man die Schwierigkeiten und Gefahren, die mit dem Rammen in nächster Nähe bestehender Bauten verbunden sind, vielfach dadurch, daß man das Grundwasser mittels Brunnen bis unter

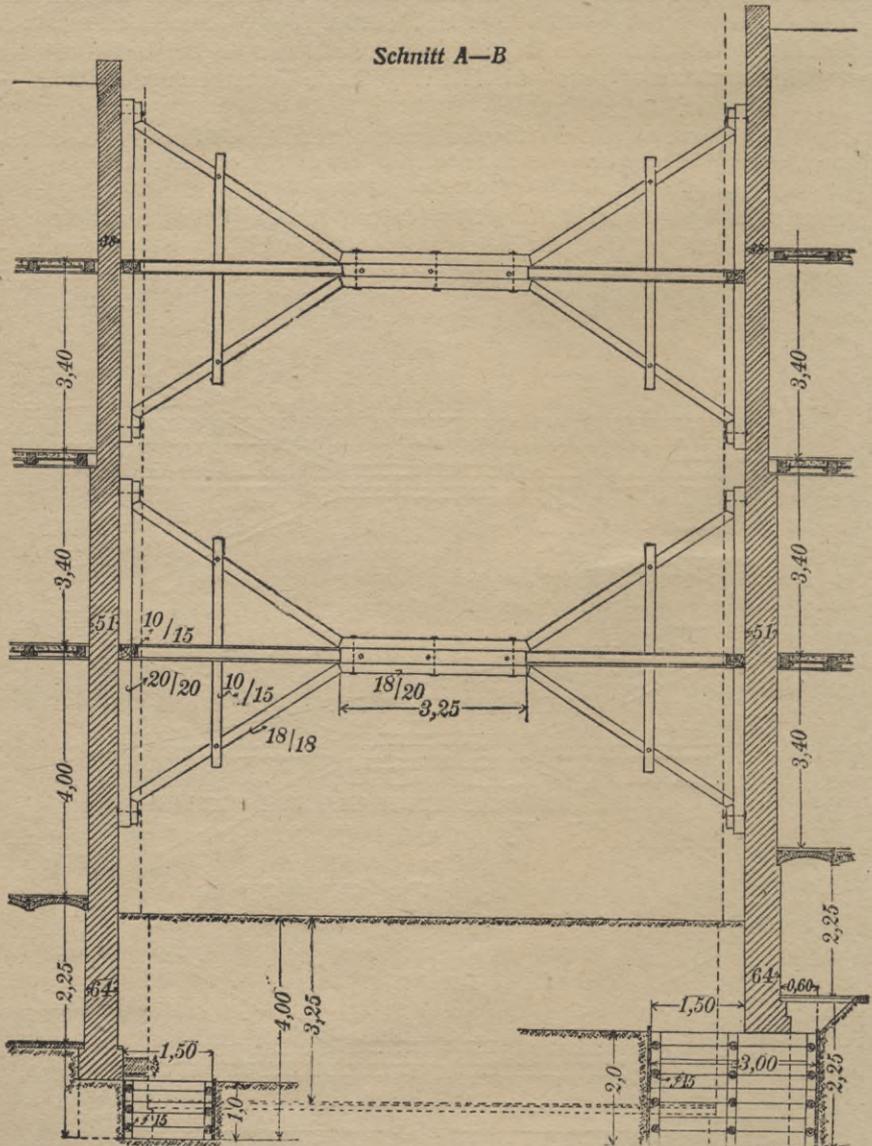


Abb. 129b. Abfangen zweier Nachbargelbe (Schnitt A—B zu Abb. 129a).

Bausohle absenkt (B. IV. 1 und Abb. 109, 149) und die Unterfangungs- und Gründungsarbeiten nun im Trocknen, wie zuvor beschrieben, ausführt. Bei Herstellung der Brunnen ist aber größter Wert auf vollständige Filterung des Grundwassers zu legen (Abb. 108), damit ja kein Sand gepumpt wird und ja keine Senkungen der Nachbarbauten eintreten.

4. Bei besonders großer Tiefe der auszuschachtenden Baugrube, bei stark und womöglich noch schräg belasteten Bauwerken, wie Stützmauern, Brückenpfeilern, bei sehr unsicherem Baugrunde, namentlich aber, wenn ein hoher Grundwasserstand das Ein-

rammen sehr langer und starker Spundwände bedingt, kann es nötig werden, um das infolge der starken Erschütterungen beim Rammen drohende Ausweichen und Setzen des vorhandenen Bauwerks zu verhüten, vor Aushub der neuen Baugrube die gefährdeten Mauern nachträglich durch Tiefgründung zu sichern. Diese läßt sich bewerkstelligen durch dicht neben der gefährdeten Mauer in vorgebohrte Pfahllöcher einbetonierte Pfähle (C. II. 4. a. δ).

Die Pfähle werden in zwei Reihen entweder beiderseits der Mauer (Abb. 130), oder, falls außen wegen des dicht anzuschließenden Neubaues kein Platz ist, nur innen (Abb. 131) gesetzt und durch starke Eisenbetonbalken oder -platten, im zweiten Falle durch eine Kragplatte (Abb. 131), zur Aufnahme der aufgehenden Mauer miteinander verbunden.

Ist der Druck des Bauwerks schräg nach außen (Stützmauern, Brückenwiderlager) gerichtet, so muß er, falls das Bauwerk nicht noch nachträglich

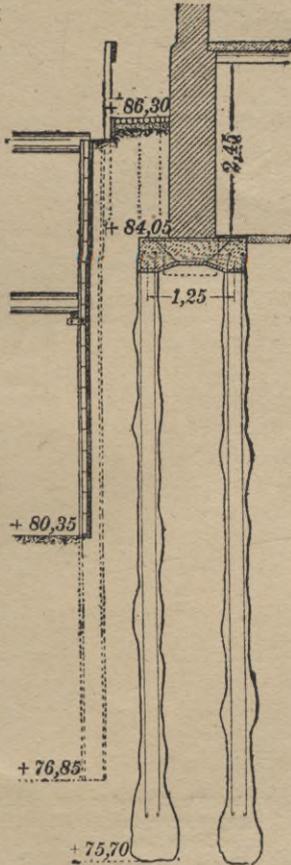


Abb. 130. Unterfangen einer Frontmauer mit Eisenbetonbalken auf einbetonierten Pfählen.

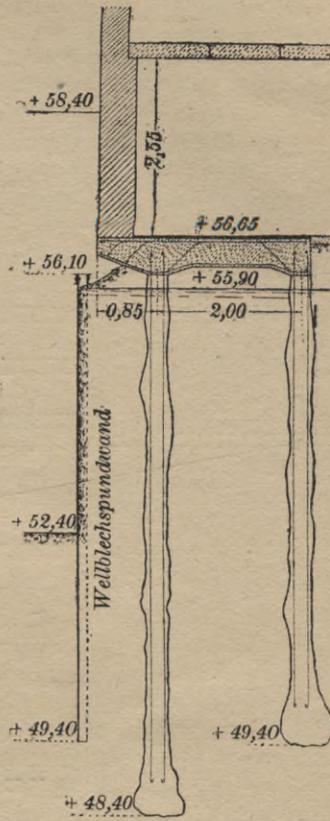
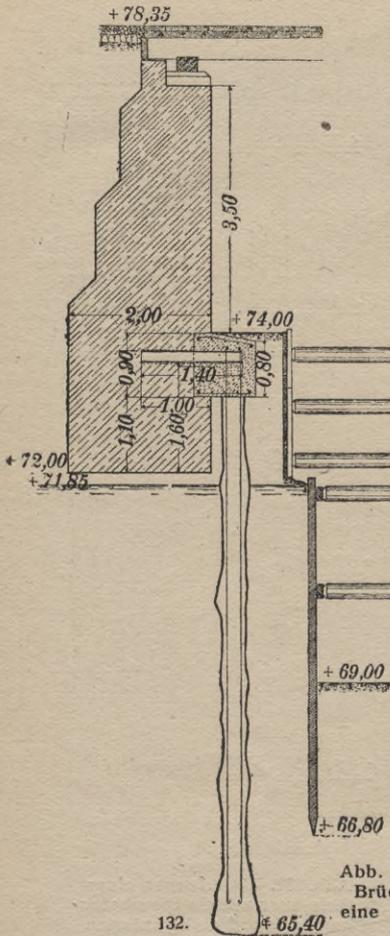


Abb. 131. Unterfangen einer Giebelmauer mittels Eisenbetonkragplatte auf einbetonierten Pfählen.



132.

+ 65,40

Abb. 132. Unterfangen eines
Brückenwiderlagers durch
eine einseitige Reihe einbe-
tonierter Pfähle.

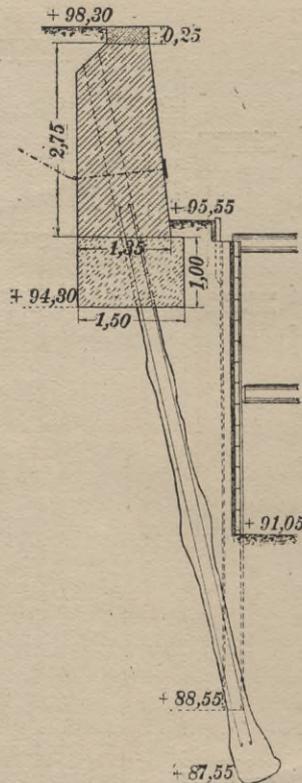


Abb. 133. Unterfangen einer
Stützmauer durch einbeton-
nierte Schrägpfähle.

besonders veran-
kert wird, durch
Pfähreihen an der
Außenseite

(Abb. 132) oder
durch schräg durch
das Mauerwerk vor-
gebohrte und ein-
betonierte Pfähle
(Abb. 133) aufge-
nommen werden.

Da die Gefahr
des Ausknickens
der Pfähle nach
der zeitweise ent-
lasteten Baugru-
benseite besteht,
werden sie in der
Regel mit Eisen
zu bewehren sein,
was am sichersten
bei Preßbetonpfäh-
len zu bewirken ist.

Die vorstehend
geschilderte nach-
trägliche Sicherung
von Bauwerken
durch einbetonierte
Pfähle eignet sich
auch für Bauten, de-
ren Bestand infolge
mangelhafter Grün-
dung sich bedroht
zeigt.

C. Grundbauten.

Sie umfassen die Bauteile, die den Druck des Bauwerks auf den Bau-
grund zu übertragen haben.

I. Ihre **Sohle** erhält eine zur Richtung des auf den Baugrund wirkenden
Druckes tunlichst rechtwinkelige Lage, um die in der Richtung der Sohle
wirkende Seitenkraft des Druckes soweit wie möglich zu verkleinern und
ein Gleiten zwischen Grundmauer und Baugrund zu verhüten.

1. Der von den meisten Bauwerken, insbesondere fast immer von Hoch-
bauten, auf den Baugrund ausgeübte Druck ist lotrecht gerichtet. Die **Sohle**
solcher Bauten, in erster Linie aller Hochbauten, wird daher **wagrecht**
angelegt.

In fallendem Fels wird, um an Brucharbeit zu sparen, die Bausohle abge-

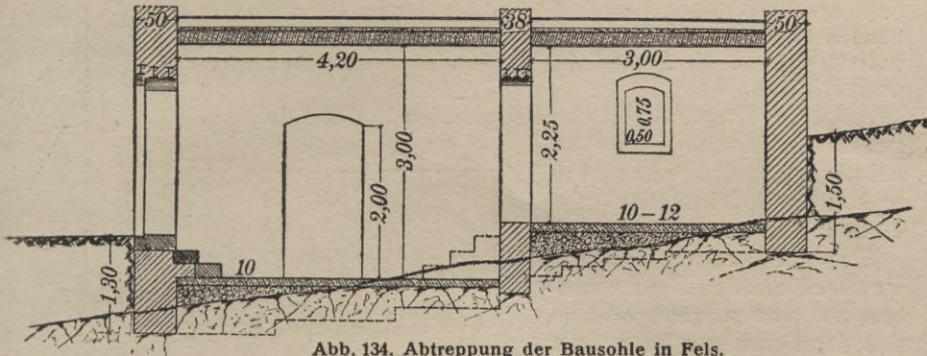


Abb. 134. Abtreppung der Bausohle in Fels.

treppt (Abb. 134), soweit es die Art des Bauwerks, z. B. bei Gebäuden die Ausbildung des untersten Geschosses, zuläßt.

2. Die **Sohle** von Tiefbauten, deren Mittelkraft unter dem Einfluß des Erddruckes, Wasserdruckes, Gewölbeschubes von der Lotrechten abweicht (Stützmauern, Brückenwiderlager), erhält zweckmäßig, soweit nicht ein Abgleiten oder Umkippen des noch nicht vollbelasteten Bauwerks während der Ausführung zu befürchten ist, eine entsprechende **Neigung** (Abb. 135, 227).

3. Die **Bausohle** muß **frostfrei**, in Deutschland 1—1,25 m unter Gelände liegen, insofern das Bauwerk an sich, wie Keller von Gebäuden, keine tiefere Bausohle verlangt, damit Bewegungen des Baugrundes infolge Einfrierens und Auftauens ausgeschlossen sind.

II. Bauteile, die den Baugrund erheblich stärker als der übrige Bau belasten und deshalb sich voraussichtlich mehr setzen werden, wie **Türme**, **Fabrikschornsteine**, sind mit den übrigen Bauteilen nicht in **Verband** zu bringen, sondern mit lotrecht durchgehender Fuge daneben zu setzen, damit keine Risse entstehen (Abb. 136).

III. In Rücksicht auf die fast immer geringere zulässige Beanspruchung des Baugrundes gegenüber der des auf ihm lastenden Mauerwerks werden die **Grundmauern** gewöhnlich gegen das aufgehende Mauerwerk verbreitert.

1. Solange diese Verbreiterung nur wenig beträgt, also im allgemeinen bei gutem Baugrund, spricht man von **natürlicher Gründung**.

Es sei jedoch bemerkt, daß bei gutem Baugrund die Ver-

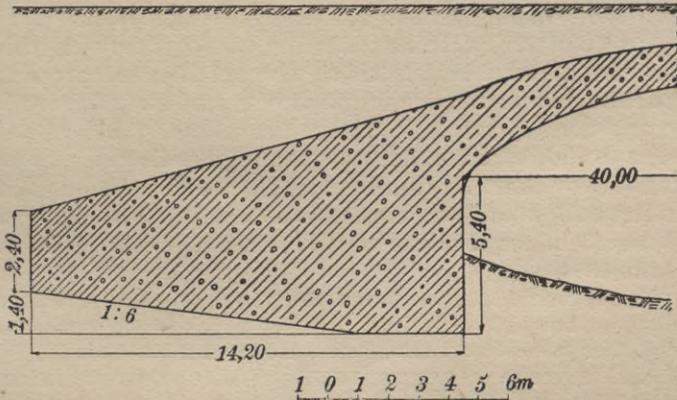


Abb. 135. Schräge Bausohle eines Brückenwiderlagers.

breiterung der Kellermauern üblicher Stärke von kleineren Gebäuden sich meistens erübrigt, so daß empfohlen wird, sie zu unterlassen, um die Herstellung, namentlich von Kleinhäusern, zu verbilligen.

2. Ist die Tragfähigkeit des Baugrundes in Höhe der vorgesehenen Bausohle im Verhältnis zur Auflast nur gering, so kommt die **künstliche Gründung** in Frage.

Sie erfolgt entweder durch Verbreiternder Grundbauten auf eine so große Fläche, daß der Druck des Bauwerkes auf die Flächeneinheit des Baugrundes dessen zulässige Beanspruchung nicht überschreitet — Flachgründung —, oder

durch Hinabführen der Grundbauten bis in solche Tiefe, wo der Baugrund ohne wesentliche Vergrößerung der Grundfläche ausreichende Tragfähigkeit besitzt — Tiefgründung —.

Ob Flach- oder Tiefgründung vorzuziehen ist, läßt sich im Einzelfalle oft nur durch vergleichende Kostenanschläge entscheiden, wozu aber bemerkt wird, daß Tiefgründungen im allgemeinen eher nicht vorherzusehende Schwierigkeiten erwarten lassen als Flachgründungen.

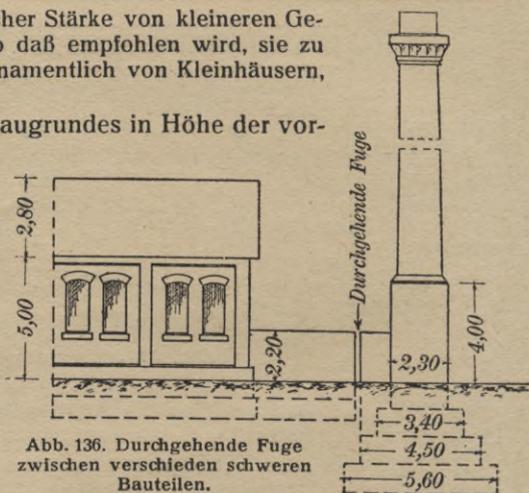


Abb. 136. Durchgehende Fuge zwischen verschieden schweren Bauteilen.

I. Flachgründung

kommt in Frage,

1. wenn die Belastung und die zulässige Beanspruchung des Baugrundes in Höhe der vorgesehenen Bausohle nur eine mäßige Verbreiterung der Grundmauern fordert,
2. wenn sich bei geringerer Tragfähigkeit des Baugrundes (unmittelbar unter der Bausohle) Baugrund, der keine erhebliche Verbreiterung der Grundmauern verlangt, nicht oder nur unter verhältnismäßig großen Kosten erreichen läßt.

Im zweiten Falle läßt sich die erforderliche ausgiebige Vergrößerung der Grundfläche hauptsächlich nur bei Bauten, deren tragende Mauern Hohlräume umschließen, ermöglichen, und zwar dadurch, daß die Verbreiterung nach diesen Hohlräumen hin erfolgt, daß der Bau auf eine **einheitliche Grundplatte** von der Ausdehnung des Grundrisses gesetzt wird. Dies kommt vor allem für Hochbauten, die ja immer Räume, Keller umschließen, in Betracht, aber auch, obgleich seltener, für Tiefbauten, wie unterirdische Wasserbehälter, Schleusen (Abb. 99), Durchlässe (Abb. 142), Brücken (Abb. 137).

II. Die verschiedenen Arten der Flachgründung unterscheiden sich voneinander hauptsächlich durch die zur Verwendung kommenden Baustoffe. Es sind dies Sand, Mauerwerk, Beton, Holz und Flußeisen.

1. Die drei erstgenannten Baustoffe vermögen keine oder nur verhältnismäßig kleine Zugspannungen aufzunehmen. Sie erfordern daher im Ver-

hältnis zu der Verbreiterung, zu der Ausladung der Grundbauten über die dar-
aufstehenden Mauern eine große Stärke, damit nicht die ausladenden Teile
unter dem Gegendruck des Baugrundes abreißen und so ihren Zweck nicht er-
füllen können.

Es empfiehlt sich deshalb, zu der Verbreiterung der Grundbauten solche
Baustoffe zu benutzen, die auch Zugspannungen aufnehmen können
und infolgedessen eine wesentliche Verringerung der Stärke im Verhältnis zur
Ausladung gestatten.

2. Von diesen hat Holz den Nachteil, daß es „nur unter dem niedrigsten
Grundwasserstande“ eingebaut werden darf, weil es anderenfalls dem Ver-
faulen ausgesetzt wäre und dadurch die Standsicherheit des Bauwerks gefährden
würde. Diese Forderung zwingt dazu, wenn das Grundwasser erst in größerer
Tiefe steht, die Grundbauten wesentlich tiefer anzulegen, als die vorgesehene
Bausohle verlangt.

3. Das Flußeisen ist dem Holz einmal in dieser Beziehung überlegen —
seine Verwendung ist von dem Grundwasserstande unabhängig —, ferner
aber auch wegen seiner ganz bedeutend höheren zulässigen Beanspruchung.
Es ist nur gegen Rost zu schützen.

4. Der vollkommenste Baustoff für die Vergrößerung der Gründungs-
fläche ist der Eisenbeton, der gleichzeitig den sichersten Schutz des verwen-
deten Eisens gegen Rost bietet.

1. Flachgründung in Mauerwerk

war früher am häufigsten, kommt aber auch heute noch recht oft zur Aus-
führung, obschon ihr die in Eisenbeton mehr und mehr Abbruch tut.

Das Mauerwerk wird in der Regel in Zementmörtel gemauert, ein-
mal, weil Luftmörtel in der Erde nicht genügend erhärtet, sodann aber
auch, um eine größere Festigkeit des Mauerwerks zu erzielen und auf Grund
dessen mit einer geringeren Höhe der Grundmauern im Verhältnis zu ihrer
Ausladung auszukommen.

I. Für Mauerwerk in Kalkmörtel darf eine **Druckübertragung**
auf den Baugrund unter 60° , für solches in Zementmörtel 1 : 3 und
bei Verwendung guter Bruchsteine oder hartgebrannter, fester Ziegelsteine
eine Druckübertragung unter 45° zur Wagerechten angenommen werden.

1. Für **Grundmauern aus Bruchsteinen**, die für Tiefbauten vornehmlich
in Betracht kommen, sind möglichst große, lagerhafte Steine zu ver-
wenden.

2. In **Grundmauern aus Ziegelsteinen** erfolgt die Verbreiterung immer
um einen halben Stein, so daß also bei Verbreiterung nach beiden

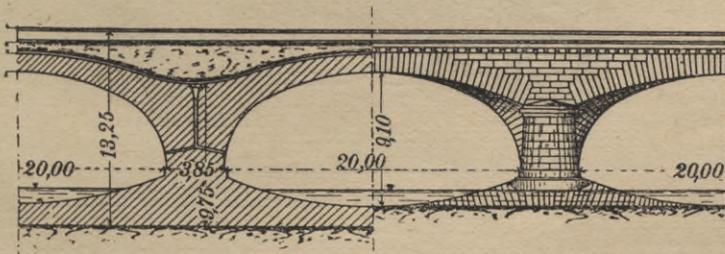
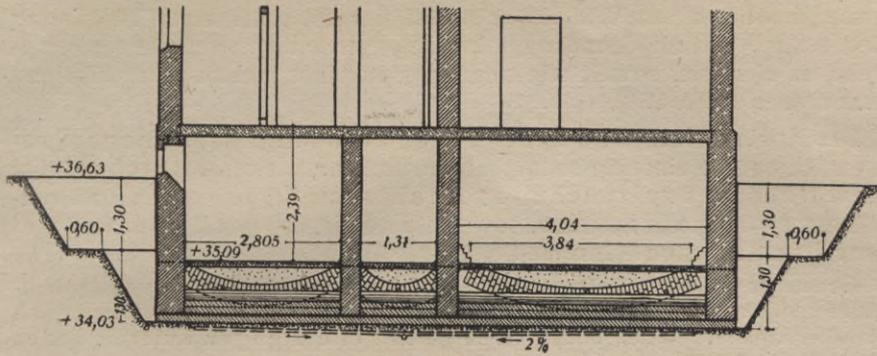


Abb. 137. Brücke auf Grundgewölben.



Schnitt E—F

Abb. 138b.

Seiten die entstehenden Absätze beiderseits um je $\frac{1}{4}$ Stein, bei einseitiger Verbreiterung, wie sie an Nachbarmauern nur nach innen zugänglich ist, um $\frac{1}{2}$ Stein vortreten. Entsprechend den für die Druckübertragung angegebenen Neigungswinkeln werden daher die Absätze von Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel bei beiderseitiger Verbreiterung 2 Schichten hoch, bei einseitiger 3 Schichten hoch angelegt, die von Ziegelmauerwerk aus Hartbrandsteinen oder Klinkern in Zementmörtel 1 bzw. 2 Schichten hoch. Den untersten Absatz macht man 1—2 Schichten stärker, weil der untersten, auf der Erde verlegten, meistens nicht sorgfältig vermauerten Schicht nicht die gleiche Festigkeit und die gleiche Teilnahme an der Druckübertragung beizumessen ist wie den übrigen Schichten.

Bei starker Ausladung der Grundmauern und bei ungleichmäßigem Baugrunde empfiehlt sich der sog. Mauerrost zwecks Verringerung der Höhe der Grundmauer und zwecks Zusammenhalts in der Längsrichtung, indem, ähnlich der Anordnung der Kleineschen Decke, quer zur Mauer in die Stoßfugen und in der Längsrichtung in die Lagerfugen Bandeseisen eingebettet werden zur Aufnahme der Zugspannungen bei Durchbiegungen.

II. Grundplatten aus Mauerwerk zwischen aufgehenden Mauern und Pfeilern werden als (umgekehrte) **Grundgewölbe** zwischen diese gespannt (Abb. 137, 138), weil sie ohne Spannung eine außerordentliche Höhe erhalten müßten, um den Druck auf eine weit ausladende Fläche zu verteilen. Die Zwickel der Gewölbe sind, bevor diese selbst hergestellt werden, sorgfältig auszumauern. Als Unterlage dienen 1—2 Flachsichten.

In fließendem Wasser werden auf diese Weise geschlossene Durchflußöffnungen geschaffen, die zugleich den sichersten Schutz der Sohle gegen den Angriff der Strömung bilden (Abb. 137).

Zur Gründung von Gebäuden werden Grundgewölbe in Höhe des Kellerfußbodens umgekehrt zwischen die gegenüberliegenden Mauern gespannt, wobei ihr Widerlager unter Türöffnungen durch eingemauerte Grundträger oder Grundbogen, die den Gewölbedruck auf das aufgehende Mauerwerk übertragen, gebildet werden muß. Ist der Abstand der Mauern groß, so wird er durch umgekehrte Gurtbogen, Grundbo-

gen, geteilt, deren Widerlager natürlich nicht unter einer Türöffnung liegen darf. Um die Grundbogen kräftig gegenseitig zu verspannen, empfiehlt es sich, sie, soweit wie angängig, in einer Richtung durchlaufend anzuordnen (Abb. 138).

Der Horizontalschub der Grundgewölbe und Grundbogen, namentlich auf die einseitig beanspruchten Außenmauern, ist durch kräftige Gewölbeanker aufzunehmen, die aber zum Schutze gegen Rost vollständig einzumauern oder, soweit sie frei liegen, mit Zementmörtel oder Beton zu umhüllen sind.

Grundgewölbe auf einer zusammenhängenden Isolierschicht von Asphaltplatten, die an den Außenseiten ihre Fortsetzung in einem Goudronanstrich bis über Gelände findet, bilden einen guten Schutz gegen aufsteigendes Grundwasser.

2. Flachgründung in Beton und Eisenbeton

findet die vielseitigste Anwendung.

Unter Wasser dient sie allerdings vielfach nur zum Abschluß der Baugrube gegen das aufsteigende Grundwasser während der Bauzeit (vgl. Abb. 99, 119, 120, 122), bietet aber außerdem den Vorteil einer ausgiebigen Druckverteilung auf den Baugrund durch eine einheitliche Grundplatte von der Ausdehnung des ganzen Grundrisses.

I. 1. Die **Druckverteilung** im **Beton** darf unter 45° zur Wagerechten angenommen werden, so daß also die Stärke der Betonschicht mindestens gleich der Ausladung über das aufgehende Mauerwerk sein muß.

2. Durch **Einbettung von Eiseneinlagen** in den Beton, durch Verwertung der günstigen statischen Eigenschaften des Eisenbetons läßt sich jedoch die Höhe der Grundplatten im Verhältnis zu ihrer Ausladung bedeutend einschränken (Abb. 139). Dies ist aber von besonders schwerwiegender Bedeutung im Grundbau, wo die Schwierigkeiten mit zunehmender Gründungstiefe in steigendem Verhältnis wachsen.

Der einwandreie Einbau von Eisenbeton ist jedoch nur möglich, wenn während der Ausführung in der Baugrube kein Wasser steht. Bei Wasserandrang muß daher durch fortwährendes Pumpen das Wasser tiefer als die Betonsohle gehalten werden, und zwar so lange, bis der Beton genügend erhärtet ist, was rund 10 Tage dauert, damit nicht das ansteigende Grundwasser an einzelnen Stellen den frischen Zementmörtel ausspült, Hohlräume und Gänge im Beton erzeugt, die Eiseneinlagen freilegt und durch Rost zerstört und so die Festigkeit des Eisenbetons beeinträchtigt.

Ganz besonders ist dieses zu beachten, wenn eine durchgehende Betonplatte gleichzeitig als Abschluß von Hohlräumen (Keller) gegen Grundwasser dienen soll, weil jede Undichtigkeit des Betons diesen Abschluß zunichte macht (Abb. 139).

3. **Im Trockenem** und bei nicht zu starkem Wasserandrang, der sich durch eine oberirdische Wasserhaltung leicht bewältigen läßt, aber auch da, wo die Absenkung des Grundwassers noch wirtschaftlich erscheint, wird daher im allgemeinen für die Flachgründung **Eisenbeton** vorgezogen,

während bei sehr starkem Wasserandrang und schwimmendem, feinkörnigem Untergrund, der nur ein Ausbaggern der Baugrube unter Wasser zwischen Spundwänden und Naßbetonierung (B. IV. 3) gestattet, auf das Einbetten von Eiseneinlagen verzichtet und die Betonplatte entsprechend stärker gemacht wird.

II. Flachgründungen in Beton ohne Eiseneinlagen kommen dementsprechend heutzutage im wesentlichen nur für eine mäßige Verbreiterung von Grundmauern (Abb. 122), die keine große Betonstärke verlangt, und für einheitliche Grundplatten vom Grundriß des ganzen Bauwerks (Abb. 99, 119) in besonderen Fällen in Betracht.

III. Flachgründungen in Eisenbeton werden sowohl als Eisenbetonplattenroste zur Verbreiterung von Mauern (Abb. 139), wie auch als Eisenbetongrundplatten von der Ausdehnung des ganzen Baues (Abb. 141) ausgeführt.

1. Eisenbetonplattenroste erhalten zur Übertragung des Baugrund-Gegendruckes auf die aufgehenden Mauern vor allem eine Bewehrung quer zu diesen und, falls der Baugrund sehr unsicher (in Bergbaugebieten) oder ungleichmäßig ist, noch eine längsbewehrte Verstärkungsrippe unter den Mauern zur Überbrückung und Überkrängung nachgiebiger Stellen. Vorspringende Ecken der Platten sind mit Eisenstäben in der Diagonalrichtung zu bewehren (Abb. 139).

Auch Winkelstützmauern (Abb. 140) erhalten eisenbewehrte Grundplatten, doch ist die Eisenbewehrung mehr durch die Eigenart des ganzen Mauerquerschnitts als durch die Gründungsweise bedingt, so daß solche Platten, streng genommen, nicht mehr dem Grundbau zuzurechnen sind.

2. Eisenbetongrundplatten werden bei größeren Spannweiten durch Rippen ähnlich untergeteilt wie Grundgewölbe und bei unsicherem Baugrund noch durch längsbewehrte Eisenbetongrundbalken unter den Mauern verstärkt (Abb. 141). Die Platten werden sowohl unter wie über die Balken und Rippen gelegt. Erstere Anordnung (Abb. 141) ist in Umkehrung der Eisenbetondecken die natürlichere und statisch richtigere, letztere erspart Erdaushub und den Kellerfußboden, den die Platte mit ihrer auch in den Türöffnungen glatt durchgehenden Oberfläche ersetzt.

Die rechnerungsmäßige erforderliche Stärke der Eisenbetonplatten und -balken ist im Grundbau um eine Betonschicht von 6—10 cm zu erhöhen, die zu unterst auf die meistens unebene und nachgiebige Baugrubensohle gebracht und wagerecht abgestampft wird zur Aufnahme der berechneten Konstruktion. Hierdurch wird vermieden, daß die Eiseneinlagen durch Erde verunreinigt oder gar beim Einbringen des Betons aus diesem herausgedrückt werden.

Bei der Anordnung der Eiseneinlagen ist zu beachten, daß Grundplatten und -balken nicht wie Deckenplatten und -balken von oben, sondern von

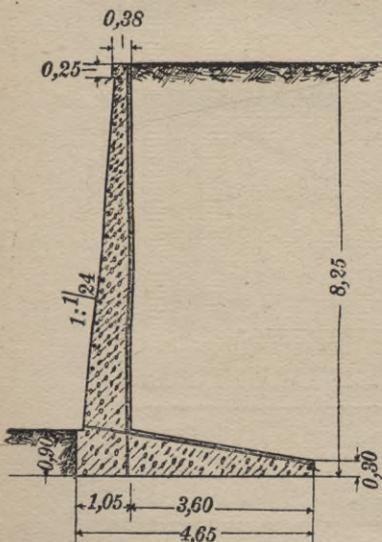


Abb. 140 Winkelstützmauer aus Eisenbeton.

unten belastet werden und ihre Unterstützung unter den aufgehenden Mauern und Pfeilern finden.

Überkragende Platten erhalten daher unten, Platten und Balken zwischen Mauern und Pfeilern oben und zur Aufnahme der negativen Einspannmomente an den aufgehenden Mauern und Pfeilern unten Eiseneinlagen.

Die Längsbewehrung der Verstärkungsrippen unter den Mauern wird

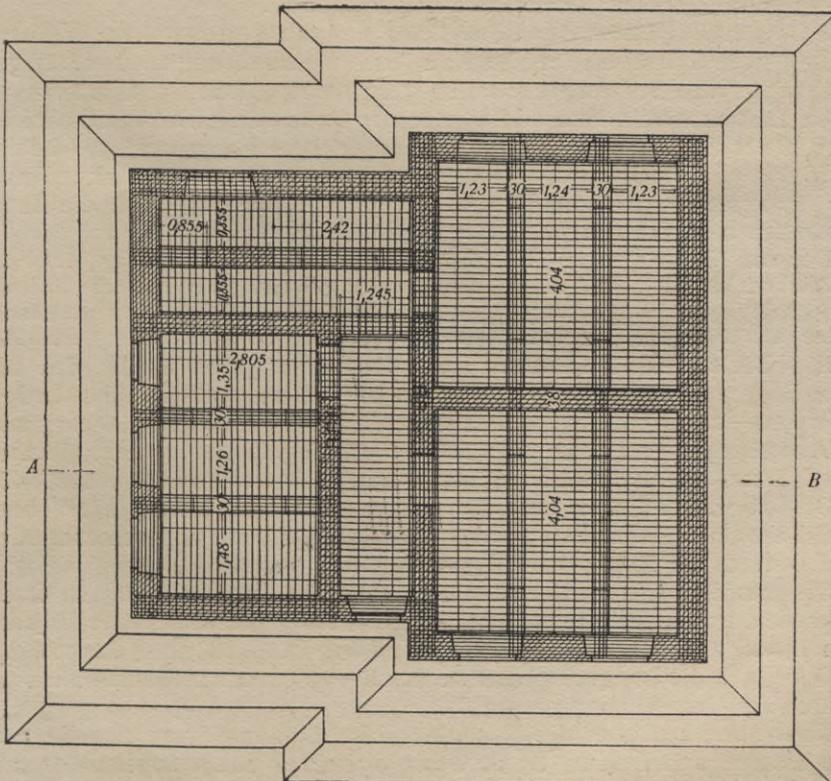
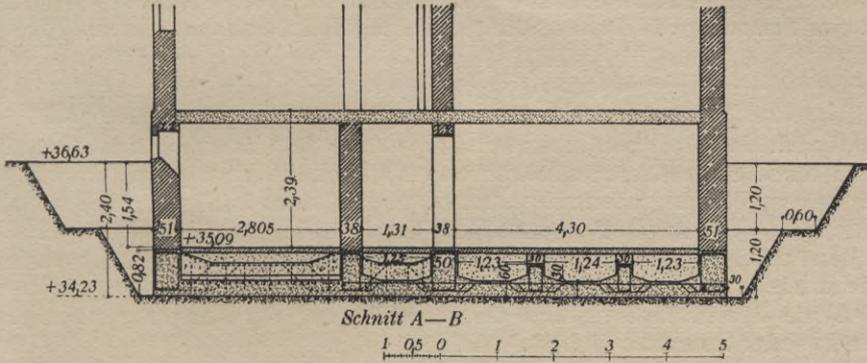


Abb. 141. Gründung eines freistehenden Wohnhauses auf eine Eisenbetongrundplatte.

zweckmäßig doppelt angeordnet, um sowohl dem Durchhängen über nachgiebigen Stellen als auch dem Überhängen einer Ecke über solche Stellen Rechnung zu tragen.

Zur Schubbewehrung am Auflager sind die Eiseneinlagen in Grundbalken natürlich nach unten abzubiegen.

In der Nähe elektrischer Bahnen mit Schienenrückleitung empfiehlt sich der Schutz der Grundbauten aus Eisenbeton gegen das feuchte Erdreich und die es durchirrenden elektrischen Ströme durch eine Asphaltsschicht (vgl. Heft 33 dieser Sammlung: M. Preuß, Die Ausführung von Eisenbetonbauten).

3. Der Schwellrost

entspricht in seiner statischen Wirkungsweise dem Eisenbeton im Grundbau, doch ohne dessen statische und konstruktive Vorzüge zu erreichen. Er vermag Biegungsspannungen aufzunehmen, doch infolge der bedeutend geringeren zulässigen Beanspruchung des Holzes gegenüber der des Flußeisens nur wesentlich kleinere Spannungen. Außerdem darf er „nur unter dem niedrigsten Grundwasserstande“ verwendet werden.

Seine Herstellung erfordert die Umschließung der Baugrube mit einer Stülpl- oder Spundwand (Abb. 142, 143, 145).

Der Schwellrost kommt heute nur mehr für holzreiche Gegenden, weit ab von der Eisen- und Zementindustrie, in Betracht.

I. Gewöhnlich findet der Schwellrost nur **Anwendung zur Verbreiterung** von Grundmauern und zu ihrer **Verankerung** in der Längsrichtung, also bei ungleichmäßigem Baugrunde (Abb. 143).

Im Tiefbau wird er hin und wieder zur Gründung kleiner Brücken und Durchlässe benutzt, um bei ungleichem Baugrunde die beiden Widerlager durch die Querswellen miteinander zu verankern und Zugspannungen in der Längsrichtung des Bauwerks durch die Langswellen aufzunehmen.

Der von Widerlager zu Widerlager durchgehende Bohlenbelag bietet im Verein mit der den Rost umschließenden Spundwand einen sicheren Schutz gegen Unterspülung, der durch eine zwischen die Widerlager gespannte Sohle aus Pflastersteinen oder Mauerwerk noch verstärkt wird (Abb. 142).

II. 1. Die **übliche Anordnung des Schwellrostes** ist die, daß auf dem Baugrund **zuerst Querswellen** (16—24 cm stark) in Abständen von 1,00—1,50 m verlegt und **in diese Langswellen** (20—30 cm stark) in Abständen von 0,50—1,00 m 5—7 cm **eingelassen** werden, die noch durch Eisen- oder Holznägel mit ersteren zu verbinden sind (Abb. 142, 143).

Der Überstand der Querswellen ist mindestens gleich ihrer Stärke zu bemessen, weil anderenfalls der Kopf leicht abgeschert werden und dadurch der Rost seinen Zusammenhang einbüßen kann.

Die erforderlichen Stöße der Langswellen werden über den Querswellen, und zwar zueinander versetzt angeordnet und als Hakenblatt (Abb. 144) oder Laschenverbindung (Abb. 223, 224) ausgebildet.

Quer über die Langswellen werden 8—10 cm starke **Bohlen** zur Aufnahme der Grundmauer genagelt.

Zuvor müssen aber die **Rostfelder** bis Oberkante Langschwelle aufs sorgfältigste mit Lehm, Sand oder Schotter **ausgestopft** oder mit Mauerwerk oder Beton vollständig ausgefüllt werden, damit der Druck

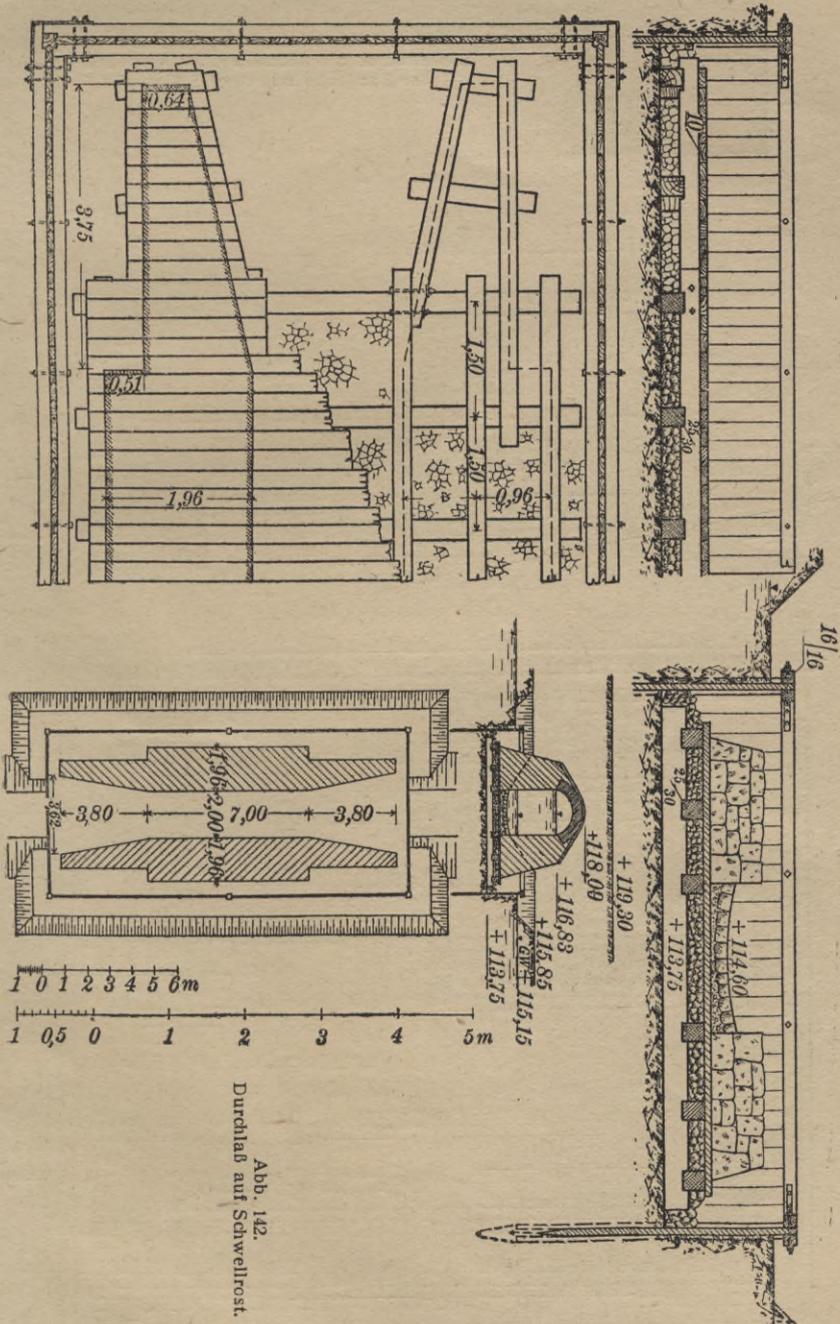


Abb. 142.
Durchlaß auf Schwellrost

der Mauer nicht etwa nur durch die Querschwellen auf den Baugrund übertragen wird und ein ungleichmäßiges Einsinken dieser, vielleicht noch nach Jahren, veranlaßt (Abbildung 142, 143, 145).

Die eben beschriebene Anordnung des Schwellrostes ist als selbständige Kragkonstruktion untauglich, da der Gegendruck des Baugrundes auf die äußeren Langschwellen nur durch die Bohlen auf die Mauer übertragen wird. Sie setzt voraus, daß die Grundmauer selbst bis Außenkante Rost verbreitert wird. Die Hölzer nehmen nur die bei Durchbiegungen entstehenden Zugspannungen in der Quer- und Längsrichtung der Mauer auf.

2. Soll der Rost über die Grundmauer überstehen, so werden besser die **Langschwellen zu unterst**, kräftige **Querschwellen darüber** und wesentlich dichter gelegt und die recht starken **Bohlen zwischen die Querschwellen** auf die Langschwellen genagelt (Abb. 145).

Dadurch erreicht man, daß der Gegendruck auf die Langschwellen nicht allein

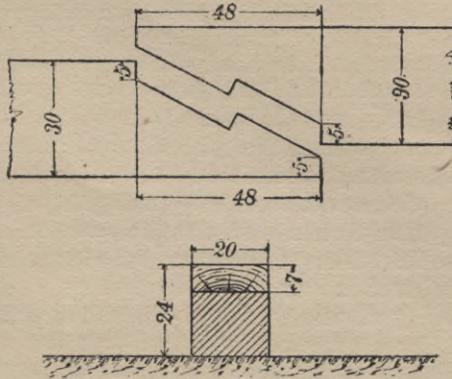


Abb. 144.
Hakenblatt zur Verbindung der Langschwellen.

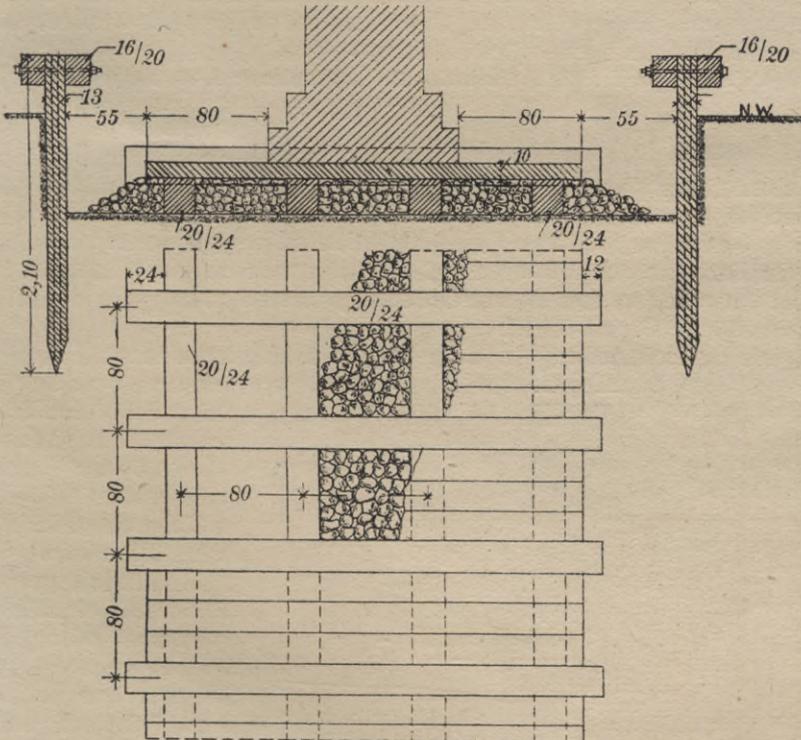


Abb. 145. Schwellrost mit untenliegenden Langschwellen.

durch die Bohlen, sondern auch in kurzen Abständen durch die Querschwellen auf die Mauer übertragen wird. Doch nimmt man bei dieser Anordnung die Schwierigkeit in Kauf, die langen Langschwellen flutrecht und wagerecht auf dem unebenen Baugrunde verlegen zu müssen.

Lang- und Querschwellen wird man in diesem Falle als gleich wichtige Konstruktionsteile gleich stark zwecks Verbindung schwächen, also verkämmen. Kammtiefe und Bohlenstärke wählt man so, daß entweder Bohle und Querschwelle bündig liegen, oder der Unterschied sich durch ganze Schichten des Mauerwerks ausgleichen läßt.

III. 1. Am **Zusammenstoß zweier Mauern** läßt man die **Langschwellen** der einen Richtung als **Querschwellen** der anderen Richtung **durchgehen** und erhält dadurch einen Absatz (Abb. 143).

Im allgemeinen wird man den Rost der kürzeren Mauer tiefer legen, um an Ausschachtung und Pumpkosten zu sparen, doch empfiehlt es sich bei der zuerst erwähnten gewöhnlichen Anordnung (Querschwellen zuunterst), den Rost der weniger belasteten Mauern (Giebelmauern) an den Ecken über den der stärker belasteten Mauern (Frontmauern) hinwegzustrecken (Abb. 143), weil letztere eine stärkere Verbreiterung und damit eine größere Höhe der Grundmauern verlangen, der eine tiefere Lage des Rostes entspricht.

2. An **schiefwinkligen Ecken** ist zu beachten, daß die Querschwellen aus der schrägen Lage der als Querschwellen übergreifenden Langschwellen der anstoßenden Mauer allmählich in die zur Längsrichtung rechtwinklige Lage herumgeschwenkt werden und die **Bohlen** so weit, bis letztere Lage erreicht ist, **keilförmig** zugeschnitten, aufgenagelt werden, damit sie auf allen Schwellen volles Auflager finden.

(Vgl. die entsprechende Anordnung beim Pfahlrost: Abb. 226.)

4. Sandschüttung

in einer Stärke von 1—3 m und mehr bildet, wo Sand billig zu haben ist, eine brauchbare Grundschicht für leichtere Bauwerke, wie Gebäude, besonders in Moorboden, in dem Beton wegen seiner zu befürchtenden Zerstörung durch organische Säuren nicht zu verwenden ist. Sie findet Anwendung sowohl zur Gründung einzelner Mauern wie auch als durchgehende Grundschicht.

1. Die **Druckverteilung** in einer Sandschüttung kann man über Wasser unter einem Winkel von 50° zur Wagerechten, unter Wasser zu 66° annehmen (Abb. 146).

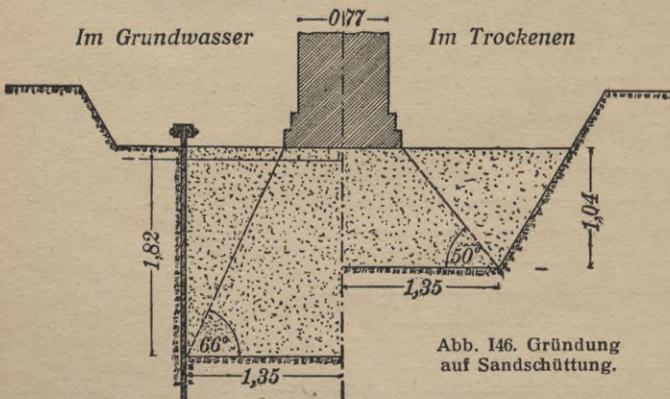


Abb. 146. Gründung auf Sandschüttung.

2. Der Sand der möglichst scharfkörnig sein muß, wird in **Lagen** von 15 cm aufgebracht und gestampft oder **eingewalzt**, wobei sich die Arbeiter nur auf Brettern bewegen sollen. Einedichte Lagerung

des Sandes wird am besten durch **Einschlämmen** und Abpumpen des Wassers unter Bausohle erreicht.

Da bei Gründung auf Sandschüttung ein Setzen des Bauwerks immer zu erwarten ist, so empfiehlt sich vor Ausführung des Mauerwerks eine Probebelastung zwecks Zusammenpressung der Sandschicht.

Im Grundwasser muß die Sandschüttung vor stärkerem Auseinanderfließen durch Spundwände geschützt werden.

5. Gründungen in Bergbaugebieten

haben den Gefahren, die den Bauwerken, namentlich Hochbauten, durch Einsturz von unterirdischen Stollen drohen, Rechnung zu tragen.

Es geschieht dies durch kräftige **Verankerung aller Bauteile** miteinander, um wenigstens soweit wie möglich das einheitliche Setzen sicherzustellen und damit ein Auseinanderbrechen und Einstürzen zu verhüten.

Gebäude werden entweder auf eine eisenbewehrte Platte gestellt, oder es werden nur die einzelnen Mauern **durch Eisenbewehrung**, die an den Ecken und Kreuzungen miteinander zu verbinden ist, zusammengehalten.

Bei der letzten Bauweise wird womöglich in jedem Geschoß ein zusammenhängender, zur Aufnahme von Biegungsspannungen befähigter Rahmen eingelegt. Zur Erhöhung des Zusammenhangs und der Versteifung werden dann wohl noch die einzelnen Rahmen durch senkrechte Eisenbewehrung an den Ecken und den Anschlüssen der Zwischenmauern verbunden.

Die Eisenbewehrung erfolgt gewöhnlich durch eiserne Anker, die durch Ankerplatten auf den Außenwänden das Mauerwerk zusammenhalten und sich jederzeit nachspannen lassen sollen.

Die Balken und Träger läßt man möglichst ungestoßen durchgehen und verankert sie ebenfalls mit den Außenmauern.

Den besten Schutz gegen Bergschäden bieten Fachwerkskonstruktionen aus Eisen oder Eisenbeton.

II. Tiefgründung

kommt in Frage,

wenn die zulässige Beanspruchung des Baugrundes in Höhe der vorgesehenen Bausohle im Verhältnis zur Auflast gering ist, ausreichend tragfähiger Baugrund sich aber in erreichbarer Tiefe, oder auch nicht (Schwebegründung), vorfindet.

Sie wird für Hochbauten, die ja im allgemeinen den Baugrund nur mäßig belasten, seltener als die Flachgründung gewählt, dagegen für Tiefbauten am häufigsten, weil sie für den sicheren Stand schwerbelasteter Bauwerke größere Gewähr bietet als die Vergrößerung der Grundfläche über unsicherem Baugrunde, die zudem sehr oft teurer als die sicherere Tiefgründung, häufig aber auch wegen Platzmangels in dem erforderlichen Umfange gar nicht ausführbar ist.

Die Herstellung und Trockenlegung von Baugruben zur Ausführung tiefer Grundbauten auf die unter B I—IV beschriebene Art beschränkt sich wegen der mit ihr in größeren Tiefen verbundenen Schwierigkeiten und Mehrkosten auf verhältnismäßig geringe Tiefen (Grundpfeiler). Bei größeren Tiefen wird entweder die Umschließung des zum Bodenaushub und zur Ausführung der Grundbauten erforderlichen Arbeitsraumes im ganzen versenkt (Senkbrunnen, Druckluftsenkkasten, Hohlpfähle), oder es werden die Grundbauten in Gestalt von Vollpfählen ohne Erdaushub in die Tiefe getrieben (Holz- und Eisenbetonpfähle).

Wie die letzte Gründungsart in jedem Falle, verlangt auch die Versenkung der vorher genannten Hohlkörper außer den Senkkasten der Druckluftgründung, die übrigens nur im Tiefbau Verwendung finden, die **Auflösung der Grundbauten in Einzelpfeiler**, die, in Höhe der Nutztiefe des Baues zu einem einheitlichen Unterbau verbunden, diesen aufnehmen. Der Querschnitt der Pfeiler muß natürlich der zulässigen Beanspruchung ihres Materials und ihrer Belastung entsprechen. Infolgedessen erfordern die im allgemeinen starkbelasteten Bauwerke des Tiefbaues eine wesentlich engere Stellung der Pfeiler als Hochbauten, deren hohe und verhältnismäßig schwache Mauern der Knickgefahr und auch des Wärmeschutzes halber stärker gehalten werden, als die zulässige Beanspruchung des Mauerwerks und die Belastung verlangt.

Die **Verteilung von Grundpfeilern und Senkbrunnen unter Gebäuden** erfolgt in gleicher Weise, und zwar so, daß sie jedenfalls unter den Gebäudeecken und Mauerkreuzungen angeordnet und die außerdem erforderlichen gleichmäßig dazwischen verteilt, aber nicht unter Tür- oder Fensteröffnungen gesetzt werden (Abb. 148, 149, 174, 175).

1. Grundpfeiler

finden Verwendung, wenn sich Baugruben für sie ohne besondere Schwierigkeiten herstellen lassen, also im allgemeinen bei nicht sehr großer Gründungstiefe, in gut stehendem Boden und bei einem Grundwasserstande unter Bausohle. Doch bereitet ein höherer Grundwasserstand angesichts der Fortschritte in der Grundwasserabsenkung der Herstellung von Grundpfeilern in offener Baugrube heute nicht mehr besondere Schwierigkeiten (Abb. 149).

Grundpfeiler sind im Tiefbau sehr selten, da bei großer Auflast und demgemäß geringem Abstand der Pfeiler sich die schmalen Aussparungen nicht lohnen. Sie kommen nur bei **Stützmauern**, die keine großen lotrechten Kräfte aufzunehmen haben und deren Stärke vornehmlich durch die Neigung des Erddruckes zur Lotrechten bedingt wird, vor und werden wohl auch zwecks weiterer Ersparung von Mauerwerk über Gelände hochgeführt und erst unterhalb der Krone durch Gewölbe verbunden (Abb. 147).

Der in den Zwischenräumen wirkende Erddruck wird entweder überhaupt nicht abgefangen, indem man die Hinterfüllungserde sich zwischen den Pfeilern abböscheln läßt, allenfalls noch durch Abpflasterung oder Abdeckung mit einer Rollschicht am Vortreten vor die Vorderkante der Mauer hindert, oder er wird durch lotrecht gesetzte, sich gegen die entsprechend verstärkten Pfeiler stützende Gewölbe oder Eisenbetonplatten aufgenommen (Abb. 147).

1. Die Übertragung des Pfeilerdruckes auf den

Baugrund geschieht entsprechend der in der Regel geringeren zulässigen Beanspruchung des Baugrundes gegenüber der des Mauerwerks durch **Verbreiterung des Pfeilerfußes in Absätzen** (Abb. 147).

Die gleichzeitig in Angriff genommenen Baugruben der einzelnen Pfeiler müssen wenigstens um das Doppelte

ihrer Tiefe voneinander entfernt sein, damit ihre Absteifung Halt hat, oder bei geringerem Abstand vollständig gleichmäßig ausgeschachtet und zu gleicher Zeit ausgesteift werden, um den Einsturz der einen Baugrube infolge der Bodenerschütterungen, die durch das Eintreiben der Steifen in der Nachbargrube hervorgerufen werden, zu verhüten.

2. Ist der Pfeilerabstand, wie gewöhnlich, nicht groß, so empfiehlt es sich, um die umständlichere Herstellung von Einzelgruben zu vermeiden, eine **durchlaufende Baugrube** von der Breite der Pfeiler auszuschachten, wodurch die Absteifung einfacher wird, ein Mehraushub von Boden allerdings in Kauf genommen werden muß. Doch läßt sich eine Ersparnis an Aushub noch dadurch erzielen, daß die Pfeiler zur Übertragung des Druckes auf den Baugrund nicht nach allen vier Seiten, sondern nur in ihrer Flucht verbreitert werden, die lang durchlaufende Baugrube also nur eine Breite gleich der des aufgehenden Pfeilers selbst, nicht seines Fußes, zu erhalten braucht.

Vorstehend empfohlene Anordnung ist jedenfalls immer zu wählen, wenn die Pfeilerfüße infolge geringer Tragfähigkeit des Baugrundes ganz erheblich verbreitert werden müssen und infolgedessen nahe aneinandertreten.

3. In diesem Falle werden an Stelle der Pfeilerverbreiterung in Absätzen zweckmäßiger, um die Grundfläche noch zu vergrößern und den Gegendruck des Baugrundes sicher auf die Pfeiler zu übertragen, gut untermauerte **Grundbögen** zwischen die Pfeiler gespannt (Abb. 148)

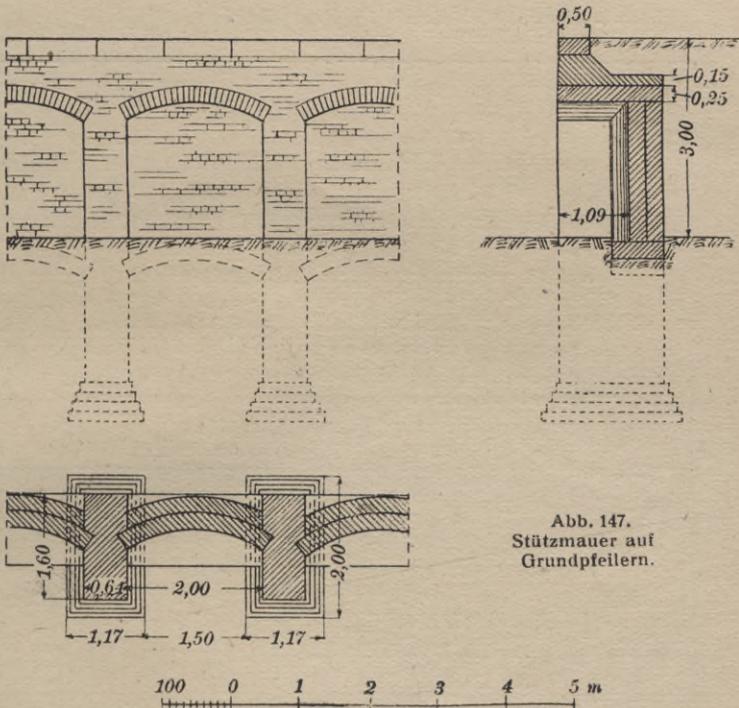
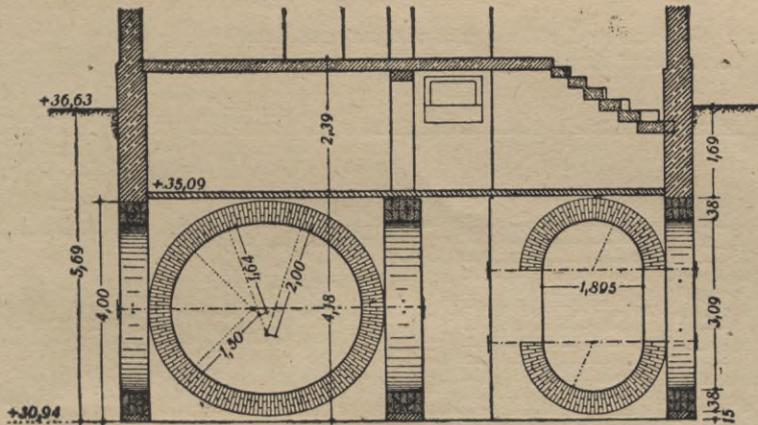


Abb. 147.
Stützmauer auf Grundpfeilern.



Schnitt E—D durch den fertigen Bau.

Abb. 148b.

oder die Pfeiler auf durchlaufende **Eisenbeton-Grundbalken** gesetzt (Abb. 149).

4. Die **Verbindung der Grundpfeiler** zur Aufnahme des aufgehenden Mauerwerks erfolgt durch Gewölbe (Abb. 147), Erdbogen (Abb. 148) — so genannt, weil die entsprechend abgegliche Füllerde als Lehre für ihre Herstellung dient —, durch Eisenbetonbalken (Abb. 149) oder seltener durch vollständig in Beton eingebettete eiserne Träger.

Sowohl Grund- wie Erdbogen werden, wenn es die zur Verfügung stehende Höhe zuläßt, zwecks Verringerung des Horizontalschubes mit Vorliebe nach dem Halbkreis, sonst wenigstens als Korbbogen gewölbt (Abb. 148). Dies gilt namentlich für Endbogen (Abb. 148), deren Horizontalschub der eines Nachbarbogens nicht entgegenwirkt, während es für eine fortlaufende Bogenreihe von gleicher Spannweite und gleicher Belastung (Abb. 147) von geringerer Bedeutung ist.

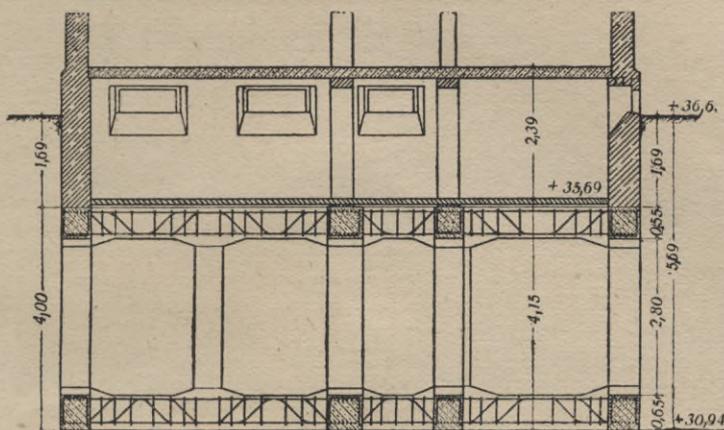
5. Für alle Fälle werden **Grund- und Erdbogen**, deren und der Widerlager Standfestigkeit durch ihre Verfüllung jeder Nachprüfung entzogen ist, kräftig **verankert** (Abb. 148), damit jegliches Ausweichen unter dem Angriff des Horizontalschubes ausgeschlossen ist. Die Anker sind aber, soweit sie frei in der Erde liegen, zum Schutze gegen Rost sorgfältig in Beton oder Zementmörtel einzuhüllen.

2. Senkbrunnen

sind **Hohlzylinder** aus Holz, Mauerwerk, Beton oder Eisenbeton, die unter Belastung und unter Ausheben des Bodens im Innern bis zum tragfähigen Baugrund **versenkt**, dann mit Beton oder Mauerwerk **ausgefüllt** und durch Gewölbe oder Träger zur Aufnahme des Bauwerks **miteinander verbunden** werden.

Sie unterscheiden sich von den Grundpfeilern aus Mauerwerk nur dadurch, daß die Umschließung des Arbeitsraumes für die Herstellung der Grundbauten, die Umschließung der Baugrube, über der Erde zusammengesetzt und im ganzen in diese eingetrieben wird.

Senkbrunnen finden daher Anwendung, wenn der tragfähige Baugrund ziemlich tief, der Wasserandrang groß, der zu durchteufende



Schnitt C—D durch den fertigen Bau.

Abb. 149b.

Boden wenig standfest, die früher geschilderte Herstellung einer Baugrube also schwierig und gefährvoll ist.

Die Brunnengründung ist nicht zu empfehlen, wenn die zu durchfahrende Erdschicht Hindernisse, wie Wurzeln, größere Steine, Baureste, erwarten läßt, besonders wenn infolge starken Wasserandrangs nur gebaggert werden kann, so daß sich die Hindernisse nur mit Schwierigkeiten (durch Taucher) beseitigen lassen.

Auch in der Nähe vorhandener Gebäude, die nicht mindestens ebenso tief gegründet sind, wie die zu versenkenden Brunnen reichen sollen, ist die Brunnengründung wegen der nicht zu vermeidenden Auflockerung des Untergrundes nicht anzuwenden.

a) Form, Größe und Stellung der Senkbrunnen.

I. Die **Grundfläche** der Senkbrunnen ist nach dem auf den Baugrund zu übertragenden Drucke und der zulässigen Beanspruchung des Baugrundes zu bemessen.

II. Der meistens größeren Druckfestigkeit des Brunnenmaterials kann die **Verjüngung** der Brunnen **nach oben** [Anlauf $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{15}$] etwas Rechnung tragen.

Diese Verjüngung wird auch schon deshalb gern vorgenommen, um die Reibung beim Absenken zu vermindern (Abb. 155, 159, 167, 168, 170—176).

III. 1. Die günstigste **Grundrißform** ist die **kreisförmige**, weil bei ihr der Umfang im Verhältnis zur Grundfläche und damit der Reibungswiderstand am kleinsten ist, weil der Boden beim Baggern von allen Seiten der Mitte gleichmäßig zufällt und so ein ungleichmäßiges Setzen und etwaiges Reißen des Brunnens am sichersten vermieden wird, und schließlich, weil die Kreisform zur Aufnahme des äußeren Erd- und Wasserdrucks am günstigsten ist.

Nachteile der Kreisform sind dagegen, daß sich runde Brunnen beim Absenken gern in Spiralen drehen und aus der Richtung kommen, ferner, daß sich die Widerlager stärkerer Mauerbogen zur Aufnahme des

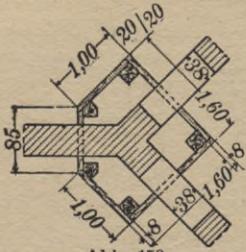


Abb. 150.
Fünfeckiger Senkbrunnen
aus Holz.

aufgehenden Mauerwerks nicht so bequem ansetzen lassen wie bei rechteckigem Querschnitt.

2. Die Wandungen **rechteckiger Senkbrunnen** erhalten zweckmäßig einen kleinen Stich zur besseren Aufnahme des Erddruckes, wenn es das zur Verwendung kommende Material, wie Mauerwerk oder Eisenbeton, ohne weiteres zuläßt (Abb. 168).

3. Doch sind auch andere Querschnittsformen angebracht, wie **elliptische** (Abb. 175), um mehrere naheliegende Eck- oder Kreuzungspunkte eines Gebäudes mit einem einzigen Brunnen zu unterfangen, oder **fünfeckige** als Widerlagspfeiler schiefwinklig aneinanderstoßender Mauern (Abb. 150, 170), namentlich aber im Tiefbau, um den Querschnitt der einzelnen Brunnen **dem Grundriß des Bauwerks** soweit wie möglich **anzupassen**, damit die Zwischenräume leichter überspannt werden können und der Druck des geschlossenen Bauwerks ohne erheblichen Wechsel der Kraft- richtung auf den Baugrund übertragen wird (Abb. 151, 162, 170).

4. Um alle vorgenannten Vorteile in möglichster Vollkommenheit zu erzielen, werden auch **Senkbrunnen von der Grundrißform und Ausdehnung des ganzen Bauwerks** (Brückenpfeiler) mit **mehreren durch Querwände getrennten Baggerschächten** versenkt (Abb. 152, 161). Doch ist bei solchen Brunnen die Gefahr einseitigen Setzens, des Schiefstellens und Reißens infolge ungleichmäßigen Baggers und verschieden festen Bodens verhältnismäßig groß, so daß sie in Mauerwerk nur für gleichmäßigen, leicht zu baggernden Boden in Betracht kommen. Weniger bedenklich ist die einheitliche Zusammenfassung mehrerer Brunnenschächte, wenn die Wände aus Eisen oder

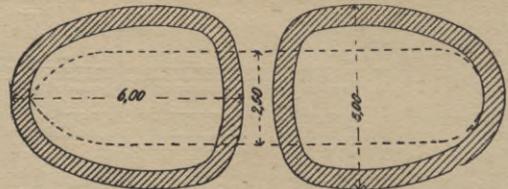


Abb. 151. Senkbrunnenquerschnitt, dem Grundriß des Bauwerks angepaßt.

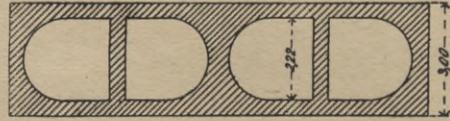


Abb. 152. Senkbrunnen vom Grundriß des ganzen Bauwerks mit mehreren Baggerschächten.

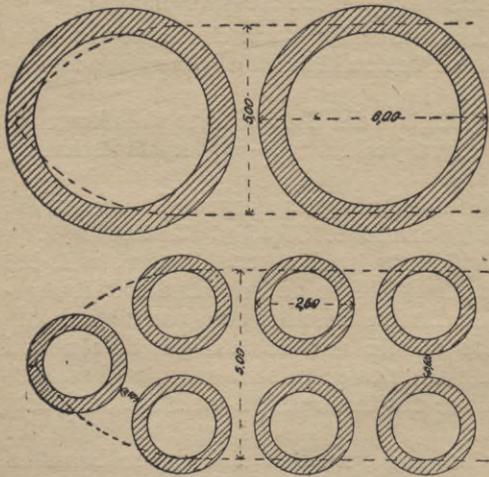


Abb. 153. Gegenüberstellung weniger großer und vieler kleiner Senkbrunnen für dasselbe Bauwerk.

Eisenbeton hergestellt sind, also große Steifigkeit in wagerechter Richtung aufweisen.

Die Gefahr des einseitigen Setzens und Reißens der Brunnen beim Absenken empfiehlt auch eine gewisse Beschränkung der Größe von Einzelbrunnen, namentlich solcher von länglichem Grundriß aus nicht biegungsfestem Material bei ungleichmäßigem Untergrund, während die Brunnenweite nach unten so gut wie unbegrenzt ist. Denn es lassen sich Brunnen von 1,00 m lichter Weite bei günstigen Boden- und Grundwasserverhältnissen noch von Hand ausschachten, Rohrbrunnen von 0,50 m Weite mittels Sackbohrers (Abb. 154, 163) oder Schraubensbaggers (Abb. 164) und vorgebohrte einbetonierte Pfähle (C. II. 4. a. d.) von 0,20 m Weite, die nach Art ihrer Versenkung eigentlich Senkbrunnen kleinster Abmessung sind, mit Hilfe von Bohrern (A. II. 4. a.) niederbringen.

IV. Doch sind immer **wenige große Senkbrunnen** vielen **kleinen vorzuziehen** (Abb. 153),

weil große Brunnen stärkere Wandungen zulassen und deshalb leichter, ohne besondere Belastung, zu versenken sind,

weil der Wechsel zwischen dem Versenken und dem Verlängern der Brunnen, der immer Aufenthalt verursacht, im ganzen nicht so häufig zu erfolgen braucht,

weil sich die Verbindung weniger Brunnen zu einem einheitlichen Bauwerk einfacher gestaltet.

Hinzu kommt noch, daß oft, besonders unter Gebäuden, die zur Aufnahme der Gesamtlast erforderlichen Senkbrunnen, je größer ihr Einzelquerschnitt ist, um so weiter voneinander stehen können und sich infolgedessen um so sicherer an der vorgesehenen Stelle bis auf den tragfähigen Baugrund versenken lassen, da Senkbrunnen immer das Bestreben haben, nach der Seite, wo die Erde durch die vorhergehende Versenkung eines Nachbarbrunnens gelockert ist, abzutreiben.

V. Jedenfalls darf aus letztgenanntem Grunde, was namentlich bei der Gründung von Tiefbauten, die infolge ihrer hohen Belastung eine enge Brunnenstellung verlangen, zu beachten ist, der **Abstand zweier Senkbrunnen**, von Außenkante bis Außenkante am unteren Ende, **nicht unter 0,60 m** be-

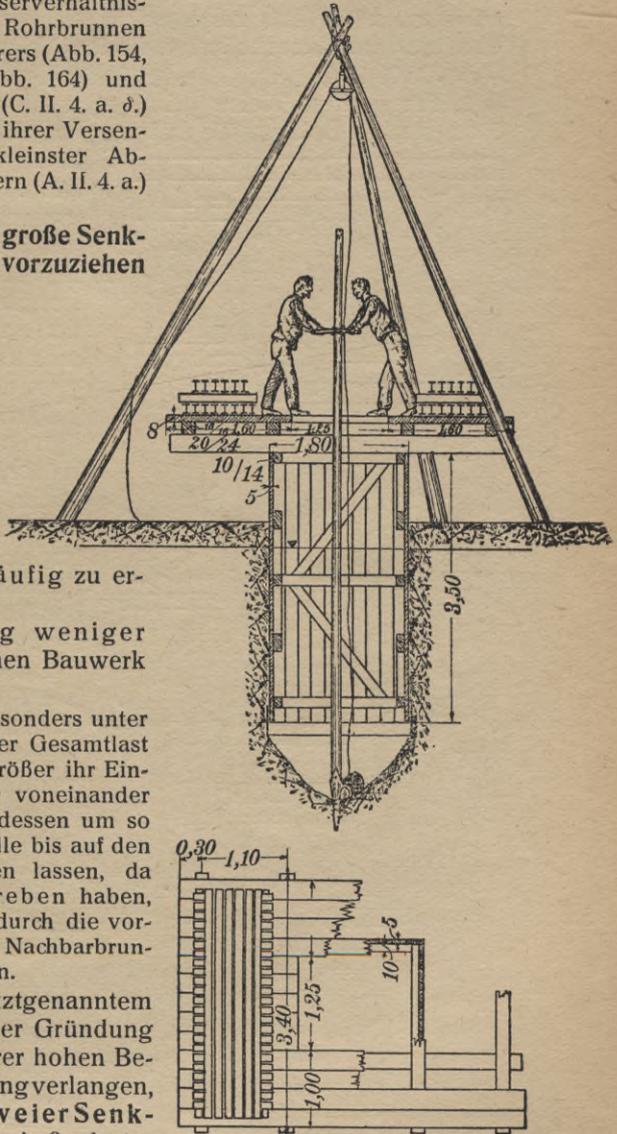


Abb. 154. Hölzerner Senkbrunnen aus lotrechten Bohlen.

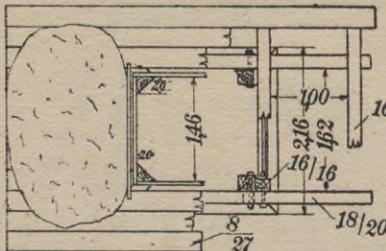
tragen, weil sonst die Gefahr besteht, daß sich der zweite Brunnen beim Versenken auf den vorher versenkten Nachbarbrunnen aufsetzt.

b) Bauart der Senkbrunnen.

a) Hölzerne Senkbrunnen,

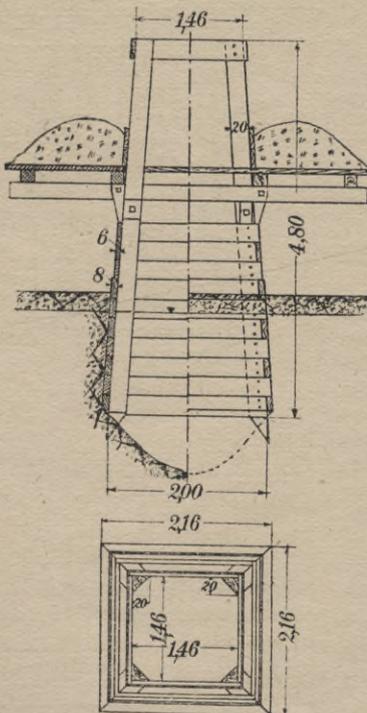
auch Senkkasten genannt, dem Material entsprechend fast immer von eckigem, meistens rechteckigem, wenn irgend zugänglich von quadratischem Querschnitt, finden Verwendung für Tiefen bis 10 m (Abb. 170, 174).

1. Für geringe Tiefen (bis 5 m) stellt man sie vielfach aus **lotrechten** 5 cm starken **Bohlen**, die auf wagerechte und untereinander verstrebt



Rahmen genagelt werden, her (Abb. 154). Den unteren Rand verstärkt und verschärft man durch ein Flacheisen.

Die zum Absenken erforderliche Belastung wird zu Beginn der Versenkung aufgebracht und braucht erst wieder heruntergenommen zu werden, wenn der Brunnen vollständig eingesunken ist. Dieser Vorteil wird aber bei größeren Tiefen dadurch beeinträchtigt, daß fertige Brunnen von einiger Höhe, solange sie noch nicht mehrere Meter tief eingesunken sind, stark schwanken, sich leicht schiefstellen und sogar umstürzen können, außerdem noch dazu zwingen, zu Anfang der Versenkung den ausgeschachteten Boden unnötig hoch zu heben.



2. Deshalb wird meistens, jedenfalls bei Tiefen über 5 m, vorgezogen, ein **Gerüst** aus Stielen und Streben mit dem Tiefsinken nach und nach **mit wagerechten Bohlen**, die unten, dem größeren Erddrucke entsprechend, stärker gewählt werden als oben, zu benageln (Abb. 155, 170, 174). Um hierbei die Auflast nicht zu oft aufbringen und herunternehmen zu müssen, empfiehlt es sich, das Gerüst zur Aufnahme der Last an den Stielen 2—3 m über dem Erdboden zu befestigen und erst, wenn es mit dem Tiefsinken des Brunnens aufstößt, höher anzubringen.

Wird ein Auspumpen der Senkbrunnen beabsichtigt, so sind die Fugen von vornherein mit Werg und Teer zu kalfatern. Bei großer Brunnenweite

Abb. 155.
Hölzerner Senkbrunnen
aus wagerechten Bohlen.

müssen dann mit abnehmendem Wasserstande die Wände gegeneinander abgesteift werden.

β) Gemauerte Senkbrunnen,

gewöhnlich rund, finden am häufigsten Anwendung (Abb. 151—153, 169, 173, 175, 176). Sie bieten den hölzernen Senkbrunnen gegenüber den Vorteil, daß ihre Wandungen infolge ihres großen Gewichts vielfach eine künstliche Belastung entbehrlich machen und nach

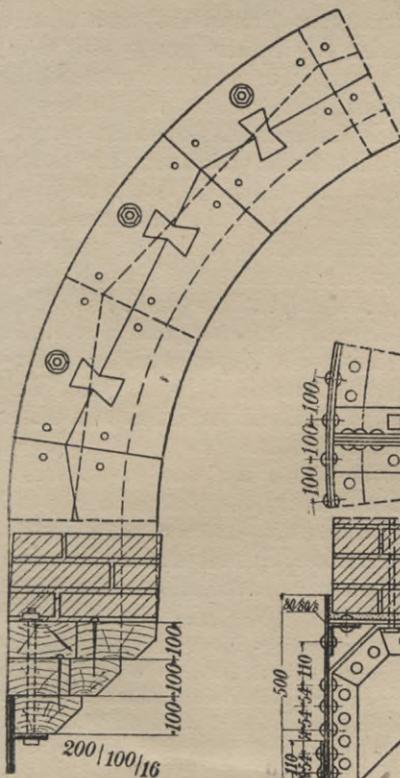


Abb. 156, Hölzerner Brunnenkranz.

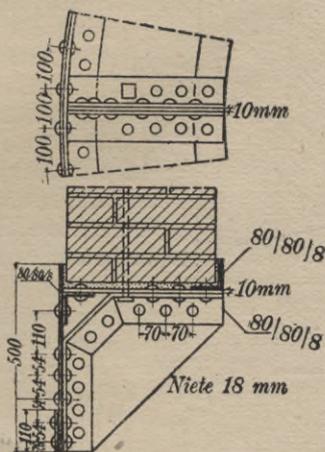


Abb. 157. Eiserner Brunnenkranz.

der Versenkung zum Tragen mitbenutzt werden können.

I. Als Unterlage zum Zusammenhalten des Mauerwerks dient der mit einer Schneide zwecks leichteren Eindringens versehene **Brunnenkranz** oder Brunnenschling aus Holz oder Eisen.

1. **Hölzerne Brunnenkränze** haben einen dreieckigen oder trapezförmigen Querschnitt und bestehen aus mehreren Lagen sich überblattender, miteinander verdübelter, vernagelter und verbolzter Bohlen. Die Schneide wird mit einem T-Eisen bewehrt (Abb. 156).

2. **Eiserne Brunnenkränze** bestehen aus einem wagerechten Tragblech und einem senkrechten Schneidblech, die durch Blechkonsolen gegeneinander verstrebt sind (Abb. 157). Noch besser ist ein keilförmiger Querschnitt, der aus einem äußeren lotrechten und einem inneren schrägen Blech gebildet, durch einzelne Flach-, L- oder T-Eisen zusammengehalten und mit Beton ausgefüllt wird (Abb. 158).

II. 1. Das **Mauerwerk** wird gewöhnlich aus Hartbrandsteinen oder Klinkern (Normal- oder Radialsteinen) in raschbindendem Ze-

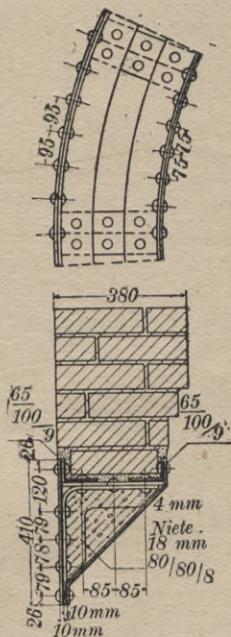


Abb. 158. Eiserner Brunnenkranz mit Betonausfüllung.

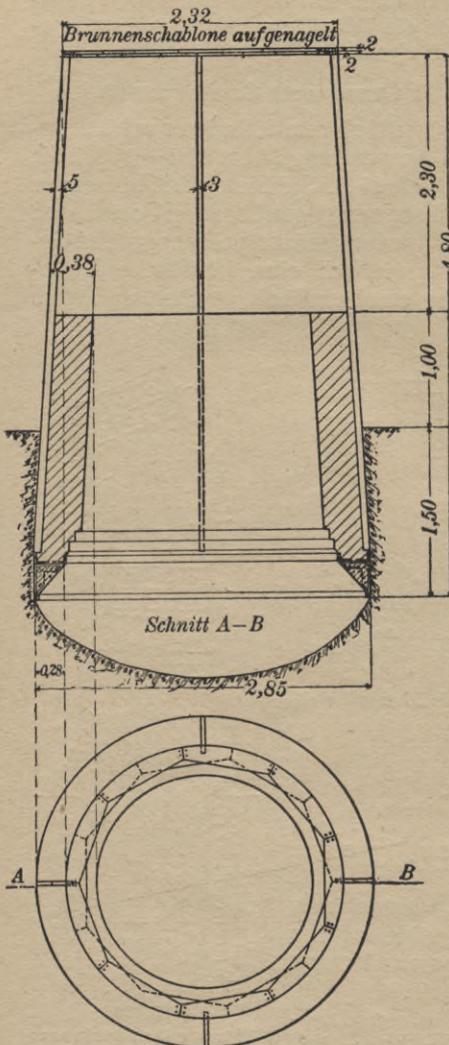


Abb. 159. Senkbrunnen mit Mauerlehren.

fertig in der Form und vollständig erhärtet zur Versenkung kommen, so daß auf das Abbinden nicht gewartet zu werden braucht und die durch das Verlängern der Brunnen entstehende Unterbrechung der Versenkungsarbeiten vermieden oder wenigstens — bei Verwendung von Brunnenringen — bedeutend abgekürzt wird. Da ihre Wandungen, namentlich bei Ausführung in Eisenbeton, erheblich schwächer sind als die gemauerten Brunnen und infolgedessen den Arbeitsraum im Inneren nicht so beengen, kommen sie namentlich für kleine Brunnenquerschnitte in Betracht. Dagegen ist ihr geringes Gewicht gegenüber dem starkwandiger Brunnen von Nachteil für die Absenkungsarbeiten, da es

mentmörtel hergestellt und außen verputzt. Als Stärke genügt für 6 m Tiefe und 1,50 m Weite ein Stein, doch wird das Mauerwerk, soweit es der erforderliche Arbeitsraum zuläßt, **möglichst stark** gehalten, um durch das größere Gewicht das Absenken zu fördern. Um den Brunnenkranz nicht zu breit machen zu müssen, erfolgt die Verstärkung durch Vorkragen nach innen (Abb. 158, 159), doch ist zu beachten, daß der Rand des Kranzes für Werkzeuge, wie Steinzangen, Rammeißel, Bohrer, zur Beseitigung von Hindernissen von oben erreichbar bleibt.

2. Als **Lehre für das Mauerwerk** werden bündig mit der Außenfläche vier Latteneingemauert, die an ihrem oberen Ende durch die Brunnen-schablone verstrebt sind (Abb. 159).

3. Ist ein Wechsel der Bodenschichten und ihres Reibungswiderstandes zu erwarten, so wird, um ein Abreißen des oberen Brunnenteiles infolge des Reibungsunterschiedes zu verhüten, das Mauerwerk durch lotrechte Anker mit dem Brunnenkranz verbunden (vgl. Abb. 157).

γ) Senkbrunnen aus Beton und Eisenbeton

werden entweder in einem Stück (Abb. 168, 172) versenkt oder dem Tiefsinken entsprechend aus einzelnen Brunnenringen (Abb. 160, 175) zusammengesetzt.

Sie bieten gegenüber gemauerten Senkbrunnen den Vorteil, daß sie

fast immer eine künstliche Belastung notwendig macht (Abb. 168).

Das Material ermöglicht jede beliebige Querschnittsform, die durch Bewehrung mit Eisen sehr widerstandsfähig gemacht werden kann.

1. In ganzer Höhe fertiggestellte Senkbrunnen aus Beton oder Eisenbeton gewähren den Vorteil, daß die einmal aufgebraachte Belastung erst wieder entfernt zu werden braucht, wenn der Brunnen vollständig eingesunken ist, haben aber bei größerer Höhe den Nachteil geringer Standsicherheit und unnötig großer Förderhöhe des Baggergutes zu Beginn der Versenkung (Abb. 168).

2. Für kleinere Querschnitte und für größere Tiefen eignen sich mehr Senkbrunnen aus einzelnen Rohrschüssen von 1—2 m Länge. Bis 1,50 m lichter Weite halten die Zementwarenwerke **Brunnenringe** von 1 m Länge vorrätig. Bei gleichmäßigem, leichtem Boden und nicht zu großen Tiefen genügt es, die mit Falz versehenen Brunnenringe einfach aufeinanderzusetzen. Ungleichartiger, grobkörniger und schwerer Boden und größere Tiefen verlangen jedoch eine Verbindung der einzelnen Rohre durch Flacheisen und Schrauben sowie eine Eisenbewehrung der Schneide (Abb. 160).

3. Senkbrunnen aus Eisenbeton vom Gesamtquerschnitt geschlossener Bauwerke des Tiefbaues mit mehreren Baggerschächten (Abb. 161), gegen deren Verwendung wegen ihrer großen Seitensteifigkeit keine Bedenken bestehen, setzt man, namentlich wenn sie im offenen Wasser zu versenken sind, ebenfalls, wenigstens im oberen, vorläufig über Wasser reichenden Teil, dem Absenken entsprechend in einzelnen Schüssen von 1—2 m Höhe aufeinander, um den Schwierigkeiten, die das große Gewicht hoher Senkbrunnen ausgedehnten Querschnitts dem Aufhängen bereitet, zu entgehen.

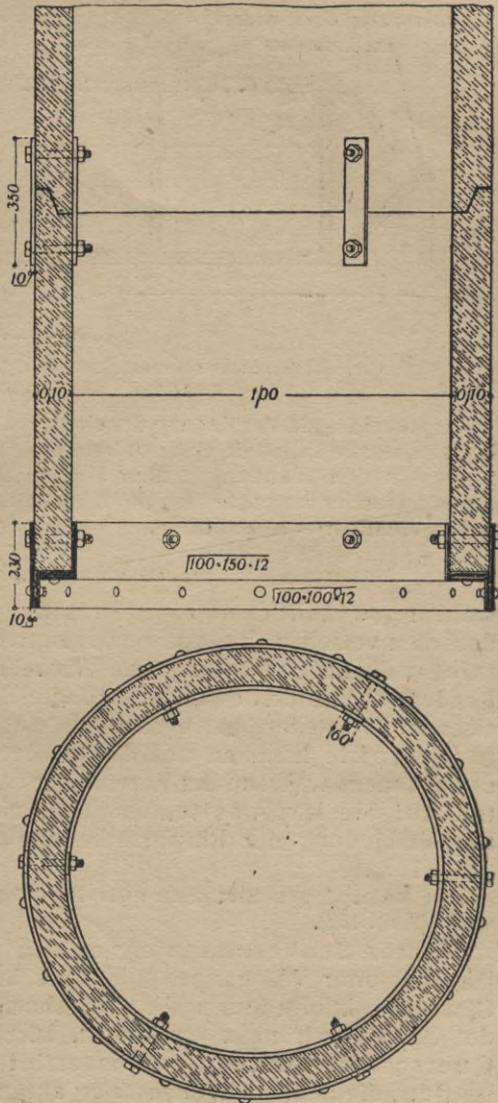


Abb. 160. Brunnenringe aus Beton mit Bewehrung der Schneide und Sicherung des Stoßes.

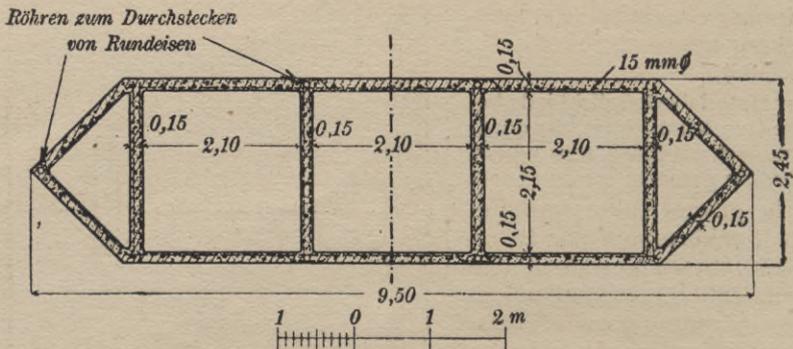


Abb. 161. Eisenbeton-Senkbrunnen vom Grundriß des ganzen Pfeilers, aus mehreren Schüssen zusammengesetzt.¹⁾

Als ausreichende Verbindung der einzelnen Schüsse hat sich bewährt, lotrechte, in das unterste Teilstück einbetonierte Rundeisen durch röhrenförmige Aussparungen in den Wandungen aller übrigen Stücke (Abb. 161) zu stecken, dazu die aufeinander zu passenden Stoßflächen mit Nut und Feder zu versehen und mit Zementmörtel abzudichten.

δ) Eiserne Senkbrunnen

werden gewöhnlich aus einzelnen Ringen, die im Innern mit Winkel­flanschen versehen sind, zusammengesetzt. Die Ringe werden aus Blech­tafeln, die außen mit lotrechten Winkeleisen besäumt sind, zusammen­genietet. Erforderlichenfalls sind die Ringe noch durch weitere Form­eisen zu versteifen. Alle lotrechten Verbindungs- und Verstei­fungsprofile kommen auf die Außenseite, damit sie dem Drehen des Brun­nens während der Versenkung entgegenwirken, alle wagerechten auf die Innenseite, damit sie nicht die Absenkung erschweren. Die Verbindung der Ringflansche erfolgt durch Nieten oder Schrauben (Abb. 162).

Das Material gestattet eine gute Anpassung der Brunnenform an das Bauwerk (Abb. 162).

Eiserne Senkbrunnen eignen sich wegen der hohen Widerstands­fähigkeit ihrer Wandungen und ihres im Verhältnis zu dieser mäßigen Gewichtes, infolgedessen sie sich schnell zusammensetzen und, solange der Grund noch nicht erreicht ist, leicht aufhängen lassen, für große Querschnitte und große Wassertiefen, namentlich aber für See­bauten, die starkem Wellenschlag ausgesetzt sind. Ihrer häufigeren Ver­wendung steht ihr hoher Preis entgegen.

c) Die Versenkung der Brunnen

beginnt auf Land gewöhnlich erst in Höhe des Grundwassers, nach­dem eine Baugrube bis zu diesem ausgeschachtet worden ist, um die immerhin umständliche und kostspielige Versenkungsarbeit auf die zu­lässig kleinste Höhe zu beschränken. Als Bauzeit empfiehlt sich daher auch die Zeit des niedrigsten Grundwasserstandes, der Spätsommer.

1) Aus dem „Handbuch für Eisenbetonbau“.

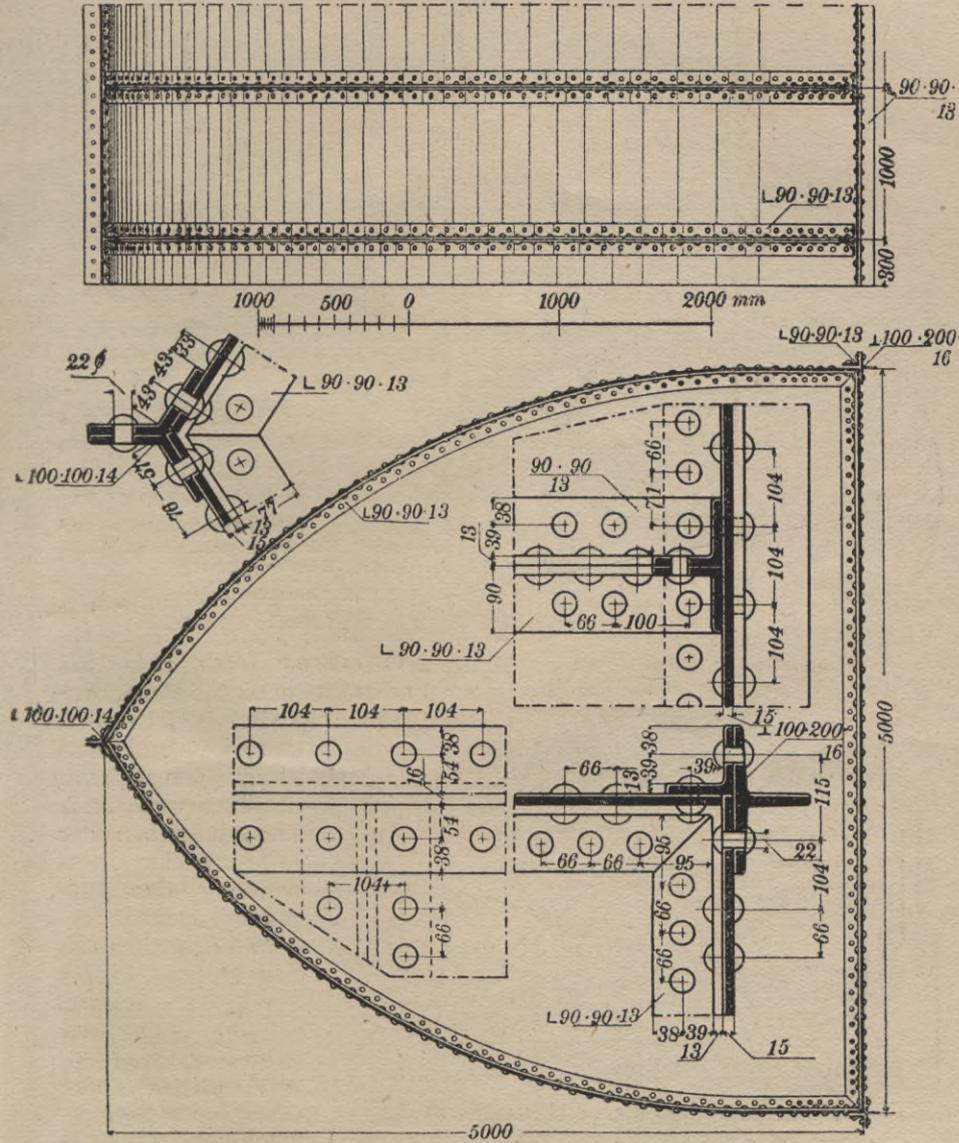
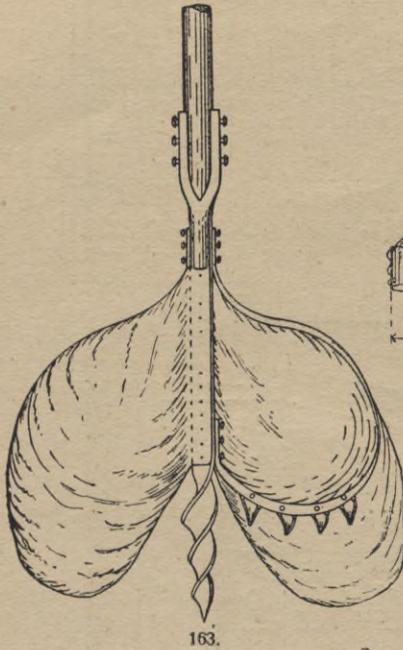


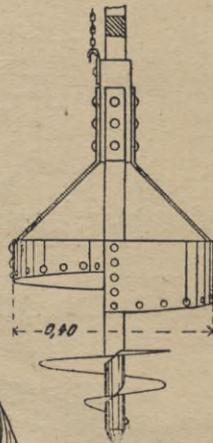
Abb. 162. Eiserner Senkbrunnen für den Kopf eines Strompfählers.

1. Falls es irgendwie zugänglich ist, wird man den **Boden** im Innern unter oberirdischer oder unterirdischer Wasserhaltung mit der Hand **ausheben** und erst bei stärkerem Wasserandrang, besonders in Sand, **baggern**.

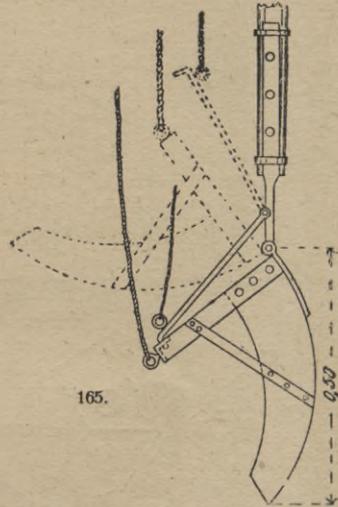
Von **Baggern** kommen in Betracht: der Sackbohrer (Abb. 154, 163), der Schraubebagger (Abb. 164), die indische Schaufel (Abb. 165), der Greifbagger (Abb. 116, 117, 166) und insbesondere der Vertikal-Eimerbagger (Abb. 167).



163.



164.



165.

Abb. 163. Sackbohrer. [Tiefbohr-Maschinen- und
Werkzeuge-Fabrik Nürnberg von Heinr. Mayer
& Co., Nürnberg-Doos.]

Abb. 164. Schraubebagger.

Abb. 165. Indische Schaufel.

2. Hölzerne (Abb. 154, 155)
und schwachwandige Betonbrun-
nen (Abb. 168) sind fast immer,

gemauerte und eiserne
zuweilen noch mit
Eisenbahnschienen,
Trägern, Steinen oder
Erde zwecks Über-
windung des Rei-
bungswiderstandes
beim Absenken zu
belasten.

Um die Belastung
bequem aufbringen
zu können, hängt man
wohl auch an vier über
den Brunnen gestreck-
ten Kanthölzern mit-
tels Schraubenspin-
deln eine Plattform
auf, die man mit Schie-
nen, Steinen oder der
ausgebaggerten Erde
belastet und dem Sin-
ken des Brunnens ent-
sprechend immer hö-
herschraubt (Abb. 168).

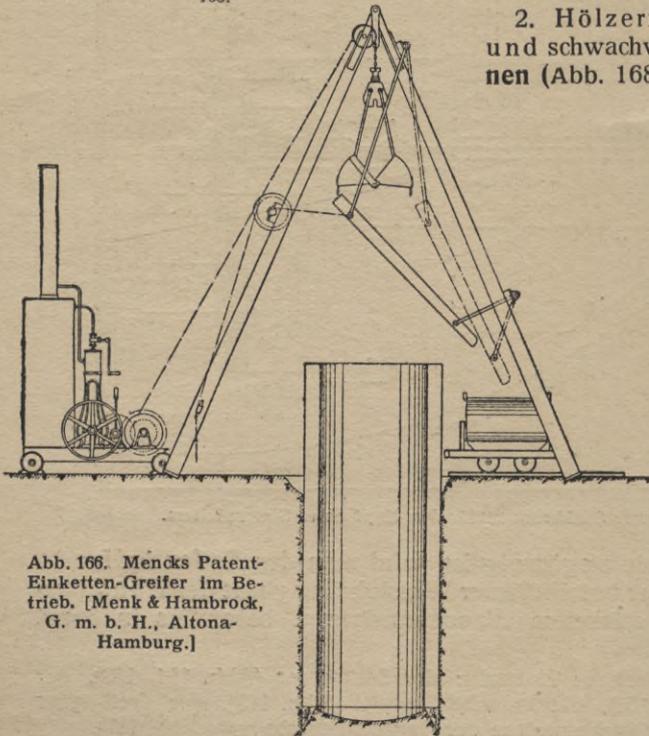


Abb. 166. Mencks Patent-
Einketten-Greifer im Be-
trieb. [Menk & Hambrock,
G. m. b. H., Altona-
Hamburg.]

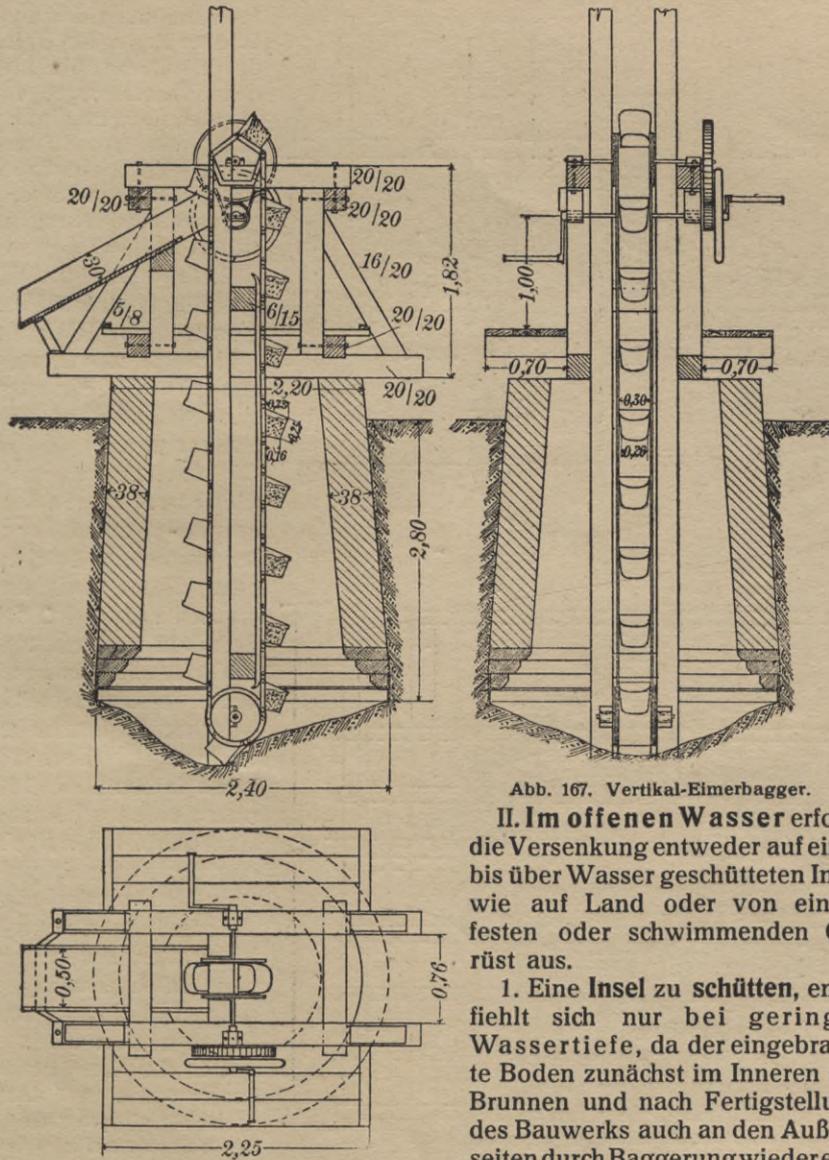


Abb. 167. Vertikal-Eimerbagger.

II. Im offenen Wasser erfolgt die Versenkung entweder auf einer bis über Wasser geschütteten Insel wie auf Land oder von einem festen oder schwimmenden Gerüst aus.

1. Eine Insel zu schütten, empfiehlt sich nur bei geringer Wassertiefe, da der eingebrachte Boden zunächst im Inneren der Brunnen und nach Fertigstellung des Bauwerks auch an den Außenseiten durch Baggerung wieder entfernt werden muß.

In stärkerer Strömung wird die Anlage einer künstlichen Insel noch dadurch verteuert, daß sie zum mindesten stromauf am Kopf durch Streichwände aus Spundbohlen (Abb. 169) oder Faschinenwände (Abb. 101) gleicher Anordnung gegen die Spülwirkung des fließenden Wassers geschützt werden muß.

Greift das zu gründende Bauwerk zum Teil in die Uferböschung ein (Brückenwiderlager, Ufermauer), so wird das Ufer soweit wie erforderlich mit Böschung bis nahe zum Wasserspiegel abgeschachtet und der gewonnene Boden

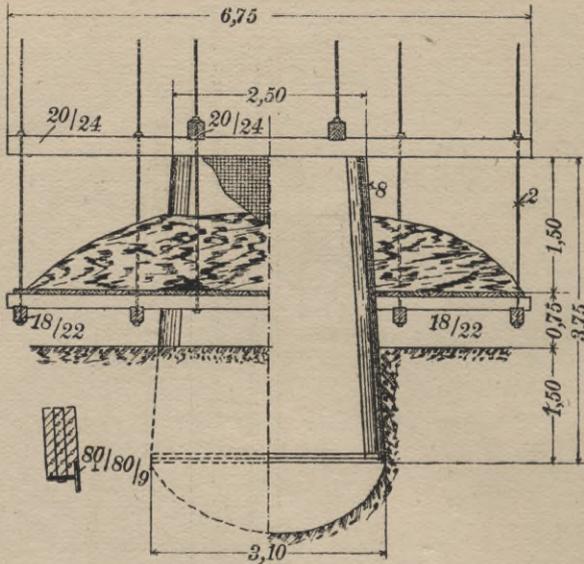


Abb. 168. Senkbrunnen aus Eisenbeton.

zur Aufhöhung des unter Wasser liegenden Teiles der Baufäche bis über den Wasserspiegel verwendet, nötigenfalls auch noch die Anschüttung durch eine Spundwand oder Fangedammwand gegen die Strömung gesichert (Abb. 170).

2. Erscheint das Anschütten einer Insel wegen großer Wassertiefe oder wegen starker Strömung untunlich, so werden die **Senkbrunnen an Gerüsten** mittels

Schraubenspindeln aufgehängt und durch langsames Nachlassen dieser auf den Grund versenkt. Die Spindeln sind am unteren Ende mit Haken oder Ösen versehen, welche in Haken greifen, die entweder um den Brunnenkranz fassen (Abb. 172) oder an diesem befestigt sind (Abb. 171). Steht der Brunnen ringsum auf, so werden die Spindeln ausgehakt, worauf der Brunnen durch Ausbaggerung und Belastung weiter abgesenkt wird.

Um das Gewicht der Senkbrunnen und damit die Belastung der Spindeln und des Ge-

üstes zu verringern, wird empfohlen, den Hohlraum der Brunnen, solange diese frei im Wasser hängen, durch eine zwischen den Brunnenkranz gespannte Kugelkappe aus kalftarten Holzklötzen gegen das Wasser abzuschließen (Abb. 171). Sobald der Brunnen aufsteht, wird er mit Wasser gefüllt, um den einseitigen Wasserdruck auf das Gewölbe und dessen Spannung aufzuheben. Nun kann die Kappe leicht mit einer Eisenstange von oben durchstoßen werden, worauf die Klötze hochschwimmen.

a) **Feste Gerüste** empfehlen sich nur bei nicht zu großen Wassertiefen, namentlich aber dann, wenn nicht allerseits eine genügende

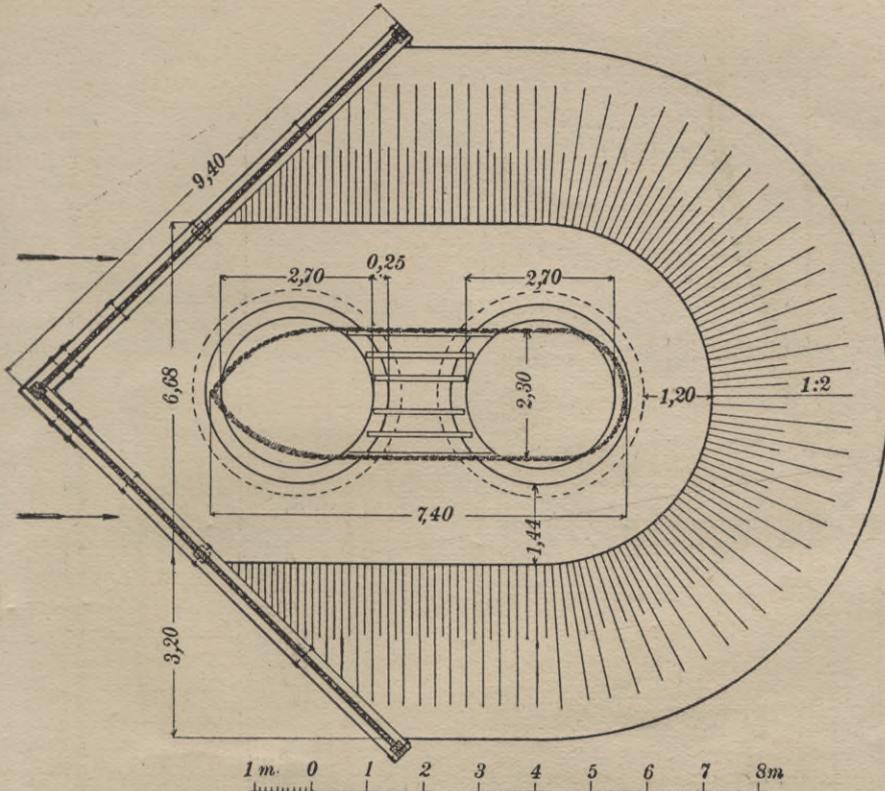


Abb. 169. Künstliche Insel zur Versenkung von Senkbrunnen im offenen Wasser

Wassertiefe für Fahrzeuge vorhanden ist. Die eingerammten Tragpfähle müssen tiefer reichen, als die Brunnen abgesenkt werden sollen, damit sie nicht infolge des Baggens lose werden. Bei entsprechender Länge der Pfähle ist die Herstellung zweier Arbeitsbühnen übereinander einfach, von denen die obere zur Bedienung der Spindelmutter und des Baggers, die untere zum Höherführen der Brunnenwandungen und zum Aufbringen und Abnehmen der Belastung dient, wodurch gegenseitige Störungen der verschiedenen Arbeiten soweit wie möglich hintangehalten werden (vgl. Abb. 172).

b) **Schwimmende Gerüste**, auf zwei oder mehr gekuppelten Fahrzeugen ruhend (Abb. 171), sind bei allerseits ausreichender Wassertiefe verwendbar, doch vornehmlich da am Platze, wo die Wassertiefe groß ist und ein festes Gerüst das Einrammen sehr langer, starker Pfähle bedingen würde. Die Kähne sind natürlich durch Anker in jeder Richtung festzulegen.

Wenn angängig, wird man natürlich den niedrigsten Wasserstand abwarten, um die Höhe der Senkbrunnen und die Schwierigkeiten, die mit ihrer Aufhängung und Ausbaggerung verknüpft sind, auf das Mindestmaß zu beschränken.

III. Beim **Absenken** und Ausschachten ist vor allem darauf zu achten, daß der Boden von allen Seiten gleichmäßig nach der Mitte fällt,

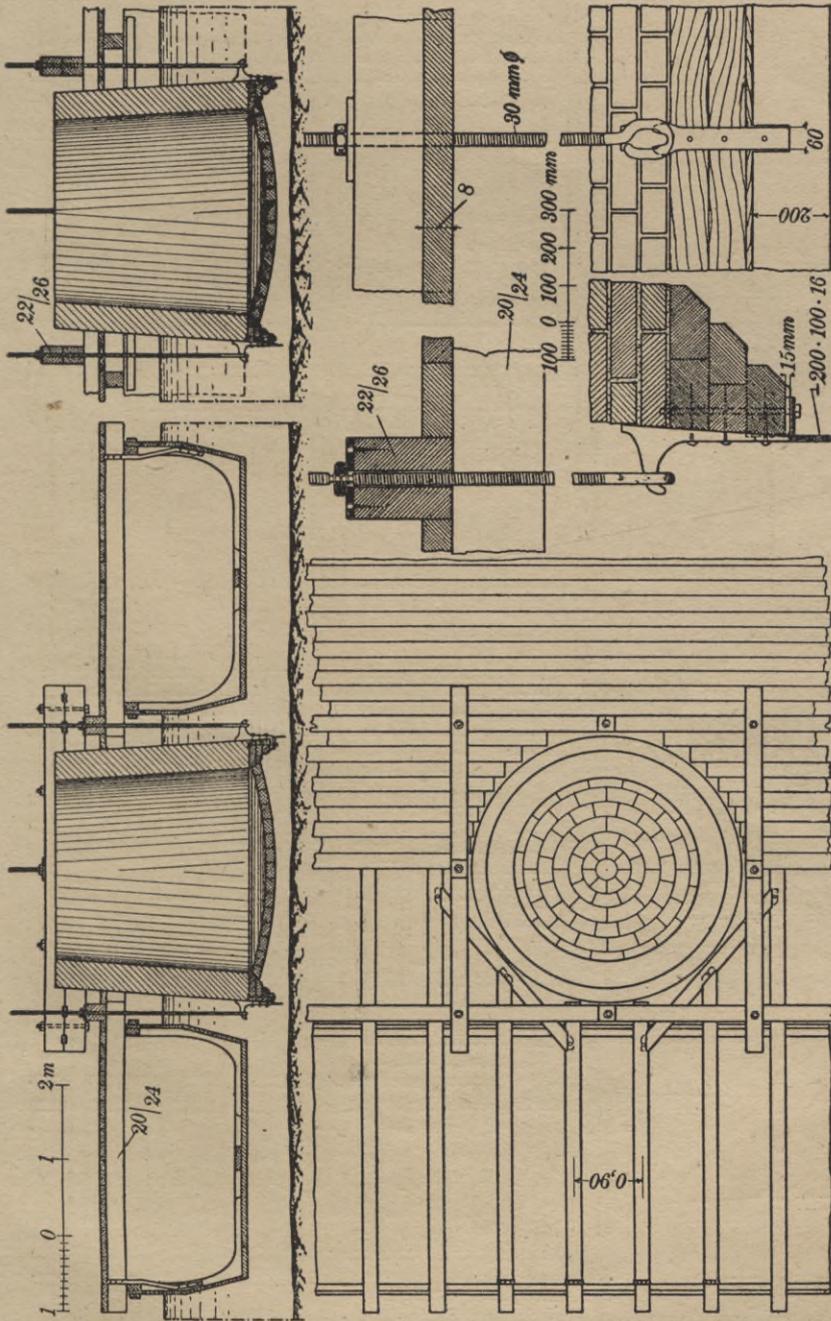


Abb. 171. Versenkung von Senkbrunnen von einem schwimmenden Gerüst aus (zu Abb. 173).

der Brunnen sich nicht schief stellt und daß, falls dies doch eingetreten ist, der Brunnen durch Baggern an der hochstehenden Seite wieder geradegerichtet wird.

Gemauerte Brunnen dürfen natürlich erst, nachdem das Mauerwerk gehörig abgebunden hat, versenkt werden. Je seltener das Versenken durch das Aufmauern unterbrochen wird, desto mehr wird die Arbeit gefördert. Es empfiehlt sich daher, möglichst viel Mauerwerk (bis 2,00 m) auf einmal fertigzustellen, auch wenn infolgedessen der ausgeschachtete Boden höher als nötig gehoben werden muß.

Sind mehrere nahestehende Senkbrunnen in einer Reihe auszuführen, z. B. für Brückenpfeiler (Abb. 173), Brückenwiderlager (Abb. 170), so läßt man zunächst jeden zweiten Brunnen aus, so daß infolge des größeren Zwischenraums ein Aneinanderrücken zweier benachbarter Brunnen während des Versenkens ausgeschlossen ist, und bringt nach beendeter Versenkung die fehlenden Brunnen ein, die nun keine Neigung zeigen werden, nach einer Seite auszuweichen, da der Boden durch die Versenkung der Nachbarbrunnen beiderseits gleich stark gelockert ist.

Bei einem Abstand gleich dem Brunnendurchmesser ist das Versenken zweier Nachbarbrunnen nacheinander unbedenklich.

d) Die Ausfüllung und Verbindung der Senkbrunnen

erfolgt, wenn der tragfähige Baugrund erreicht und das Wasser im Innern bis zu seiner gewöhnlichen Höhe, bis auf einige Zentimeter unter Oberkante des versenkten Brunnens, angestiegen ist. Der **Brunnen** wird entweder vollständig unter Wasser **ausbetoniert** (Abb. 170, 174—176), was meistens, wenigstens für hölzerne und kleinere Senkbrunnen, vorzuziehen ist, oder es wird nur der untere Teil ausbetoniert, nach Erhärtung des Betons das Wasser ausgepumpt und der obere Teil ausgemauert (Abb. 173).

Im letzteren Falle beträgt die Betonstärke, entsprechend dem unter B. IV. 3 Gesagten,

$$d = 0,45 H \text{ für Beton aus Kies oder Steinschotter,}$$

$$d = 0,55 H \text{ für Beton aus Ziegelschotter,}$$

wenn H der Abstand der Brunnensohle vom Wasserspiegel ist.

II. Die **Senkbrunnen** werden zur Aufnahme der geschlossenen Mauern des Bauwerks durch Gewölbe (Abb. 173, 176), Mauerbogen (Abb. 175), Eisenbetonplatten (Abb. 170) und -balken (Abb. 174), betonumhüllte Träger (Abb. 169) oder bei sehr enger Stellung auch durch Überkragen **zusammengefaßt**.

Schwache Widerlager größerer Bogen (Abb. 175) sind gegen Ausweichen durch Anker, diese gegen Rost durch Betonumhüllung zu sichern.

Die Verbindung der Senkbrunnen erfolgt entweder unmittelbar über dem Wasserstande oder, falls die Höhe der verbindenden Bauteile geringer als der Abstand des Grundwassers und der Sohle des Nutzbaues (Kellersohle) ist, auch unmittelbar unter dieser.

1. **Unter schwerbelasteten Bauwerken des Tiefbaues** werden jedoch die Senkbrunnen in der Regel, im offenen Wasser immer, möglichst tief, also unmittelbar über dem Wasserspiegel zur gemeinsamen Aufnahme der angreifenden Kräfte (im offenen Wasser außer der Auflast noch Hochwasser, Eisgang) **zusammengefaßt** (Abb. 170, 173, 176).

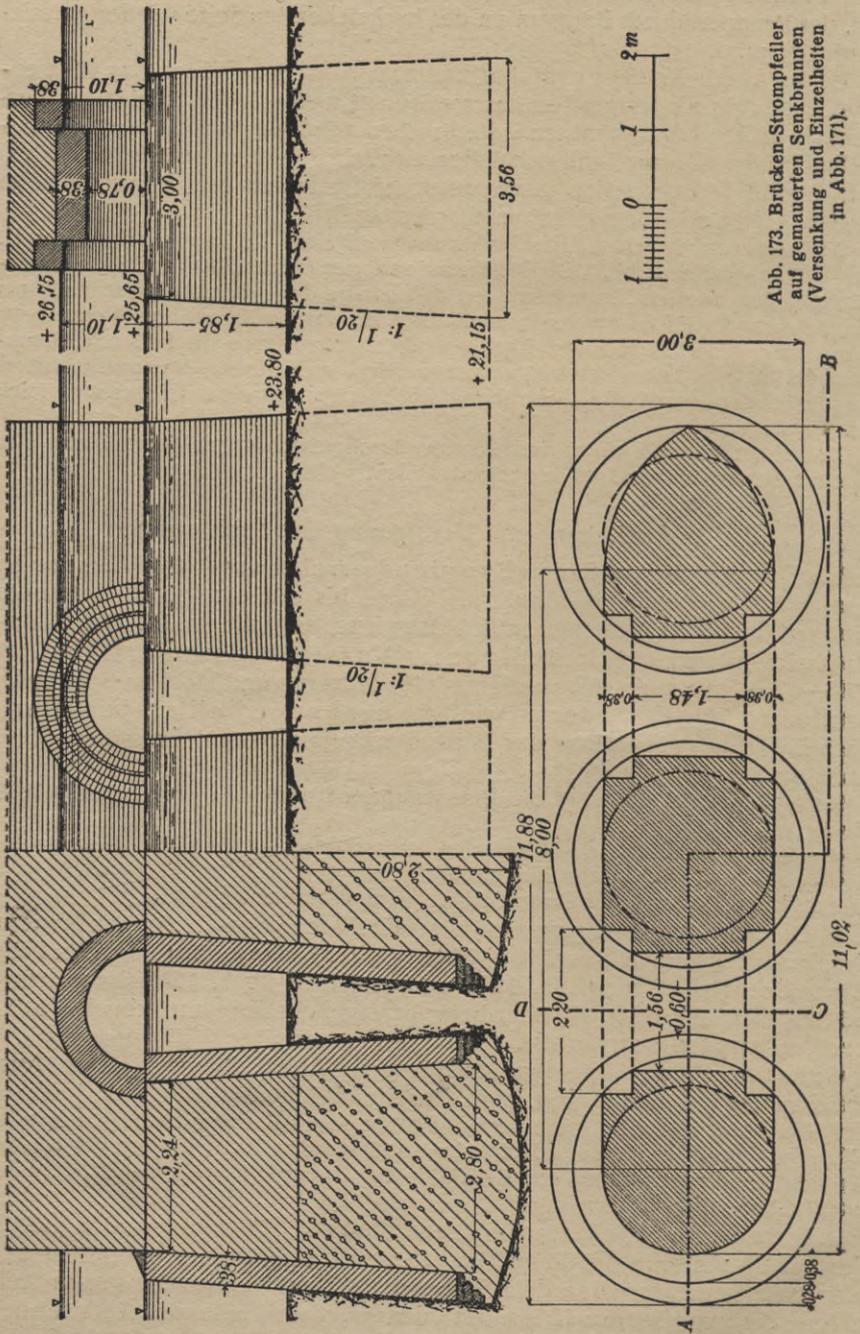


Abb. 173. Brücken-Strompfeiler auf gemauerten Senkbrunnen (Versetzung und Einzelheiten in Abb. 171).

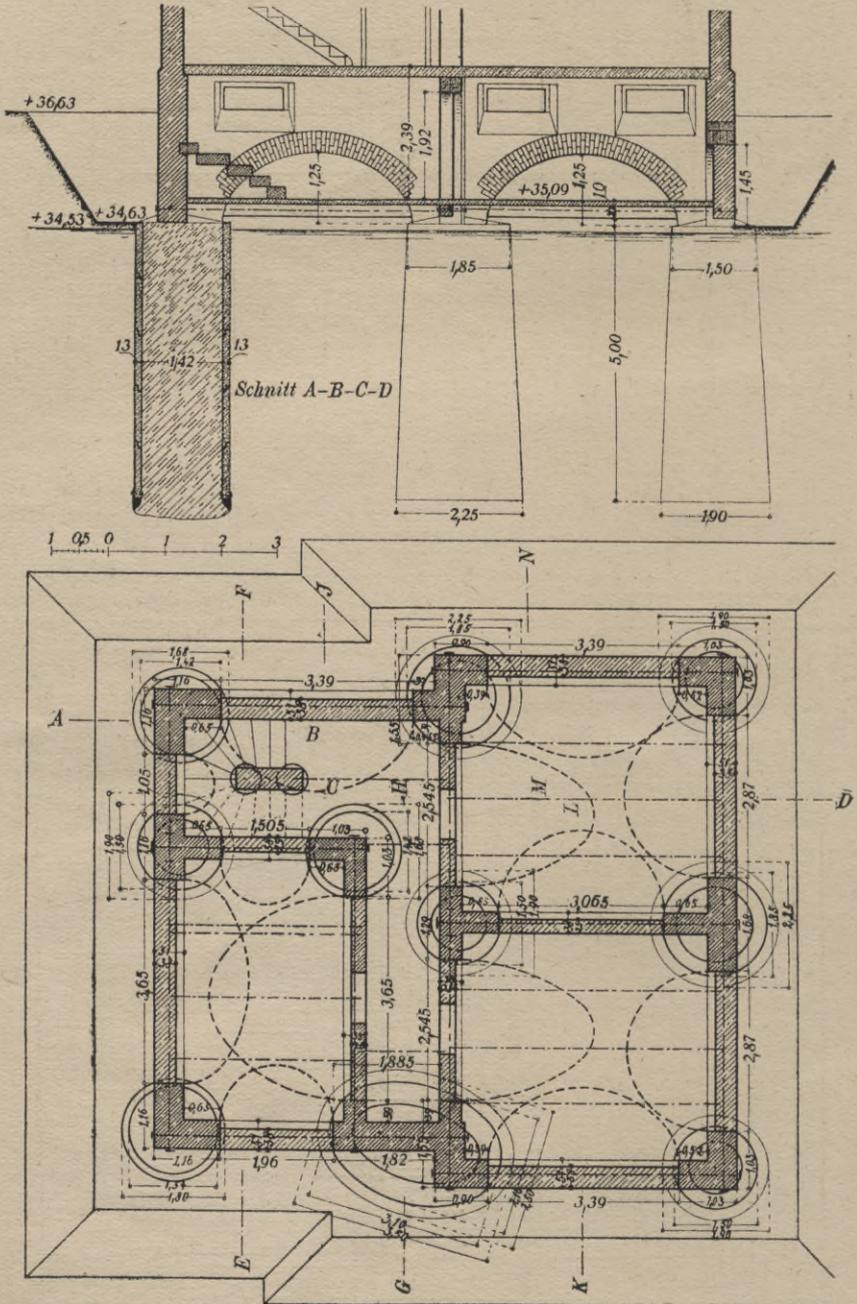
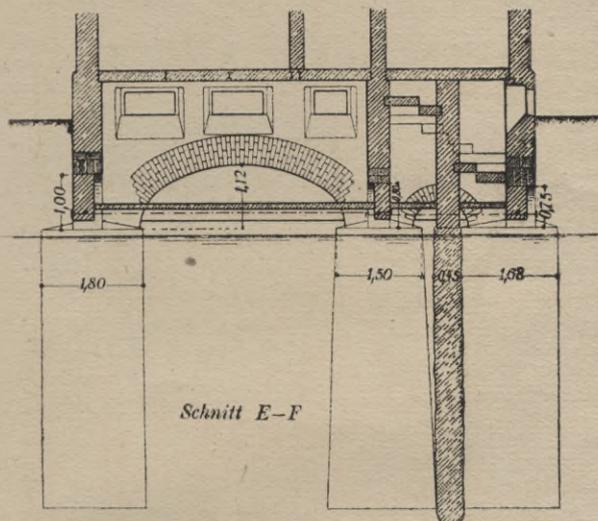
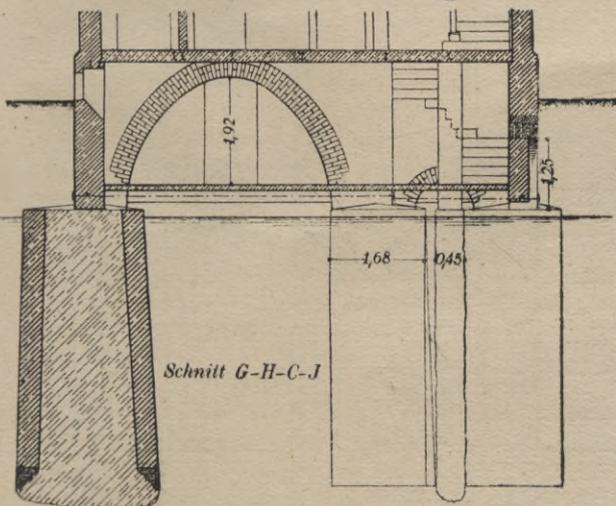


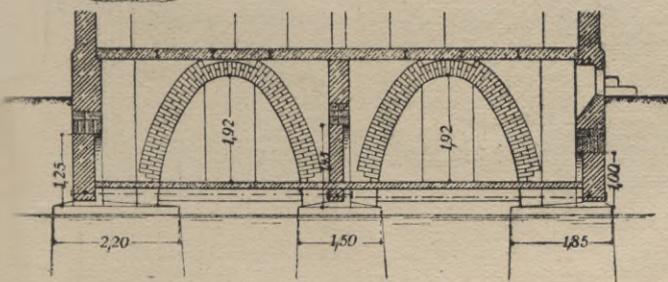
Abb. 175a. Gründung eines freistehenden Wohnhauses auf gemauerten und Zementrohr-Senkbrunnen mit verbindenden Mauerbögen.



Schnitt E-F



Schnitt G-H-C-J



Schnitt K-L-M-N

Abb. 175b. Schnitte durch den fertigen Bau.

In dieser Beziehung sind natürlich Senkbrunnen vom Querschnitt des ganzen Bauwerks mit mehreren Baggerschichten den erst über Wasser zu einem Ganzen vereinigten Einzelbrunnen überlegen.

Allenfalls für geringer belastete Stützmauern kann die Aufmauerung von Pfeilern rechteckigen Querschnitts auf die Senkbrunnen bis über Gelände und ihre Verbindung erst unter der Mauerkrone in Betracht kommen (vgl. Abb. 147).

2. Unter Gebäuden nötigt ein mäßiger Abstand von Keller-sole und Grundwasser dazu, die verbindenden Bogen, die zwecks Verringerung des Horizontalschubes einen möglichst großen Stich erhalten, in die Kellermauern selbst zu legen und erforderlichenfalls über die vorhandenen Türöffnungen und Kellerfenster hinwegzuwölben (Abb. 175).

Das Abschlußmauerwerk der Bogenöffnungen kann dann schwächer als diese gehalten werden, muß aber bei sehr schlechtem Baugrund durch besondere Träger unterfangen oder mittels lotrechter Anker an den Mauerbogen aufgehängt werden.

Ist dagegen der Abstand zwischen Kellersohle und Grundwasser größer als die

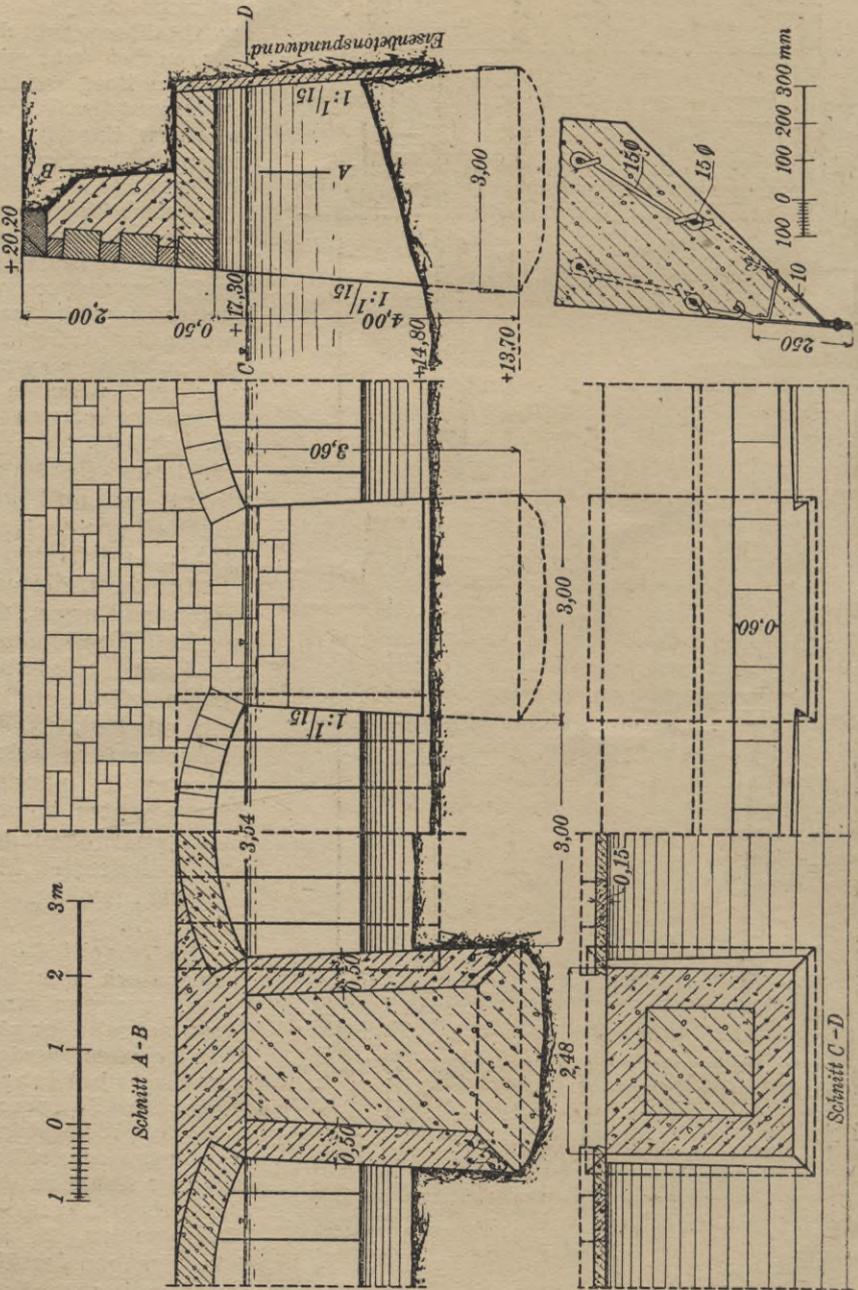


Abb. 176. Ufermauer auf Senkbrunnen aus Beton (Versenkung in Abb. 172).

für die Verbindung der Senkbrunnen erforderliche Bauhöhe, so werden die Brunnen zwecks Ersparung von Mauerwerk durch Pfeiler passenden, meist rechteckigen Querschnitts bis zum Kämpfer der Bogen oder Auflager der Träger, die dann das aufgehende Mauerwerk unmittelbar unter der Kellersohle aufnehmen, erhöht (Abb. 174).

III. **Bei Uferbauten** (Ufermauern, Brückenwiderlagern usw.) sind die **Zwischenräume** zwischen den einzelnen Senkbrunnen über dem Grund gegen die Hinterfüllungserde **abzuschließen**, damit diese, namentlich bei bewegtem Wasser, nicht durchrutscht und das freie Profil vor der Mauer beengt, was außerdem Senkungen in der Oberfläche der Hinterfüllung zur Folge hätte.

1. Bei geringer Höhe der Schlitz genügt eine **Steinschüttung** zwischen den Brunnen zum Abschluß. Doch muß die Schüttung nach Art eines Filters an Korngröße bis zu feinem Kies gegen die Hinterfüllung zu abnehmen und nach dem Wasser zu mit den größten Steinen abgedeckt werden, damit die Hinterfüllungserde bei dem Fallen des Wassers nicht durchgeschwemmt werden kann (Abb. 170).

2. Höhere Schlitz werden am einfachsten durch **Eisenbetonspundbohlen**, die dicht hinter den Senkbrunnen in den Grund gerammt werden und sich oben gegen die Verbindungsbogen oder -platten legen, abgeschlossen (Abb. 176).

3. Statt Eisenbetonbohlen werden auch **Holzspundbohlen** verwendet, die aber nur bis N.W. reichen dürfen. Sie werden in dieser Höhe entweder mit Zangen besäumt, um eine kleine **Abschlußmauer** aufzunehmen, die sich oben gegen den oberen Abschluß der Öffnung stützt, oder legen sich gegen einen beiderseits flach eingemauerten I-Träger, der die Abschlußmauer trägt und erforderlichenfalls noch an dem die Öffnung überspannenden Tragwerk mit eisernen Ankern aufgehängt wird.

Sind die Senkbrunnen rund und außerdem noch konisch, so ist ein genauer und dichter Anschluß der Spundwand an die Brunnen schwer zu erreichen, wenn nicht die Spundwand hinter den Brunnen lang durchgesetzt wird. In diesem Falle kann ein Abschluß auch dadurch erzielt werden, daß hinter der engsten Stelle zwischen zwei benachbarten Brunnen ein Schlitz zwischen Stülps- oder Spundwänden ausgebaggert und unter Wasser **ausbetoniert** wird, um für die **Abschlußmauer** einen bis über Wasser reichenden Unterbau zu erhalten.

3. Grundzüge der Druckluftgründung.

1. Ein **geschlossener Kasten ohne Boden** aus Holz, Eisen, Mauerwerk oder Eisenbeton von 2—3 m lichter Höhe und von der Grundrißform des zu gründenden Bauwerks wird über die Baufläche gestülpt, mit Druckluft, die dem äußeren Wasserdruck das Gleichgewicht hält, angefüllt, dadurch wasserfrei gehalten, durch unmittelbares Lösen des Bodens in seinem Inneren und unter gleichzeitigen Aufmauern des Bauwerks auf seine Decke allmählich samt letzterem bis auf den tragfähigen Baugrund versenkt und hierauf mit Mauerwerk oder Beton ausgefüllt (Abb. 183).

2. Um während der Versenkung und Ausfüllung des Senkkastens ein-

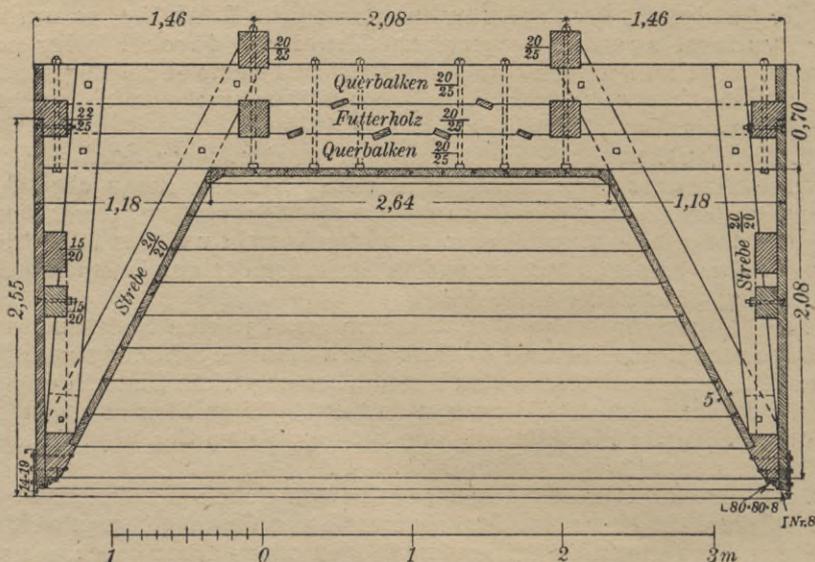


Abb. 177 a. Hölzerner Senkkasten von Ph. Holzmann & Co. (Querschnitt a-b).

und aussteigen, Material heraus- und einbringen zu können, geht ein **Schachtrohr** lotrecht durch das aufgehende Mauerwerk (Abb. 179, 183). Damit die Druckluft nicht plötzlich ausströmen kann, erfolgt der Verkehr zwischen dem mit Druckluft angefüllten Raume und der Außenluft nur durch eine nach beiden Seiten luftdicht verschließbare Kammer, die sog. **Luftschleuse** (Abb. 181, 183).

Der Senkkasten bildet die Umschließung des Arbeitsraumes für die mit dem Aushub und der Ausfüllung beschäftigten Arbeiter; die Anwendung von Druckluft bedeutet eine besondere Art der Wasserbewältigung.

3. Die Druckluftgründung findet namentlich **Anwendung auf tiefe Gründungen** im offenen Wasser, wo sowohl der starke Wasserandrang als auch etwaige Hindernisse im Untergrund, wie Findlinge, Baumstämme, andere Gründungsweisen ausschließen oder zum mindesten außerordentlich erschweren. Doch kann sie heutzutage, wo eine Reihe von Bauunternehmern die kostspieligen Einrichtungen für die Druckluftgründung auf ihrem Lager hat, auch bei weniger schwierigen Verhältnissen mit anderen Gründungsarten in Wettbewerb treten und wird in diesem Falle wegen ihrer Sicherheit in der Überwindung etwa unerwartet auftretender Bauschwierigkeiten anderer ebenfalls anwendbaren Gründungsarten vielfach vorgezogen.

a) Der Senkkasten

[caisson] muß eine sehr kräftige Decke erhalten, da diese das ganze aufgehende Mauerwerk während der Absenkung zu tragen hat. Die Seitenwände unterstützen konsolartig die Decke und bilden zugleich die Schneide des Kastens (Abb. 177—179, 183).

Der Anlauf der Seitenwände im Innern muß desto stärker sein,

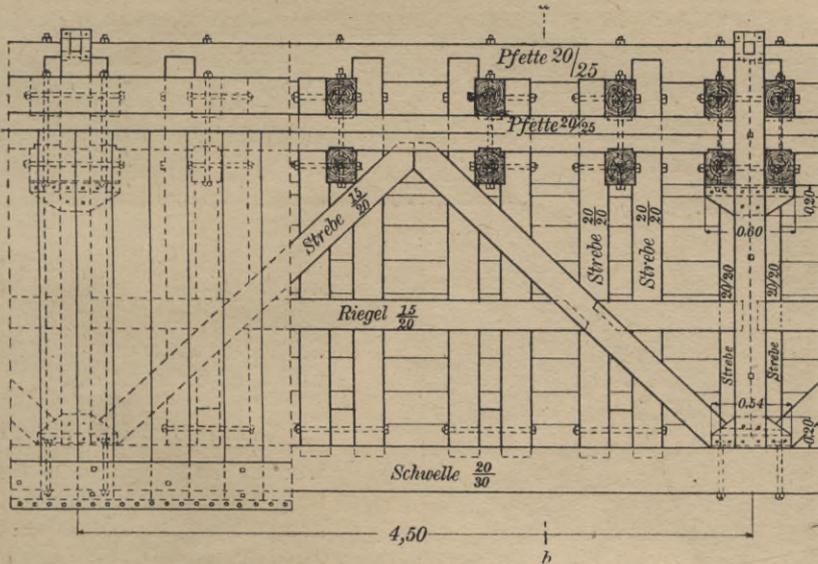


Abb. 177 b. Hölzerner Senkkasten (Ansicht von außen).

je weniger tragfähig der Boden ist, damit nicht der Senkkasten zu tief einsinkt und sich bis zur Decke mit Boden anfüllt.

Im offenen Wasser wird der Senkkasten zunächst an einem festen oder schwimmenden Gerüst mittels Spindeln aufgehängt und an diesen allmählich, dem Höherwachsen des auf seine Decke gesetzten Mauerpfilers entsprechend, auf den Grund gelassen (Abb. 183).

α) Hölzerne Senkkasten,

nur für mäßige Abmessungen (5 m Breite), bestehen aus kräftigen sprengwerkartigen Bindern in rund 1 m Abstand, die durch Schwellen, Pfetten, Riegel und Streben miteinander verbunden und außen mit lotrechten, innen mit wagerechten gespundeten Bohlen benagelt sind. Die Schneide wird von der mit Flach- und Walzeisen bewehrten Schwelle gebildet (Abb. 177).

Die Aufhängung des Kastens erfolgt an Doppelbindern, die durch zwei lotrecht durchgehende Flacheisen und an diese angenietete, C-förmig gebogene Knaggenbleche mit der Schwelle und den Querbalken sicher verbunden sind.

Der Raum zwischen Außen- und Innenschalung wird bis Oberkante der Deckenbalken mit Beton ausgestampft.

β) Eiserne Senkkasten

bestehen aus einem Gerippe sich winkelrecht kreuzender Blech- oder Fachwerkträger, die nach dem Umfang zu konsolartig heruntergezogen sind (Abb. 178). Auf die von zwei Winkeleisen gebildeten Flansche werden außen und innen Bleche aufgenietet; die Nähte der inneren Blechwand sind zwecks Dichtung mit Teer zu streichen. Der

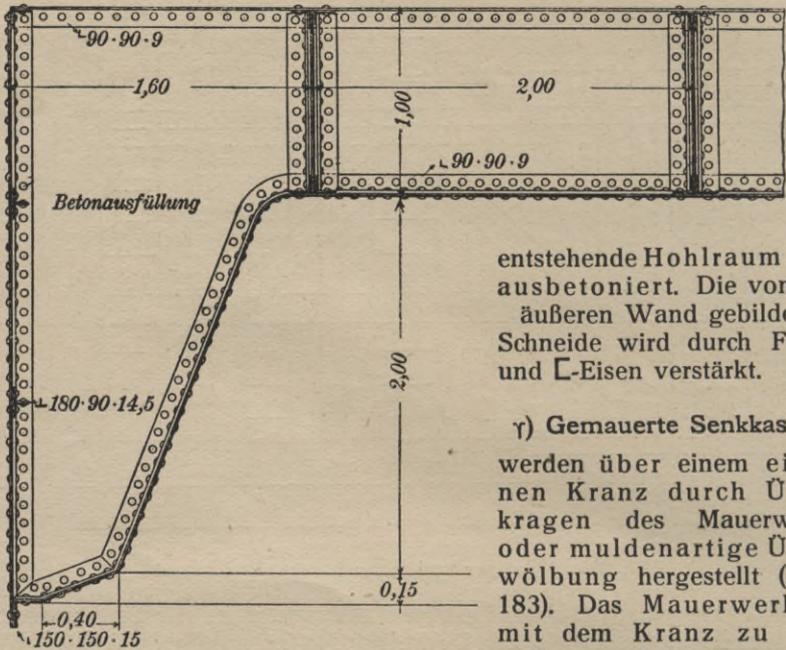


Abb. 178. Eiserner Senkkasten.

entstehende Hohlraum wird ausbetoniert. Die von der äußeren Wand gebildete Schneide wird durch Flach- und Γ -Eisen verstärkt.

r) Gemauerte Senkkasten

werden über einem eisernen Kranz durch Übertragen des Mauerwerks oder muldenartige Überwölbung hergestellt (Abb. 183). Das Mauerwerk ist mit dem Kranz zu verankern und der Gewölbeschub in Höhe des Kranzes

durch Anker aus Flach- und Winkeleisen aufzunehmen. Das Mauerwerk wird außen zur Verringerung der Reibung, innen zur Erhöhung der Dichtigkeit verputzt.

Der Vorzug gemauerter Senkkasten besteht darin, daß an Material, das nach der Versenkung und Ausfüllung seiner Festigkeit entsprechend nicht mehr ausgenutzt wird, wie Eisen, Holz, erheblich gespart wird. Nachteilig ist dagegen die Gefahr der Rissebildung bei ungleichmäßigem Untergrund, wodurch unter Umständen die Freihaltung des Senkkastens von Wasser mittels Druckluft in Frage gestellt werden kann.

δ) Senkkasten aus Eisenbeton

vereinigen die Vorzüge gemauerter und eiserner Kasten. Das Entstehen von Rissen ist bei ausreichender Bewehrung kaum zu befürchten und der Verbrauch an Eisen verhältnismäßig gering.

Ihr Querschnitt ist dem der eisernen Senkkasten ähnlich, ihre Decke gewöhnlich eben (Abb. 179).

b) Die Schachtröhre

werden aus Eisenblechröhren von 1—2 m Länge zusammengesetzt, die durch innen liegende Flansche miteinander verbunden und durch eine zwischen die Flansche gelegte Gummischnur gegeneinander abgedichtet werden (Abb. 180).

Der unterste Teil des Schachtrohrs besteht aus einem durch die Decke reichenden, mit dieser festverbundenen Stutzen (Abb. 179, 183).

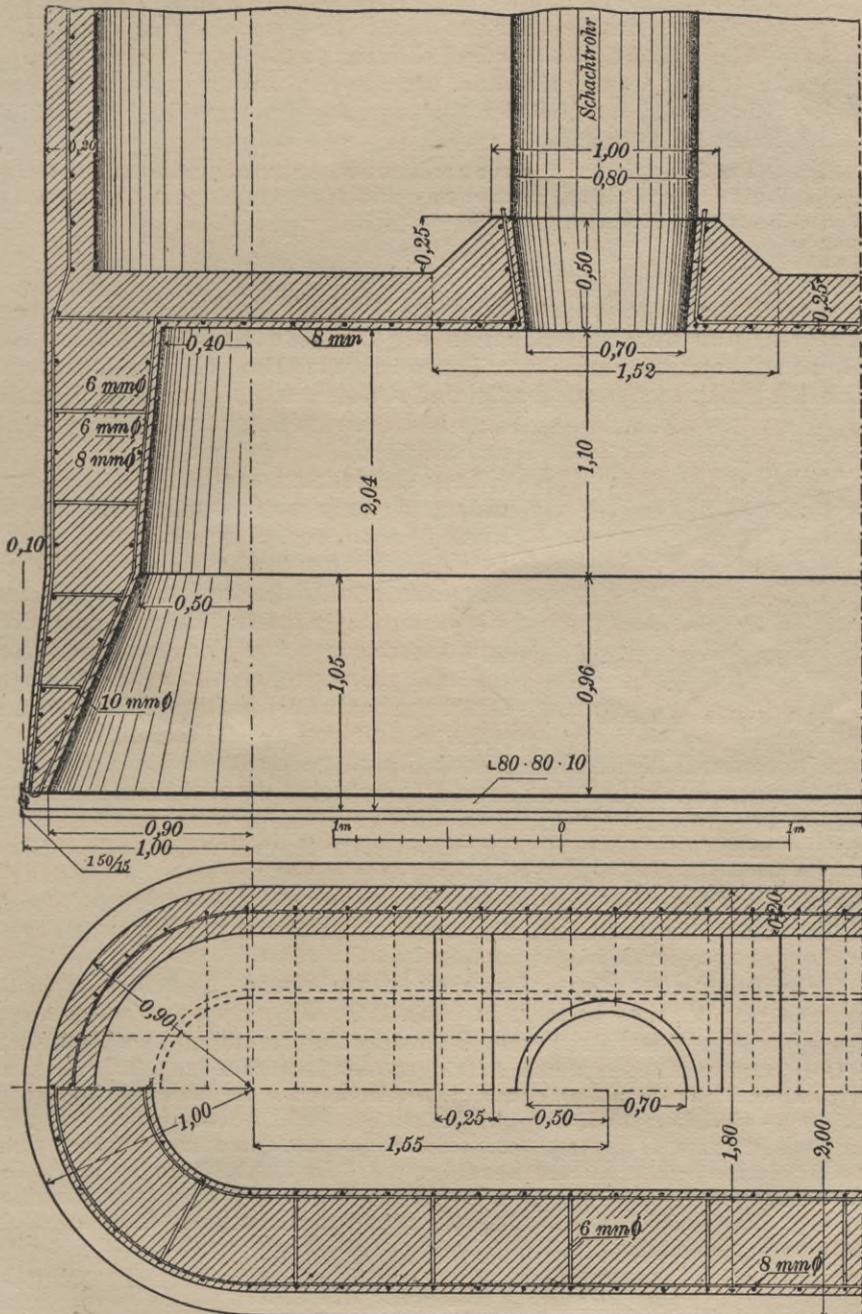


Abb. 179. Senkkasten aus Eisenbeton („Handbuch für Eisenbetonbau“).



Abb. 180.
Verbin-
dung der
Schacht-
röhre.

Die übrigen Rohre werden nicht fest ummauert, um sie nach Ausfüllung des Senkkastens wieder herausnehmen zu können.

Die Öffnung an der Senkkastendecke ist mit einer Klappe luftdicht verschließbar, um den Senkkasten unabhängig vom Schachtrohr, z. B. bei der Verlängerung des letzteren, mit Preßluft füllen zu können.

Ein Schachtrohr, das zum Ein und Aussteigen dient, muß eine Leiter enthalten. Personen- und Materialschacht werden am besten getrennt.

c) Die Luftschleusen

ermöglichen ohne großen Verlust an Druckluft die Überführung von Material aus der Außenluft in die Druckluft und umgekehrt. Sie dienen aber auch dem notwendigerweise ganz allmählichen Übertritt der den Senkkasten besteigenden und verlassenden Menschen. Sie sind dem bedeutenden Innendruck entsprechend aus Schmiedeeisen gebaut.

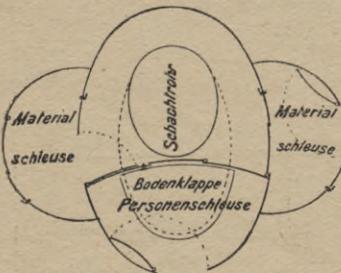


Abb. 181. Dreiteilige Luftschleuse.

Die Luftschleuse enthält 1—3 Kammern, die einerseits mit dem Senkkasten, andererseits mit der Außenluft durch einen Hahn zum allmählichen Ausgleich des Luftdruckes und durch eine mit Gummi gedichtete Klappe zum Ein- und Ausschleusen von Menschen und Material in Verbindung gesetzt werden können. Die Klappen sind möglichst auf der Seite des höheren Luftdrucks anzubringen, damit sie

auch noch durch diesen zum dichten Schluß gebracht werden.

Für einen ununterbrochenen Betrieb sind zwei Kammern erforderlich, um die eine mit Boden anfüllen zu können, während die andere entleert wird (Abb. 181). Eine etwaige dritte Kammer dient dem Ein- und Ausschleusen der Arbeiter und Aufsichtsbeamten.

Die Materialschleusen sind zweckmäßig Rohre, aus denen der Boden nach außen unmittelbar in Kähne, Kippwagen, Baumaterial wie Beton (Betonschleuse) nach innen in das Schachtrohr stürzt (Abb. 183).

Gewöhnlich ist die Luftschleuse am oberen Ende des Schachtröhres über Wasser angebracht (Abb. 183). Eine etwaige Verlängerung des Rohres erfordert in diesem Falle die Unterbrechung des Betriebes.

Dies wird vermieden durch Anbringen der Luftschleuse in oder unmittelbar über dem Senkkasten, wodurch auch die erforderliche Druckluftmenge verringert wird. Dagegen besteht bei dieser Anordnung die Gefahr, daß bei plötzlichem starkem Setzen des Senkkastens in nachgiebigem Boden die Schleuse aufstoßen und zerstört werden kann. Auch ist die Wiederverwendung der Schleuse nicht möglich, so daß diese Anordnung nur für sehr teure Bauwerke, also für große Senkkasten und große Gründungstiefe in Betracht kommt.

d) Die Verdichtung der Luft

erfolgt ununterbrochen durch Luftpressen, von denen eine immer zum Ersatz bereit stehen muß. Sie werden bei Gründungen im offenen Wasser,

falls die Versenkungsgerüste durch Arbeitsbrücken mit dem Lande verbunden sind, tunlichst an Land aufgestellt, andernfalls auf einem Schiffe stromab im Schutze des Bauwerks.

Die **Luftpressen** bestehen im wesentlichen aus einem Zylinder, der an jeder Stirn je ein Saug- und Druckventil trägt. In dem Zylinder bewegt sich ein Kolben hin und her und betätigt bei jedem Hub ein Saugventil und das Druckventil der gegenüberliegenden Seite. Die Ventile sind sehr leicht beweglich und werden durch Spiralfedern wieder auf ihren Sitz gedrückt. Der Zylinder wird zwecks Abkühlung der erzeugten Druckluft von Wasser in Spiralen umflossen.

Die Luft wird durch eine Rohrleitung unmittelbar dem Senkkasten, nicht etwa zuerst dem Schachtrohr, zugeführt, damit die Arbeiter fortwährend frische Luft einatmen können und nur verbrauchte Luft bei dem Ausschleusen entweicht.

Zu den Luftleitungen werden schmiedeeiserne, durch Gummiringe gegeneinander abgedichtete Flanschenrohre von 10—12 cm Weite benutzt. In die zum Senkkasten abzweigende Leitung wird ein Gummischlauch eingeschaltet, der eine Senkung von mindestens 1 m zuläßt. Seine Verbindung mit der Rohrleitung wird durch einen 25 cm langen Rohrstützen mit Wulst bewirkt, über den der Schlauch gezogen und mit Rohrschellen festgeklemmt wird (Abb. 182). An der Einmündungsstelle jeder Zuleitung befindet sich ein Ventil, das sich beim Versagen der Luftzuführung von selbst schließt. Andererseits wird ein zu hoher Luftdruck durch besondere Sicherheitsventile verhindert. An den tiefsten Stellen der Luftleitung sind Hähne zum Ablassen sich etwa niederschlagenden Wassers angebracht.

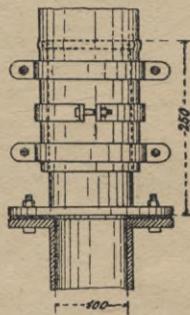


Abb. 182.
Verbindung des Luftschlauches mit der eisernen Druckluftleitung.

e) Das Arbeiten in Druckluft

hat unter besonderen Vorsichtsmaßregeln zu geschehen.

Die eingeführte Luft muß möglichst rein, von geringem Wassergehalt und auf 18° C abgekühlt sein. Es ist daher auch das Rauchen zu verbieten und nur elektrisches Glühlicht zur Beleuchtung zu verwenden.

Es sind nur gesunde, nüchterne Arbeiter zu beschäftigen, die dauernder ärztlicher Überwachung unterstehen. Bei der Annahme ist jeder Arbeiter über zweckdienliches Verhalten während des Ein- und Ausschleusens und über die aus einer Nichtbefolgung entstehenden Gefahren zu belehren.

Der Ausgleich des Luftdrucks im Körper hat beim Einschleusen durch Pressen von Luft gegen das Trommelfell bei geschlossenem Mund und zugehaltener Nase, beim Ausschleusen durch kräftiges Ausatmen zu geschehen. Für je 0,1 Atmosphäre Überdruck soll die Zeit zum Einschleusen 1 Minute, die zum Ausschleusen 2 Minuten betragen.

Das Ein- und Ausschleusen darf nur durch einen zuverlässigen, besonders dazu bestimmten Vorarbeiter oder Aufscher vorgenommen werden.

Zeigen sich bei einem Ausgeschleusten heftige Glieder-

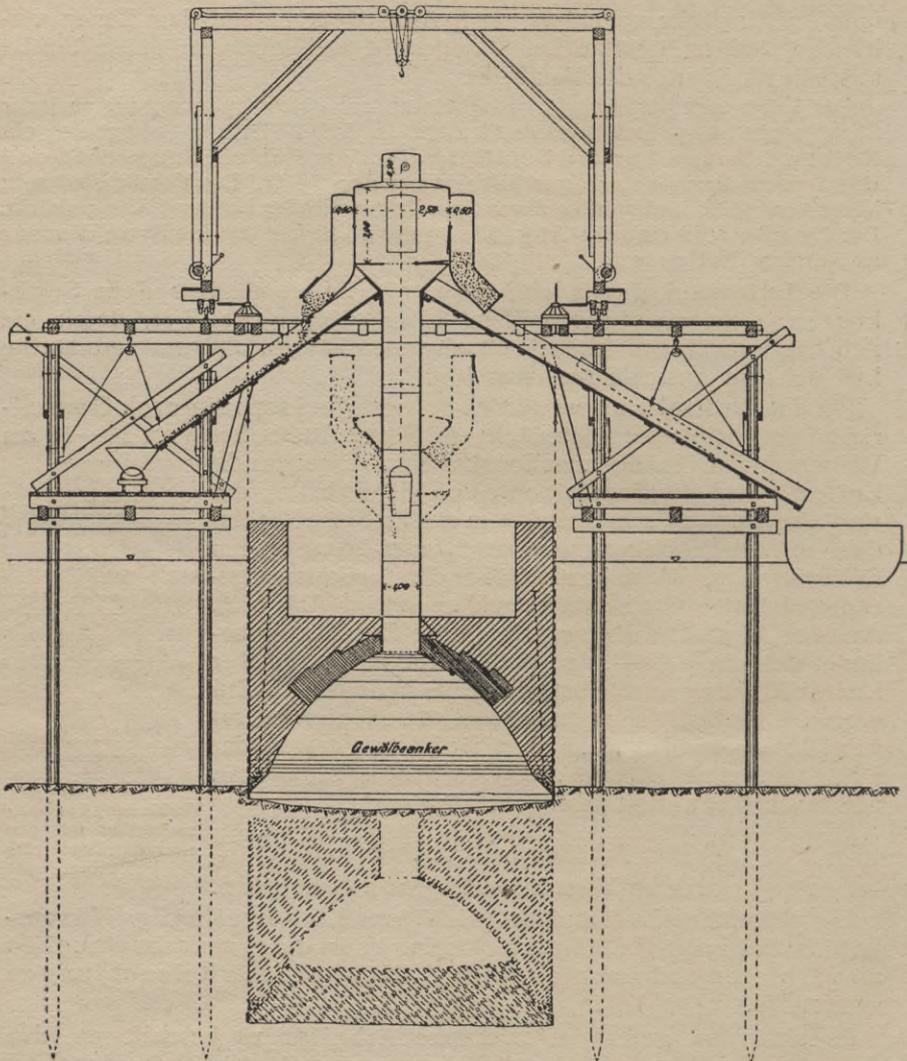


Abb. 183. Druckluftgründung (gemauerter Senkkasten).

schmerzen, Lähmungen, Ohnmacht, so ist er sofort in die Druckluft zurückzubringen und dann ganz allmählich auszuschleusen.

Als höchster Luftdruck, den der menschliche Körper ohne dauernden Schaden ertragen kann, gilt ein Überdruck von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären, so daß also die Druckluftgründung auf eine Gründungstiefe von 35 m unter Wasser beschränkt ist.

f) Die Versenkungsarbeiten

werden im offenen Wasser von festen oder schwimmenden Gerüsten aus vorgenommen. Nachdem der Senkkasten an Land, auf einem Floß oder auf dem Gerüst selbst fertiggestellt worden ist, wird er an dem letzteren mittels Ketten und Schraubenspindeln aufgehängt (Abb. 183). Die Spindeln sind ganz gleichmäßig nachzulassen, damit nicht eine stärker als die anderen beansprucht wird. Die Lagerfläche ihrer Muttern ist zweckmäßig nach einer Kugelfläche abgedreht, damit die Spindeln sich immer lotrecht einstellen und nicht verbogen werden. Die Verbindung der Aufhängeketten mit dem Senkkasten ist eine lösliche.

1. Hat der Senkkasten das Wasser erreicht, so beginnt man mit der Ausfüllung der Hohlräume in den Wandungen und der Decke hölzerner und eiserner Senkkasten, mauert darauf den Pfeiler auf und läßt den Senkkasten allmählich tiefer, wobei zu beachten ist, daß das Mauerwerk, bevor es in das Wasser gelassen wird, gehörig abgebunden haben muß. Zur Verringerung des Gewichts führt man das Mauerwerk, bevor der Senkkasten den Grund erreicht hat, nur brunnenartig aus (Abb. 179, 183). Außerdem kann man das Gesamtgewicht durch Einführung von Druckluft in den abgeschlossenen Senkkastenraum um das Gewicht der diesen anfüllenden Wassermenge verringern. Dem Aufmauern entsprechend wird auch das Schachtrohr verlängert.

Große Senkkasten versieht man auch mit hölzernen oder eisernen Mänteln über der Senkkastendecke, um sie schwimmend bis auf den Grund absenken zu können. Die Ausführung des Mauerwerks bis zum Wasserspiegel erfolgt dann im Schutze dieser Mäntel.

2. Steht der Senkkasten auf, so wird die Luftschleuse aufgesetzt und die Druckluft eingeführt, hierauf werden die Aufhängeketten gelöst und der Senkkasten durch Abgraben des Untergrundes und Vermehrung der Belastung durch Aufmauern allmählich tiefer gesenkt.

Sollte sich der Senkkasten schiefstellen, so verringert man an der höheren Seite die durch die keilförmige Wand gebildete schräge Stützfläche gegenüber der anderen Seite, worauf sich der Senkkasten wieder gerade richtet (Abb. 184).

Wird die Reibung so groß, daß keine Senkung mehr eintritt, so muß die Schneide des Senkkastens ringsum vollständig freigelegt und nach Abschluß des Senkkastens durch plötzliches Ablassen der Luft der Auftrieb beseitigt werden, um ein weiteres Sinken zu veranlassen.

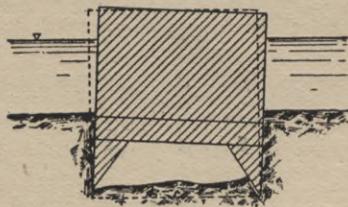


Abb. 184. Geraderichten eines schiefstehenden Senkkastens.

g) Die Bodenförderung

geschieht durch Menschen- oder Maschinenkraft, am besten durch einen im Innern über dem Schachtrohr aufgestellten Elektromotor. Der Boden wird in einzelnen Eimern oder mittels Vertikal-Eimerbagger (Abb. 167) gehoben und in die Materialschleuse geschüttet.

Loser Boden, wie Sand, läßt sich mit Hilfe der Preßluft ausblasen. Ein Gasrohr wird von oben bis 0,5 m über den Boden geführt, die schräge Öffnung mit Sand umhüllt, sodann durch abwechselndes Öffnen und Schließen eines Hahnes unter der Senkkastendecke in kurzen Zwischenräumen ein Entweichen der Luft ermöglicht, die hierbei jedesmal einen Sandpfropfen mit nach oben reißt.

Auf gleiche Weise hebt man das Wasser, wenn der Boden so dicht ist, daß sich das Wasser nicht in ihn hineinpressen läßt.

h) Die Ausfüllung der Senkkasten

hat nach beendeter Versenkung auf das sorgfältigste mit Mauerwerk oder Beton zu geschehen. Senkkasten mit gerader Decke werden in ihrem oberen Teile zur Vermeidung einer unvollständigen Füllung am besten ausgemauert, kuppelförmige (gemauerte) bequemer mit Beton vollgeschüttet (Abb. 183).

Nach Erhärtung des Senkkasteninhalts werden die Luftschleuse und die Schachttrohre abgenommen und der verbleibende Schacht im Mauerwerk in freier Luft ausgefüllt.

i) Die Taucherglockengründung

ist eine besondere Art der Druckluftgründung. Sie unterscheidet sich von der bisher beschriebenen Gründungsweise dadurch, daß die Taucherglocke, wie ein Senkkasten aus Eisen gebaut, nicht in den Grund versenkt, sondern nur über ihn gestülpt wird, um in ihrem Schutze das Bauwerk bis zum Wasserspiegel hochzuführen (Abb. 185, 186). Ihre Anwendung beschränkt sich daher auf diejenigen Fälle, in denen der ausreichend tragfähige Baugrund unter Wasser liegt und ohne größere Ausschachtung zu erreichen ist.

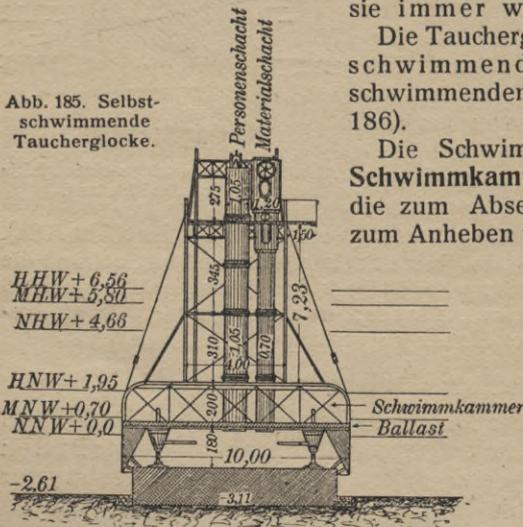
Die Taucherglocke wird hauptsächlich zur Gründung von Trockendocks, Hellingen und Molen benutzt. Da sie nicht eingebaut wird, kann sie immer wieder verwendet werden.

Die Taucherglocken sind entweder selbstschwimmend (Abb. 185) oder an einem schwimmenden Gerüst aufgehängt (Abb. 186).

Die Schwimmfähigkeit wird durch eine Schwimmkammer über der Decke erreicht, die zum Absenken mit Wasser angefüllt, zum Anheben wieder entleert wird (Abb. 185,

186). Die nötige Stabilität erhält die schwimmende Glocke durch Ballast aus Roheisenbarren, der möglichst tief in den Seitenwandungen und über der Decke der Arbeitskammer angebracht wird.

Um die Glocke während der Bauausführung gegen



Auftrieb und Schwankungen infolge Wellenschlages zu sichern, wird sie überbelastet und gegen den Baugrund und den fertigen Teil der Grundbauten durch Fußwinden abgestützt (Abb. 185). Mittels letzterer, die dem Höherwachsen des Bauwerks entsprechend umgesetzt werden, wird die Taucherglocke allmählich höher gewunden.

Das Bauwerk kann jedoch unter einer selbstschwimmenden Taucherglocke nur so hoch unter den Wasserspiegel geführt werden, wie die Tauchtiefe der entlasteten Glocke ($\leq 1,10$ m) noch ein Hinwegflößen über das Bauwerk gestattet. Selbstschwimmende Taucherglocken eignen sich daher hauptsächlich für das Gebiet der Gezeiten, wo es möglich ist, das Bauwerk unter dem Schutz der Glocke bis N. W. hochzuführen; die Glocke bei Flut abzulassen und den Bau während der Ebbezeiten bis Fluthöhe fertigzustellen.

Wechselt der Wasserstand nicht oder nur in engen Grenzen, so läßt sich der oberste, unter Wasser liegende Teil des Bauwerks nur unter einer aufgehängten Taucherglocke, die über den Wasserspiegel gehoben werden kann, ausführen (Abb. 186).

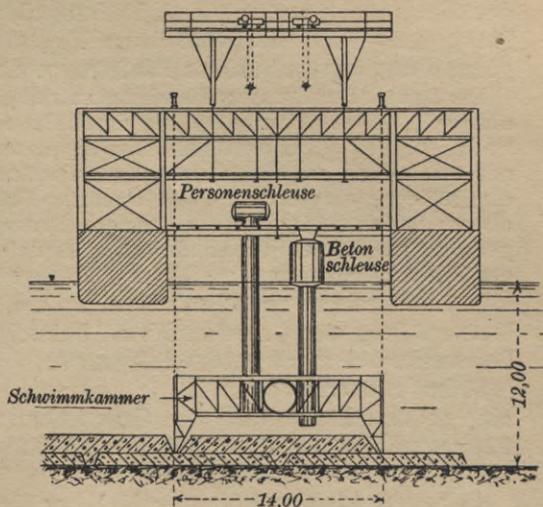


Abb. 186. Aufgehängte Taucherglocke.

4. Der Pfahlrost

besteht aus Grundpfählern aus Holz, Eisen, Eisenbeton oder Beton so geringen, selten auch hohlen, Querschnitts, daß die Pfeiler, ohne Boden ausheben zu müssen, in die Erde getrieben oder, weniger häufig, Pfahllöcher gebohrt (vgl. A. II. 4.) und ausbetoniert werden können.

I. 1. Er empfiehlt sich also im Gegensatz zu den Senkbrunnen dort, wo der Aushub des Bodens unter Wasser wegen Vorkommens von Gerölle, Findlingen, Baumstämmen Schwierigkeiten macht, die Hindernisse aber den Pfählen oder diese den Hindernissen ausweichen können, letztere manchmal auch von Rammpfählen durchschlagen, bei Vorbohrung von Pfahlöchern jedenfalls immer mit geeigneten Bohrern durchfahren werden können. Er kommt namentlich für **große Gründungstiefen** in Betracht, bei denen die Versenkung von Brunnen sehr teuer wird und außerdem größte Sorgfalt erheischt, ferner **bei sehr schlechtem Baugrund**, der durch das Eintreiben von Pfählen, zum Teil auch durch das Ausbetonieren von Pfahlöchern, noch verdichtet und damit tragfähiger wird.

2. Der Pfahlrost findet sogar Anwendung, wenn guter Baugrund nicht erreicht werden kann, indem man allein mit der Verdichtung

des Baugrundes und mit dem Reibungswiderstande rechnet, den das die Pfähle umgebende Erdreich ihrem Einsinken auf ihre ganze Länge entgensetzt (schwebender Pfahlrost, **Schwebegründung**).

Der Druck des Bauwerks wird nämlich bei der schwebenden Pfahlgründung nicht wie bei der Flachgründung durch die oberste Erdschicht, die bei großer Nachgiebigkeit mit dem Höherführen des Bauwerks mehr und mehr zusammengedrückt würde, auf die darunterliegenden Schichten übertragen, sondern durch die Pfähle gleichzeitig auf die einzelnen Erdschichten so verteilt, daß die oberen Schichten infolge der geringen Beanspruchung nicht mehr zusammengedrückt werden, der Gesamtdruck auf die unteren Schichten aber mit zunehmender Tiefe auf eine um so größere Fläche verteilt wird.

3. In fließendem Wasser dient der Pfahlrost mitunter, wenn eine Unterspülung der Grundmauer zu befürchten ist, nur **zur Sicherung des Bauwerks bei sonst gutem Baugrunde**.

II. Im offenen Wasser ist, je nachdem die Pfähle nur wenig oder auf eine größere Länge über den Grund überstehen, der **niedrige** (Abb. 227, 228) und der **hohe** (Abb. 218—220, 229—231) Pfahlrost zu unterscheiden.

Der **hohe Pfahlrost**, der bis N. W. reicht, erleichtert und verbilligt in tiefem Wasser den Bau ganz bedeutend, weil zur Ausführung der Arbeiten unter N. W. der Wasserspiegel nur wenig gesenkt zu werden braucht (Abb. 218, 220, 229, 230), manchmal sogar, wenn die Zwischenräume mit Beton zur Aufnahme des Bauwerks ausgeschüttet werden, jegliche Wasserhaltung erspart werden kann.

Der Raum zwischen den Pfählen wird meistens mit Steinschüttung (Abb. 103, 228, 230), Senkfaschinen (Abb. 228) oder auch mit Beton (Abb. 218, 220) ausgefüllt, um sowohl den Untergrund als auch den Pfahlrost selbst besser gegen den Angriff der Strömung zu sichern (Abb. 218, 230), oder um bei Ufermauern, Brückenwiderlagern ein Durchrutschen der Hinterfüllungserde unter dem Rost zu verhindern (Abb. 227, 228), was aber auch durch eine Spundwand verhütet werden kann (Abb. 219, 220, 229, 231).

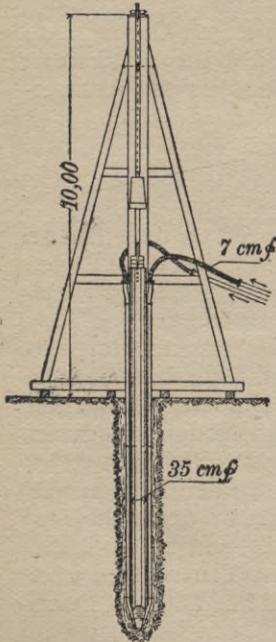


Abb. 187. Ein-spülen eines Rostpfahles.

a) Die Pfähle

werden meistens durch **Rammen** in den Boden getrieben.

1. In Sand und Kies ist **Einspülen** mittels Druckwasser unter gleichzeitigem leichtem Rammen sehr vorteilhaft (Abb. 187). Doch ist dieses Verfahren in der Nähe bestehender Bauwerke nur bis zu deren Gründungstiefe anwendbar, in größerer Tiefe ausgeschlossen, weil die bei dem Spülen unvermeidliche Lockerung des Untergrundes den Bestand der benachbarten Bauten gefährden würde.

2. Die **Wahl der Ramme** hat sich nach der Art des Bodens, ob lose oder fest gelagert, zu richten.

Leichter Boden, Kies, Sand, insbesondere aber Triebsand und Moorboden, erfordert schnell aufeinanderfolgende Rammschläge, damit sich die Pfähle in den Pausen zwischen zwei Schlägen nicht festsaugen (aufhängen) können. Hierzu sind Zugrammen (Abb. 73—75) mit 20—30 Schlägen in der Minute (Bärgewicht 100—300 kg, Hubhöhe 1,00 m) und Dampf-rammen (Abb. 77—78) mit 30—50 Schlägen (Bärgewicht 350—6000 kg, Hubhöhe 0,8—1,7 m) geeignet.

Schwerer Boden, sehr festgelagerter Kies und Sand, insbesondere elastischer Tonboden, verlangt kräftige Schläge und Pausen zwischen den Schlägen, damit sich die Pressung des Bodens nach jedem Schläge wieder ausgleichen kann. Dieser Forderung entsprechen Kunstrammen (Abb. 188—190) für Hand- oder Kraftbetrieb mit 3—12 Schlägen in der Minute, 350—3500 kg Bärgewicht und beliebiger Hubhöhe bis 8 m.

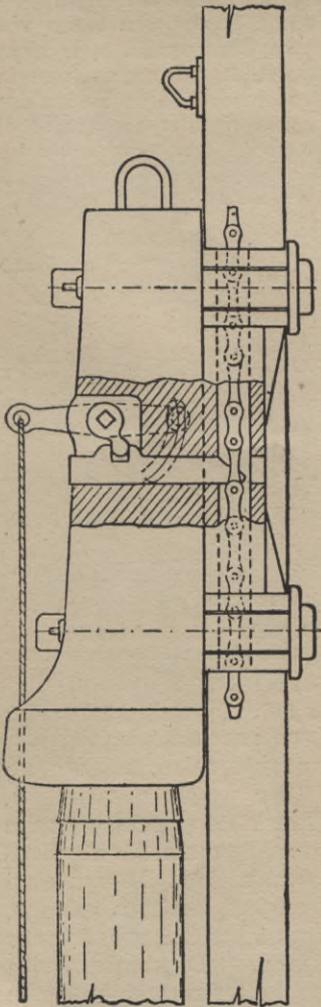


Abb. 188. Rammbär für endlose Kette. [Menck & Hambrock, G. m. b. H., Altona-Hamburg.]

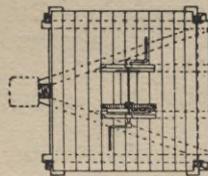
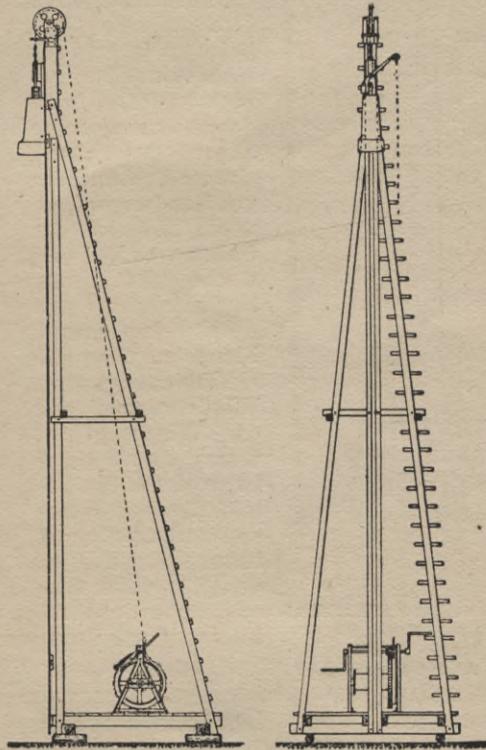


Abb. 189. Kunstramme mit rücklaufendem Seil und Nachlaufkatze für Handbetrieb. [Menck & Hambrock, G. m. b. H., Altona-Hamburg.]

Von **Kunstrammen** sind zu nennen:

Die **Ramme mit endloser Kette**, deren Bär mittels einer beweglichen Zunge in die durch eine Winde bewegte Gliederkette eingreift und dadurch hochgezogen wird (Abb. 188). In der vorgesehenen Höhe wird die Zunge selbsttätig durch einen Anschlag ausgerückt, worauf der Bär herabfällt. Nach dem Aufschlagen wird die Zunge von Hand mit einem Zugseil wieder eingerückt. Ein Rammen unterhalb des Rammerüstes ist nicht möglich, weshalb diese Rammen nicht überall zu verwenden sind und darum heute nicht mehr viel benutzt werden.

Die **Ramme mit rücklaufendem Seil und Nachlaufkatze** (Abb. 189) ist, weil sie den eben geschilderten Nachteil nicht hat und einen besonderen Mann vor der Ramme zur Bedienung des Bärs am Zugseil nicht unbedingt erfordert, für schweren Boden am meisten in Gebrauch. Der Bär hängt an einem drehbaren Haken der Nachlaufkatze (Abb. 190), die ihrerseits an dem Seil befestigt ist und mit einer Winde hochgezogen wird. Sobald das unten festgelegte Zugseil des Hakens sich strafft oder von Hand angezogen wird, löst sich der Haken vom Bär, und dieser fällt herab. Zugleich wird durch

Ausrücken einer Klauenkupplung die Verbindung der Windetrommel mit der Winde gelöst, worauf die Nachlaufkatze durch ihr Gewicht Seil und Trommel zurückzieht und beim Aufschlagen den Bär durch Einschnappen des Hakens wieder faßt. Durch Einrücken der Kupplung wird nun der Bär von neuem hochgezogen.

II. In nächster Nähe bestehender Bauwerke ist dem Einrammen der Pfähle wegen der starken, hierdurch hervorgerufenen Erschütterungen, die zum

mindesten die Entstehung von Rissen, wenn nicht schlimmeres für die Bauwerke befürchten lassen, ihr **Einschrauben** vorzuziehen. Hierzu sind die Pfähle, die natürlich genügende Drehungsfestigkeit besitzen müssen, wie Holzpfähle und namentlich eiserne Pfähle, an ihrer Spitze mit einer Schraube zu versehen (Abb. 198, 199, 204, 205), deren Durchmesser um so größer (bis 1,80 m) und deren Neigung um so flacher zu wählen ist, je nachgiebiger der Boden ist.

Das Einschrauben wird durch Belastung des Pfahles und durch Bessern der Schraubenoberfläche sehr gefördert.

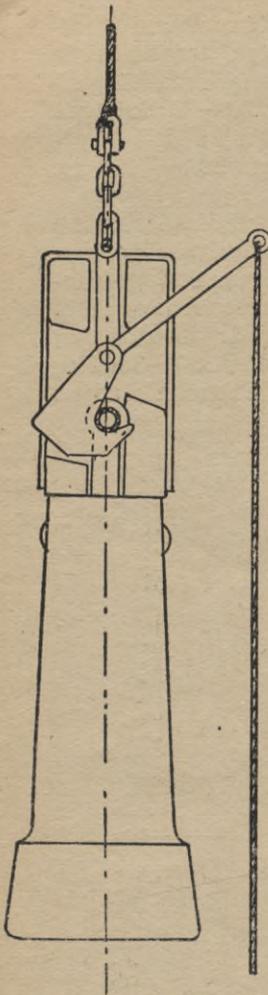


Abb. 190.
Rammbar mit Nachlaufkatze. [Menck & Hambrück, G. m. b. H., Altona-Hamburg.]
(Zu Abb. 189.)

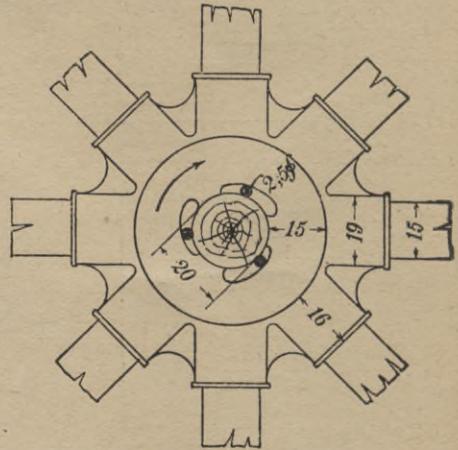


Abb. 191. Spill zum Einschrauben von Holzpfählen. [Aus L. Brennecke „Der Grundbau“.]

Zum Einschrauben des Pfahles dient ein **Spill** (Abb. 191, 192), das sich mittels Exzenter-Vorrichtung beim Drehen an den Pfahl festklemmt und diesen mitnimmt.

III. Hin und wieder wird es nötig, einen **Pfahl** wegen fehlerhafter Stellung, oder weil er durch Hindernisse im Untergund zerstört worden ist, wieder **aus dem Boden zu ziehen**.

1. Eine Vorrichtung dazu ist der **Wuchtebaum** (Abb. 193). Er wird mittels Windebockes an dem einen Ende angehoben, sodann die um den Pfahl geschlungene und durch Klammern gesicherte Kette mit Hilfe eines Flasenzuges und einer zweiten Winde angezogen und festgelegt, worauf der Baum in Schwingungen versetzt und der Pfahl hochgewuchtet wird.

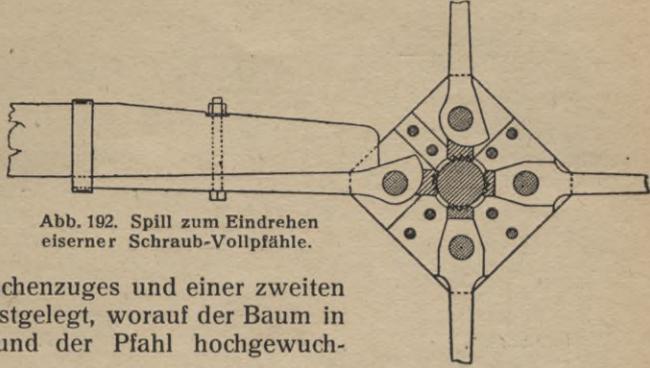


Abb. 192. Spill zum Eindrehen eiserner Schraub-Vollpfähle.

2. Zum Ausziehen von Pfählen werden auch **Wagen- oder Flaschen-(Schrauben)winden** benutzt, die unter einen kurzen Balken, an dem die Pfahlkette befestigt ist, oder unter eingeschlagene Bauklammern greifen.

Während des Ausziehens wird der Pfahl zweckmäßig durch Stöße mit einem in der Schwebe hängenden Balken oder durch Schläge mit einem schweren Hammer gelockert.

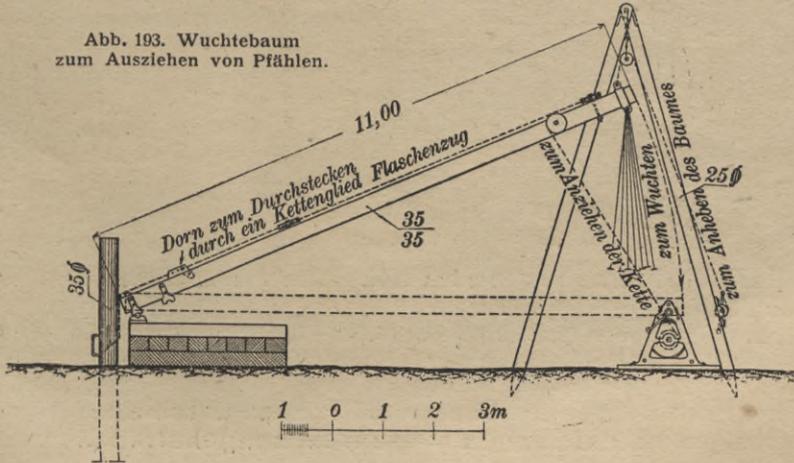
α) Holzpfähle

bestehen aus 25—40 cm starken entrindeten Kiefernstämmen, ohne daß andere Holzarten ausgeschlossen sind.

I. Das Zopfende wird nach unten gesetzt. Die **Spitze** des Pfahles darf nicht zu scharf sein (Abb. 194).

1. Steiniger Boden verlangt eiserne **Pfahlschuhe** mit kurzer voller Spitze und langen Lappen zum Annageln (Abb. 195).

Abb. 193. Wuchtebaum zum Ausziehen von Pfählen.



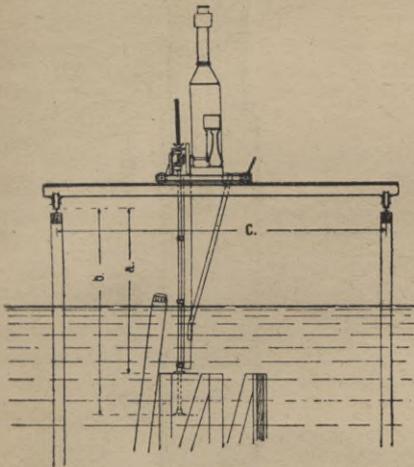


Abb. 200. Grundsäge (Dampf-Kreissäge).
[Menck & Hambrock, G. m. b. H., Altona-Hamburg.]

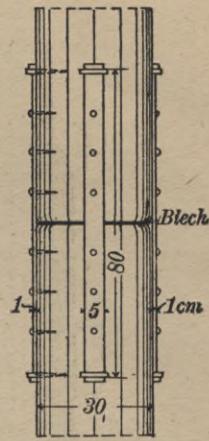
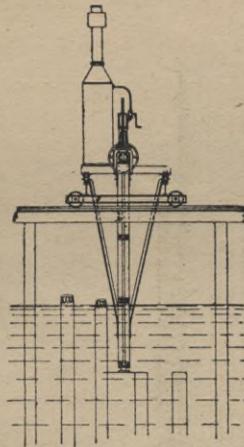


Abb. 201.
Pfahlstoß.

III. 1. Holzpfähle dürfen, damit sie nicht dem Wechsel von Nässe und Trockenheit und damit baldiger Zerstörung durch Fäulnis ausgesetzt sind, im allgemeinen **nicht über den niedrigsten Wasserstand** (offenen oder Grundwasserspiegel) reichen.

2. Um die Pfähle unter den Wasserspiegel zu schlagen, setzt man eine **Jungfer** (Rammknecht) beim Rammen auf sie auf (Abb. 199). Es ist dies ein kurzer eisenbeschlagener Pfahl, der, an der Läuferrote geführt, mit einem Dorn in dem Pfahlkopf steckt und den Rammschlag auf diesen ohne große Wasserbewegung überträgt. Der Schlag wird jedoch sehr abgeschwächt, so daß es sich empfiehlt, die Jungfer nur ausnahmsweise anzuwenden, statt dessen entweder die Pfähle etwas länger zu wählen und unter Wasser abzuschneiden oder unter Wasserhaltung tiefer zu schlagen.

3. Das Abschneiden der Pfähle unter Wasser geschieht mittels **Grundsägen** (Abb. 81, 200).

4. **Im Gebiete der Gezeiten** wird es für ausreichend angesehen, wenn Holzpfähle **unter M. W.** zwischen Ebbe und Flut bleiben, da eine Austrocknung binnen 6 Stunden Ebbezeit nicht zu befürchten ist (Abb. 219, 231). Die Bauarbeiten unter Fluthöhe werden dadurch außerordentlich erleichtert, weil sich während der 6 Stunden Ebbe jegliches Pumpen und auch ein Abschluß der Baustelle gegen das Wasser erübrigt, falls man in der sechsständigen Flutzeit die Arbeit unterbricht und den Bau, soweit er noch nicht die Fluthöhe erreicht hat, überfluten läßt.

IV. Sollte sich herausstellen, daß die vollständig eingerammten Pfähle noch gut ziehen, also zu kurz sind, was aber durch Vorschlagen von Probepfählen (A. II. 2) möglichst zu vermeiden ist, so können sie im Notfalle, vorausgesetzt daß sie auf ihre ganze Länge im Boden stehen sollen, durch **Aufpfropfen**, aber nicht in gleicher Ebene, verlängert werden. Es geschieht dies durch stumpfen Stoß und Verlaschung mit Flacheisen. Eine Blechscheibe zwischen den Hirnholzflächen soll das Ineinanderfressen der Holzfasern und die Zerstörung der Laschenverbindung verhüten (Abb. 201).

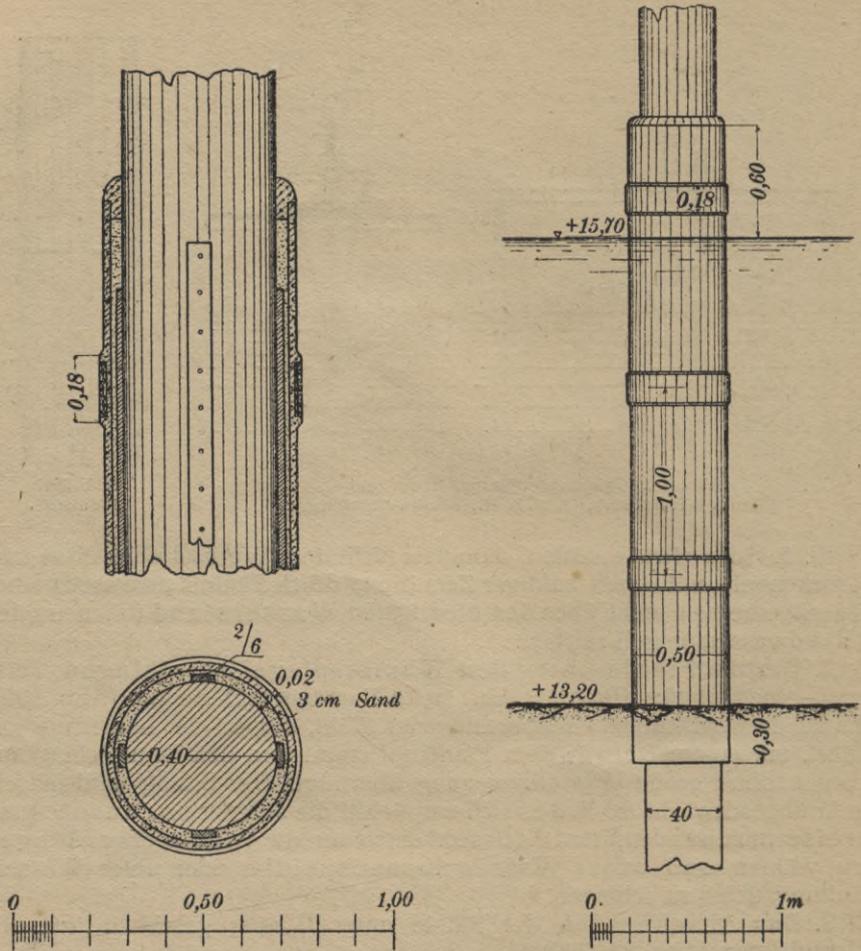


Abb. 202. Schutz von Holzpfählen gegen Bohrtiere.

Abb. 203. Holzpfahl mit übergeschobenen Zementrohren.

V. An und in der Nähe der See, namentlich in den Tropen, wird Holz von Bohrwürmern, Bohrsasseln und den Larven einer Käferart angegriffen und zerstört. Die Schäden erstrecken sich von etwa 50 cm unter dem Grund bis über Hochwasser.

Zum **Schutz gegen diese Bohrtiere** hat man Holzpfähle mit Kupfer- oder Eisenblech beschlagen oder Zementrohre über sie geschoben. Die Stöße letzterer werden durch einen Betonring mit Drahtnetzeinlage gedeckt. Der Schlitz zwischen Rohr und Pfahl wird mit Sand gefüllt und oben mit einem Betonwulst geschlossen. Zur Wahrung des Abstandes zwischen Rohr und Pfahl dienen vier an diesen vor dem Einrammen angenagelte Latten (Abb. 202). Der Rohrstrang soll zur Verhütung von Zerstörungen unter der Sohle etwas in den Boden eingreifen (Abb. 203).

Weniger kostspielig ist das Durchtränken der Holzpfähle mit

Kreosot, welches Mittel sich aber auf die Dauer noch nicht als ganz sicher bewährt hat.

Widerstandsfähig gegen den Angriff der Bortiere sind auch australische Harthölzer, wie Grünholz, Jarrah, Turpentine.

β) Eiserne Pfähle

eignen sich für Seebauten und als unmittelbare Unterstützung von Bauwerken im offenen Wasser (Landungsbrücken, Leuchttürmen, Leuchtbaken), da sie nicht wie Holzpfähle dem Angriff von Bortieren und über Wasser dem Verfaulen ausgesetzt sind, außerdem starkem Wellenschlag besser widerstehen.

Sie sind aus Schmiede- oder Gußeisen, von vollem oder hohlem Querschnitt, als Schraub- oder Scheibenpfähle ausgebildet und infolge ihres breiten Fußes tragfähiger als Spitzpfähle. Hohlpfähle werden, nachdem sie eingebracht sind, zweckmäßigerweise ausbetoniert.

I. **Schraubpfähle** aus Eisen lassen sich infolge der großen Drehfestigkeit ihres Materials sicher und verhältnismäßig schnell eindrehen.

1. **Schmiedeeiserne Vollpfähle** werden gewöhnlich durch Nut und Feder oder einen Keil mit einem gußeisernen Schraubenschuh verbunden (Abb. 204).

2. **Gußeiserne Hohlpfähle** tragen an ihrem unteren Ende ein kurzes Rohrstück mit angegossener Schraube (Abb. 205). Der Stoß wird am besten durch Schraubmuffen (vgl. Abb. 18) bewirkt, die durch Stiftschrauben gegen Losdrehen gesichert werden. Wird eine Flanschverbindung gewählt, so ist der Winkel zwischen Rohr und Flansch an der Unterseite mit Zement abzuschrägen, um den Widerstand, den der wage-

186

Abb. 204.
Schmiedeeiserner
Schraubpfahl.

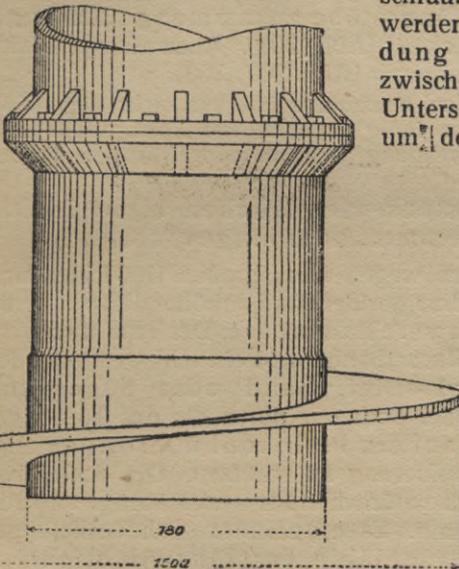
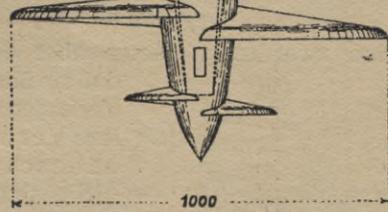


Abb. 205. Gußeiserner Schraubpfahl.

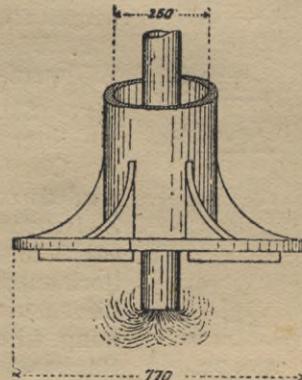


Abb. 206.
Gußeiserner Scheibenpfahl.

rechte Flansch dem Einschrauben entgegengesetzt, zu verringern (Abb. 205).

II. **Scheibenpfähle** (Abb. 206), hohl, nur in loserem Boden verwendbar, werden unter gleichzeitigem Hin- und Herdrehen eingespült.

γ) **Eisenbetonpfähle**

sind zwar teuer, bieten aber den großen Vorteil, daß sie über Wasser nicht dem Verfaulen ausgesetzt sind, daß ihre Verwendbarkeit eine unbeschränkte ist.

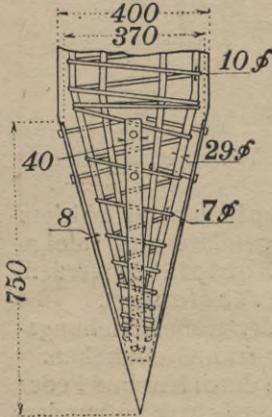


Abb. 207. Spitze eines Eisenbetonpfahles.

Sie sind besonders dort am Platze, wo der Wasserspiegel tief unter dem Bauwerk liegt, bei Anwendung von Holzpfählen also eine tiefe Baugrube bis unter den Wasserspiegel hergestellt werden müßte.

1. Ihr **Querschnitt** ist dreieckig, quadratisch mit abgestumpften Ecken, meistens sechs- oder achteckig. Die Längsstäbe (Rundeisen) werden

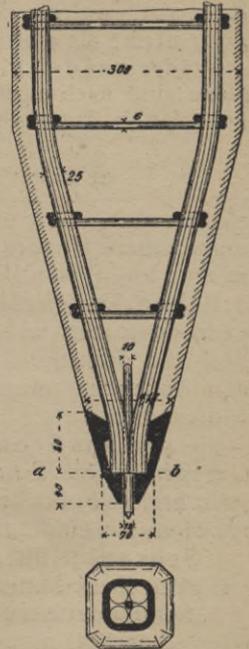


Abb. 208. Eiserner Schuh für Eisenbetonpfähle.

in den Ecken angeordnet und in Abständen gleich der Pfahldicke durch starke Drähte verbunden (Abb. 208, 209), oder mit einer Drahtspirale in 5 cm Abstand umwickelt (Abb. 207).

2. An der **Spitze** werden die Längsstäbe zusammengeführt und mit Draht umwickelt (Abb. 207). Auch eiserne Pfahlspitzen sind in Gebrauch (Abb. 207, 208).



Abb. 209. Eiserner Rammhaube f. Eisenbetonpfähle.

Die Pfähle werden heutzutage fast nur mehr liegend in Holzformen, die das fertig abgebundene Eisengerippe enthalten, unter Verwendung weichen oder flüssigen Betons hergestellt.

3. Die wenigstens vier Wochen alten Pfähle werden eingerammt oder eingespült.

Sie erfordern wegen ihres großen Gewichtes und ihrer den Reibungswiderstand erhöhenden rauheren Oberfläche schwere Rammhämmer. Der Rammschlag wird durch eine **Rammhaube** und ein schlagverteilendes Zwischenmittel, wie Blei, Sand oder Sägespäne (Abb. 209, 210), oder auch nur durch ein aus Tauen geflochtenes Polster auf den Pfahlkopf übertragen, um diesen vor Zertrümmerung zu schützen. Die Schlagwirkung wird dadurch natürlich stark beeinträchtigt und die Rammarbeit verteuert. Es empfiehlt sich deshalb gerade für Eisenbetonpfähle das Einspülverfahren, das durch Aussparen eines kleinen Kanales, durch Einbetten

eines Blechrohres in der Pfahlachse, wesentlich vereinfacht wird.

4. Eisenbetonpfähle lassen sich sicher **aufpfropfen**, indem man die Eisenstäbe am Kopfende ein Stück freilegt und in das aufzusetzende Stück miteinbetoniert. Das Aufpfropfen erfordert freilich eine umständliche Einrüstung und eine längere Rammpause (mindestens 4 Wochen), bis die Verlängerung genügend erhärtet ist.

d) Einbetonierte Pfähle

werden in der Weise eingebracht, daß zunächst das Pfahlloch hergestellt und dann an Ort und Stelle mit Beton ausgefüllt wird.

Ihr Einbau umgeht die Schwierigkeiten und Kosten, die mit dem Bewegen und Einrammen der schweren fertigen Eisenbetonpfähle verbunden sind.

Eine Bewehrung des Betons mit Eisenstäben ist möglich. Doch wird sie gewöhnlich unterlassen, wenn der eingefüllte Beton schichtweise gestampft werden soll, weil das in das Pfahlloch eingesetzte Eisengerippe das Stampfen des vollen Querschnitts behindert, hinterher auch wohl kaum Sicherheit für die richtige Lage und vollständige Umhüllung der Eisen vorhanden ist. Betonpfähle ohne Eisenbewehrung eignen sich aber nur für die Schwebegründung, da sie nicht imstande ist, eine erheblichere Beanspruchung auf Knickfestigkeit aufzunehmen. Sie erhalten daher zweckmäßig eine nach unten etwas ($2-4\%$) verjüngte Gestalt, um die Reibung zwischen Pfahl und Erdreich zu erhöhen, wodurch an Pfahlänge gespart werden kann.

Steht Wasser in dem Pfahlloch, so ist das Stampfen des Betons nur unvollkommen möglich. Es wird daher meistens vorgezogen, den Beton mittels besonderer Eimer so hoch unter Wasser zu schütten (vgl. B. IV. 3), daß er dem Auftrieb des Grundwassers das Gleichgewicht hält, nach Erhärtung des Betons das darüber stehende Wasser abzusaugen und nun im Trockenen unter Stampfen weiterzubetonieren.

Verzichtet man auf das Stampfen des Betons ganz, so steht dem Einsetzen eines Eisenkorbes in das Pfahlloch nichts entgegen, insofern nur weicher oder flüssiger Beton (unter erhöhtem Zusatz von Zement) in das Pfahlloch eingefüllt wird, der infolge des ziemlich hohen Falles die Eigenschaft von Schleuderbeton erhält und dementsprechend dicht wird.

Die Pfahllöcher werden entweder durch Rammung oder mittels Bohrer (vgl. A. II. 4) in die Tiefe getrieben.

1. Die **Pfahllöcher durch Rammung** herzustellen, hat den Vorzug, daß dabei der Untergrund wie beim Einrammen gewöhnlicher Pfähle verdichtet und damit tragfähiger gemacht wird.

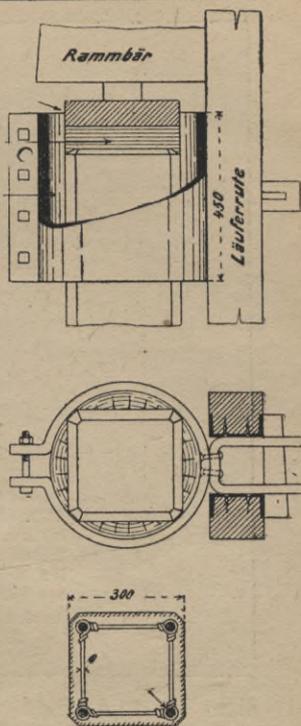
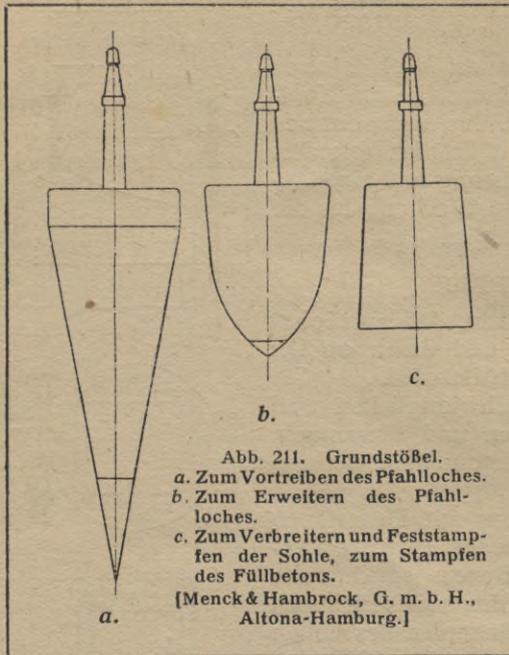


Abb. 210. Rammshelle für Eisenbetonpfähle.



nicht in dem Maße wie dünne, auf Knicken beanspruchte Betonpfähle einer Eisenbewehrung, so daß sie auch zur Tiefgründung, falls die Gründungstiefe im Verhältnis zum Querschnitt nicht zu groß ist, namentlich in Gestalt gekuppelter Pfahlgruppen, Verwendung finden.

Kompressolpfähle sind schon bis 12 m Tiefe ausgeführt worden.

Bei schlechtstehendem, wasserhaltigem Boden sichert man sich gegen den Einsturz der Wandungen des Pfahlloches dadurch, daß man Ton in das Loch füllt und diesen durch Grundstößelschläge gegen die Wandungen preßt. Unter Umständen muß sogar ein weites Eisenblechrohr zum Halt der Wandungen in das Loch eingesetzt werden.

Bei starkem Wasserandrang ist die Ausführung der Kompressolpfähle nicht möglich.

Die Einrichtung der zugehörigen Rammen ist die der Kunstrammen mit rücklaufendem Seil und Nachlaufkatze (Abb. 213).

2. Simplexpfähle, 25—50 cm ϕ , werden dadurch hergestellt, daß ein eisernes Rohr auf eine volle Eisen- oder Eisenbetonspitze lose aufgesetzt und in die Erde gerammt, sodann stückweise mit Beton gefüllt und gleichzeitig wieder hochgezogen wird, wobei die Spitze in der Erde zurückbleibt (Abb. 214).

Um die Reibung beim Einrammen zu verringern und

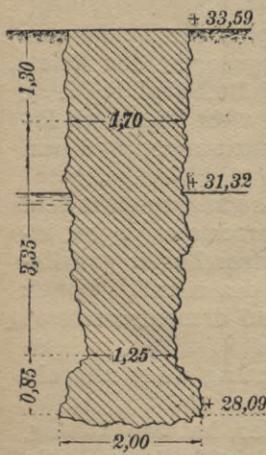


Abb. 212.
Kompressolpfahl.

dadurch das Eindringen des Rohres zu beschleunigen, wählt man dessen Durchmesser gern etwas kleiner als den der Spitze.

Das Stampfen des Füllbetons ist kaum zu entbehren, weil sonst zu befürchten ist, daß beim Hochziehen des Rohres der Beton teilweise mitgenommen wird, abreißt und mit nachstürzender Erde vermengt wird. Die dem Stampfen hinderliche Bewehrung mit Eisen ist daher für Simplexpfähle wenig geeignet, so daß diese im allgemeinen nur für die Schwebegründung in Betracht kommen.

3. Bei den **Betonpfählen „Mast“**, 30—40 cm ϕ , bleibt die eingerammte Pfahlform in der Erde stecken, um mit Beton ausgefüllt zu werden. Es wird dadurch vermieden, daß bei dem Wiederhochziehen der Pfahlhülle der Beton gelockert und mit Erde vermengt wird. Auch läßt sich der schädlichen Einwirkung von säurehaltigem Moorboden auf den Beton durch einen säurefesten Anstrich des Inneren der Pfahlhülle und ihre Auskleidung mit Asphaltpappe begegnen.

Um die Kosten für die verlorene Pfahlform möglichst einzuschränken, wird sie aus nur 1—1,5 mm starkem Eisenblech hergestellt. Die etwa 50 cm lange Pfahlform wird durch entsprechendes Aufschneiden der Blechröhre und Übereinanderklappen der entstehenden Lappen über einer Holzspitze gebildet. Letztere wird mit Asphalt vergossen und durch einen von unten durch

Abb. 213.
Baugrundstößel-
Ramme.

[Menck & Ham-
brock, G. m. b. H.,
Altona-Hamburg.]

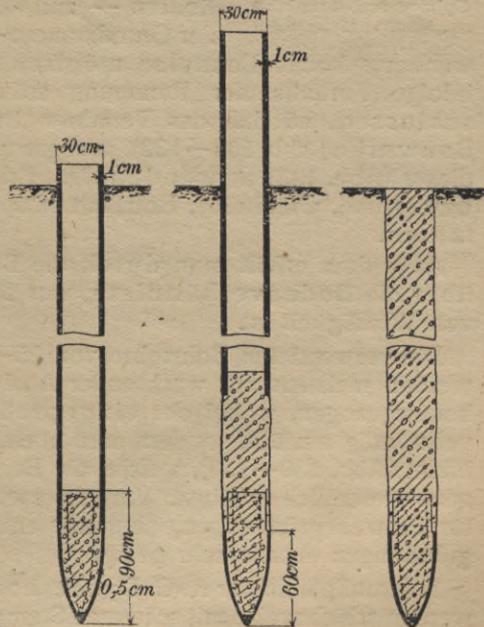
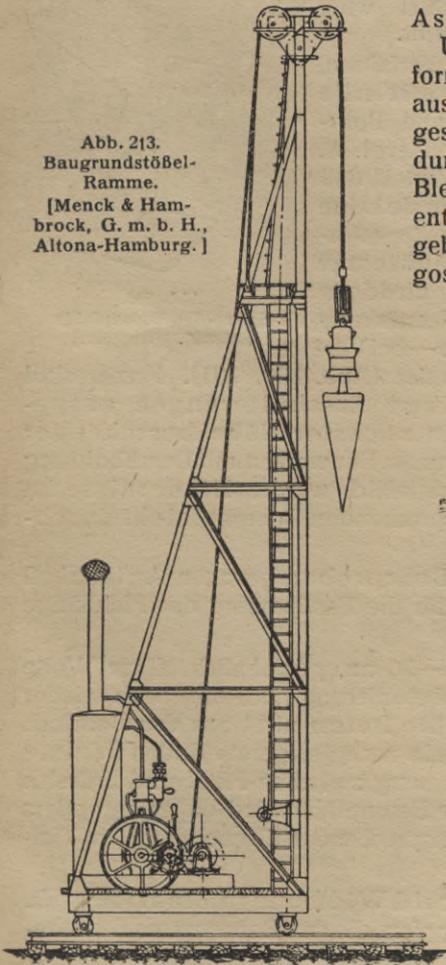


Abb. 214. Simplexpfahl.

die Blechlappen eingetriebenen Dorn mit kurzer Rammspitze mit der Blechhülle verbunden (Abb. 215—216).

Da die schwache Blechhülle Rammschläge nicht verträgt, wird ein Holzpfahl, der über den oberen Rand vorsteht, als Rammjungfer auf die Holzspitze aufgesetzt und so das Rohr beim Einrammen nur auf Zug beansprucht.

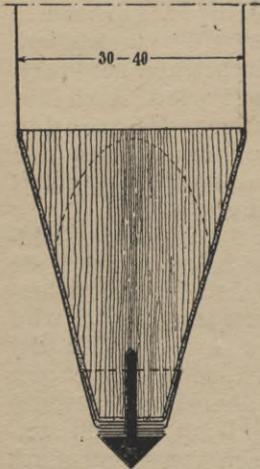


Abb. 215.
Spitze des Betonpfahls
„Mast“. [Schnitt.]

Eine Verjüngung des Pfahls nach unten läßt sich durch eine kegelförmige Blechhülle leicht erreichen, wie auch seiner Bewehrung mit Eisen, falls auf das Stampfen des Füllbetons verzichtet wird, nichts im Wege steht.

II. Das andere Verfahren, die Pfahllöcher mit Hilfe von Bohrern und Bohrröhren abzuteufen (vgl. A. II. 4), bietet den Vorteil, daß die Ausführung, da sie keine hohen Rammgerüste erfordert, auf beschränktester Baustelle, in niedrigen Kellern — zur Verstärkung der Grundmauern — bei Ver-

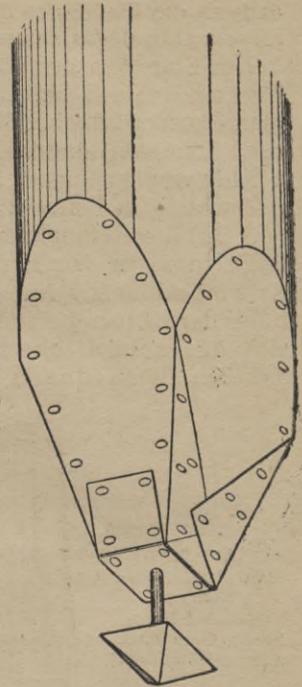


Abb. 216.
Spitze des Betonpfahls
„Mast“. [Ansicht.]

wendung kurzer Bohrröhre möglich ist (Abb. 130, 131). Ferner sind infolge Fortfalls der Rammung schwere Erschütterungen ausgeschlossen, so daß das Verfahren in nächster Nähe bestehender Bauwerke (Abb. 130—132), ja sogar unter Bauwerken mit Durchbohrung dieser (Abb. 133) anwendbar ist. Schließlich werden Hindernisse im Untergrund, wie Steine, Holz, mit entsprechenden Bohrern leicht durchfahren.

Außerdem erhält man durch die Bohrproben genauen Aufschluß über die Bodenverhältnisse, was für die Bestimmung der Pfahlänge von Wichtigkeit ist.

Die verwendeten Bohrröhre von 25—50 cm, gewöhnlich 30 cm Weite werden meistens mit wachsender Ausbetonierung nach und nach wieder herausgezogen, wobei der eingepreßte Beton nicht nur das Bohrloch vollständig ausfüllt, sondern auch noch in nachgiebigerem Boden Wulste bildet (Abb. 130—133), welche die Reibung zwischen Pfahl und Erde ganz wesentlich erhöhen. Vorgebohrte Betonpfähle sind daher besonders für Schwebegründungen, aber mit entsprechender Eiseneinlage für Tiefgründungen ebenso sehr geeignet.

1. **Straußpfähle** der A.-G. Dyckerhoff & Widmann in Biebrich a. Rh. werden schichtweise mit schweren Stampfen, die den Rohrquerschnitt nahezu ausfüllen, in die fertig versenkten Bohrröhre eingestampft und zu-

gleich letztere allmählich hochgewunden, wobei jedoch die Unterkante des Rohres immer unter der Oberfläche des Betons bleiben muß.

Da aber das Stampfen bei Eisenbewehrung nur unvollkommen ausführbar ist, eignen sich die Straußpfähle [ohne Eisenbewehrung] hauptsächlich nur für die Schwebegründung.

2. **Preßbetonpfähle** der August Wolfsholz Preßzementbau Aktien-Gesellschaft in Berlin werden mit Hilfe von Druckluft hergestellt. Auf das fertig versenkte Bohrrohr wird ein Verschußdeckel mit drei Durchbohrungen aufgeschraubt. Durch die eine wird ein Preßrohr bis nahe zum Fuß des Bohrrohres geführt, die beiden anderen erhalten Anschluß an die Hochdruck- (5—10 Atm.) und die Niederdruckleitung (1—2 Atm.) des Druckluftkessels, der von einer Luftpumpe gespeist wird (Abb. 217).

Durch Öffnen des Niederdrucklufthahnes wird das im Rohr stehende Wasser zum Teil durch das Preßrohr zutage, zum Teil in die Erde am Rohrfuß gedrückt und das Rohrinne nach Abschluß des Preßrohres durch einen entsprechenden Luftüberdruck wasserfrei gehalten. Nunmehr wird das Preßrohr an den mit flüssigem Zementmörtel gefüllten und mit Rührwerk versehenen Preßkessel angeschlossen, der seinerseits mit dem Druckluftbehälter in Verbindung steht, und nach Wiederöffnen des Preßrohrhahnes Zementmörtel unter hohem Druck so hoch (4 bis 6 m) in das Bohrrohr gepreßt, daß er dem Auftrieb des Grundwassers das Gleichgewicht hält. Nachdem das Preßrohr wieder abgeschlossen ist, läßt man durch den Hochdrucklufthahn Druckluft von 5—10 Atm. Spannung auf den Mörtel wirken, wodurch dieser unten aus dem Rohr getrieben wird und je nach der Nachgiebigkeit des Bodens einen mehr oder weniger großen Klumpfuß bildet.

Das Einpressen von Zementmörtel und dessen Abpressen mit Druckluft geschieht weiterhin abwechselnd in gleicher Weise, namentlich wenn das Bohrrohr vorher mit grobem Kies oder Schotter angefüllt worden ist und dieser durch Auspressen mit Zementmörtel in Beton verwandelt werden soll.

Da der Rohrstrang unter dem Druck der eingeschlossenen Luft von hoher Spannung, allenfalls noch unterstützt durch Fußwinden oder Flaschenzüge, hochsteigt und Rohr für Rohr über Tage wieder auseinander genommen wird, wobei natürlich jedesmal der Verschußdeckel abgeschraubt und wieder aufgesetzt werden muß, benutzt man auch die jedesmalige Freilegung des Rohrinne, um den zusammengepreßten Pfahlbeton an

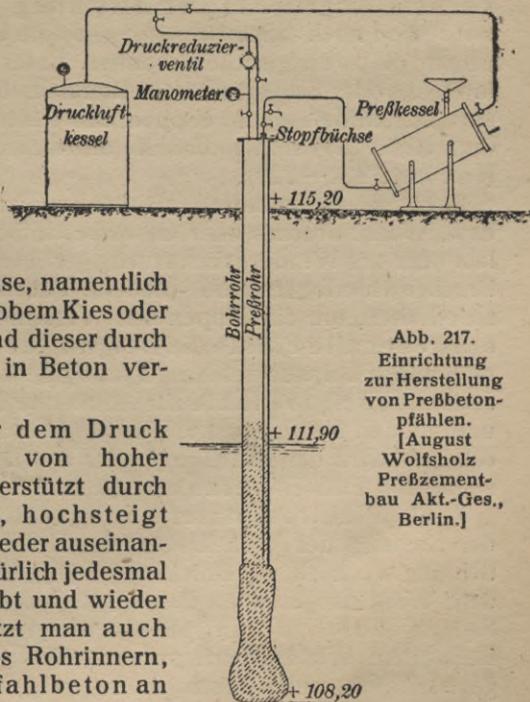


Abb. 217.
Einrichtung
zur Herstellung
von Preßbeton-
pfählen.
[August
Wolfsholz
Preßzement-
bau Akt.-Ges.,
Berlin.]

offener Luft mit Kies- oder Schotterbeton aufzufüllen und nach Verschuß der Rohröffnung abzapressen.

In niedrigen Arbeitsräumen (Kellern) muß die etwaige Eisenbewehrung, wie das Bohrrohr aus kurzen Rohrschüssen zusammengeschraubt, in Längen von 1,50—3,00 m zusammengeflochten werden.

Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus,

daß die Kraft, die das Rohr aus der Erde zieht, die Druckluft, sich dabei auf den Füllbeton stützt und somit größte Gewähr dafür vorhanden ist, daß der Beton nicht von dem aufsteigenden Rohr mitgenommen wird und abreißt,

daß die etwaige Eisenbewehrung das Zusammenpressen des Pfaßbetons nicht im geringsten hindert und unter dem möglichen hohen Druck vollständig vom Beton umhüllt wird,

daß vorhandenes Grundwasser entfernt wird und so das Zusammenpressen und die Dichtigkeit des Betons nicht beeinträchtigen kann.

b) Die Anordnung der Rostpfähle.

I. Die Stellung der Pfähle

ist abhängig von der Richtung der angreifenden Kräfte.

1. Wirkt der **Druck** des Bauwerks, wie der von Gebäuden fast immer, **lotrecht**, so werden selbstverständlich auch die Pfähle lotrecht gestellt (Abb. 119, 130, 131, 222), doch müssen sie in fließendem Wasser, wenn sie dem Angriff starker Strömung und der Unterspülung ausgesetzt sind noch durch stromauf geneigte **Schrägpfähle** (vgl. Abb. 218, 230), gegen Kippen gesichert werden. Unter Umständen kommen auch noch lotrechte oder Schrägpfähle in Betracht, die durch ihre Haftung im Boden als „**Zugpfähle**“ einem Kippen des Unterbaues entgegenzuwirken haben (vgl. Abb. 131) und natürlich mit diesem zugfest zu verbinden sind (vgl. Abb. 227—229).

2. Ist die **Druckmittelkraft** des Bauwerks selbst unter dem Einfluß des Erd-, Wasserdruckes oder Gewölbeschubes, zeitweise auch der Verkehrs- last oder des Winddruckes **schräg** gerichtet, wie bei Stütz- und Ufermauern, Brückenwiderlagern und -pfeilern, Fabrikschornsteinen, Türmen, Hallen, so erhalten, um ein Kippen oder Verschieben des Bauwerks zu verhüten, entweder alle Pfähle die Neigung der Mittelkraft, oder es werden, namentlich bei wechselnder Richtung der angreifenden Kraft, nur einzelne stärker geneigte Pfähle zur Aufnahme des Horizontalschubes gerammt und mit den übrigen fest verbunden (Abb. 103—104, 218, 220, 227—230), oder es wird der Pfahlrost oder das Bauwerk noch mit weiter zurückstehenden Pfählen verankert (Abb. 231).

3. Ein Pfahlrost unter Bauwerken, deren **Druckrichtung** je nach der Stellung der Verkehrs- last, der Höhe des Wasserstandes, der Windrichtung **wechselt**, wie Brückenpfeilern, Ufer-, Kai-, Schleusenmauern, hohen dem Wind ausgesetzten Bauten, ist nach allen in Betracht kommenden Seiten durch Schrägpfähle zu verstreben (Abb. 218, 230), in fließendem Wasser auch stromabwärts (Abb. 218, 230), wobei die zur gerade herrschenden Druckrichtung entgegengesetzt geneigten Pfähle

als „Zugpfähle“ zur Wirkung kommen und demgemäß alle Schrägpfähle mit dem die Pfähle zusammenfassenden Rost sicher zu verbinden sind.

4. Aber auch in Fällen, wo die Krafrichtung nicht oder nur wenig wechselt, namentlich **bei starker Pfahlneigung** und hohem Pfahlrost, erhält ein Teil der Pfähle eine der Mittelkraft des vollbelasteten Bauwerks entgegengesetzte Neigung, damit nicht das Bauwerk, bevor es hinterfüllt ist, bevor also der Erddruck zur Wirkung kommt, nach hinten kippt. Doch sind diese Pfähle mit den übrigen fest zu verankern, damit sie einem Nachvornkippen auch durch ihren Widerstand gegen Ausziehen entgegenwirken (Abb. 219, 228, 229).

Schrägpfähle werden mit Hilfe schräggestellter Läuferlatten gerammt (vgl. Abb. 75).

II. Der Abstand der Rostpfähle

richtet sich nach der Größe des aufzunehmenden Druckes.

1. Reichen die Pfähle bis in festen Baugrund (Tiefgründung) oder ragen sie auf einige Länge frei über den Grund (hoher Pfahlrost), so wird die **Tragfähigkeit** des einzelnen Pfahles durch seinen Widerstand gegen Knicken bestimmt. Stehen sie auf ihre ganze Länge in weniger festem Boden (Schwebegründung), so wird ihre Tragfähigkeit am sichersten durch künstliche Belastung einiger vorher gesetzter Probepfähle ermittelt (Abb. 4).

2. Je größer die Tragfähigkeit der Einzelpfähle und je geringer der Druck des Bauwerks auf die Flächeneinheit ist, desto weiter dürfen die Pfähle auseinanderstehen. Üblich sind **Abstände** von 0,75—1,25 m, für vorgebohrte Pfähle auch wohl noch weniger.

3. Die Pfähle werden entweder **in Längs- und Querreihen** oder **gegeneinander versetzt** angeordnet.

Die erste Anordnung wird gewöhnlich gewählt, wenn die (Holz-) Pfähle durch Schwellen und Zangen miteinander verbunden werden sollen, um jede durch die Verkämmung von Schwellen und Zangen geschwächte Verbindungsstelle unmittelbar zu unterstützen.

Die letztgenannte Anordnung hat dagegen den Vorzug, daß der Baugrund gleichmäßiger belastet und verdichtet wird, und wird daher gewählt, wenn Schwellen und Zangen fortfallen, wenn die Pfahlköpfe mit Beton überschüttet oder durch Eisenbetonbalken und -platten verbunden werden sollen.

c) Der Rost

faßt die einzelnen Pfähle zu einem einheitlichen Unterbau zusammen und hat den Druck des geschlossenen Bauwerks auf sie zu übertragen; er wird entweder aus einer Betonplatte, seltener aus eisenbewehrten Betonbalken und -platten, oder aus einem liegenden Rost sich kreuzender und miteinander verbundener Holzschwellen, Zangen und Bohlen gebildet.

α) Der Betonpfahlrost

wird seiner einfacheren und meist billigeren Ausführung wegen, wo an-gängig, dem Holzrost vorgezogen. Er findet nicht nur auf Beton- und Eisenbetonpfählen, sondern ebenso häufig auf Holzpfählen Anwendung.

1. Der Betonpfahlrost wird dadurch hergestellt, daß zwischen und

über die Pfähle eine Lage **Beton** von mindestens 0,75 m Stärke, in welche die Pfähle wenigstens 15 cm eingreifen, **geschüttet** wird (Abb. 119, 218—220).

Doch empfiehlt es sich, zwecks Zusammenhalts die Pfähle, besonders wenn sie durch schräggerichtete Kräfte auf Kippen beansprucht werden, vorher durch Flach-, Rund- oder Walzeisen miteinander zu verankern (Abb. 218—221). Doch kann dies, sowie die etwaige sonstige Bewehrung der Betonschicht mit Eisen oder ihr Ersatz auf Beton- oder Eisenbetonpfählen durch regelrechte, mit den Pfahlköpfen verankerte Eisenbetonbalken und -platten nur über Wasser, unter dem Wasserstande der Bauzeit nur bei Wasserhaltung ausgeführt werden.

Der Beton wird im Trockenen (Beton- und Eisenbetonpfähle) und bei niedrigem Wasserstand unter Wasserhaltung lagenweise abgestampft, im Wasser mittels Betontrichter (Abb. 119, 120, 122), Betonkasten (Abb. 123) oder -trommeln (Abb. 124) oder Betonsäcken (Abb. 125) geschüttet. Der Schüttbeton wird bis zum Wasserspiegel, unter Umständen auch noch höher, eingebracht, wenn nicht das Bauwerk Hohlräume (Keller, Wasserbehälter, Schleusenammern, unterirdische Wasserläufe und Verkehrswege), die unter den Wasserspiegel reichen, umschließt. In letzterem Falle wird nach Erhärtung der nur bis unter die Sohle der Hohlräume reichenden Betonschüttung das Wasser abgepumpt und im Schutze der Spundwandumschließung das Bauwerk im Trockenen hochgeführt (Abb. 119).

II. Eine **Spundwand** ist nur bei ganz geringer Wassertiefe, und wenn der Boden nicht stark fließt, entbehrlich, im offenen Wasser außerdem nur, wenn eine Unterspülung des Pfahlrostes nicht zu befürchten ist.

Ein hoher Pfahlrost (im offenen Wasser) verlangt auch schon deshalb den Abschluß durch eine Spundwand, damit nicht die hohe Schüttung sich zu weit in das freie Profil abböscht, den Durchflußquerschnitt beengt, die Schifffahrt behindert und außerdem eine erheblich größere Betonmenge erfordert. Die Spundwand ist mit den Rostpfählen zu verankern, um sie gegen Ausweichen unter dem Drucke des noch nicht erhärteten Betons oder infolge Unterspülung zu sichern (Abb. 218—220, 230).

1. Besteht sie aus **Eisenbetonbohlen**, so kann sie stets zum Tragen des Bauwerks mitbenutzt werden (Abb. 219).

2. Ist die **Spundwand aus Holz**, so ist dieses nur möglich, wenn während des Baues gerade Niedrigwasser ist und die Spundwand vor dem Aufsetzen des Mauerwerks in Höhe von N. W. abgeschnitten werden kann (Abb. 218), oder wenn es gelingt, den über N. W. reichenden Teil der Spundwand vorübergehend durch 1—2 angenagelte Abschlußbohlen zu ersetzen, oder wenn der Bau im Gebiete der Gezeiten liegt, in dem die Spundwand bis M. W. reichen darf (vgl. Abb. 231). Anderenfalls kann eine Holzspundwand in Höhe des Niedrigwassers erst abgeschnitten werden, wenn das Bauwerk über den derzeitigen Wasserstand hochgeführt ist (Abb. 220).

3. Falls die Spundwand übermauert werden kann, werden bei geringerer Wassertiefe die dann nur wenig vortretenden **Schrägpfähle** zur Aufnahme der Schubkräfte zweckmäßig vor der **Spundwand** angeordnet

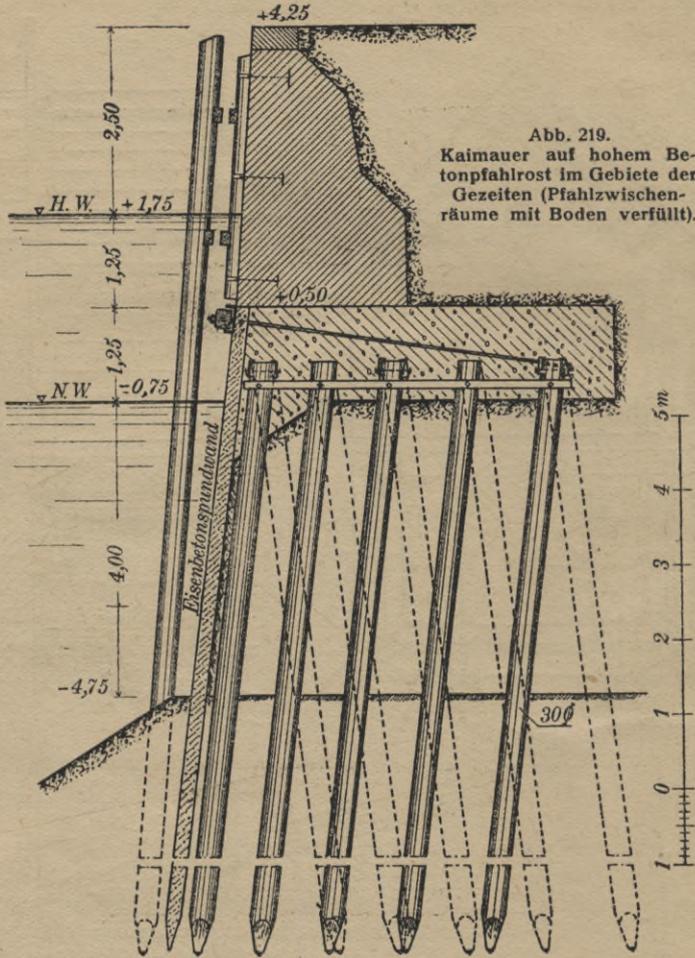
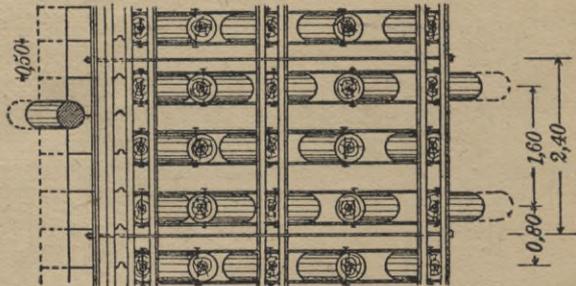
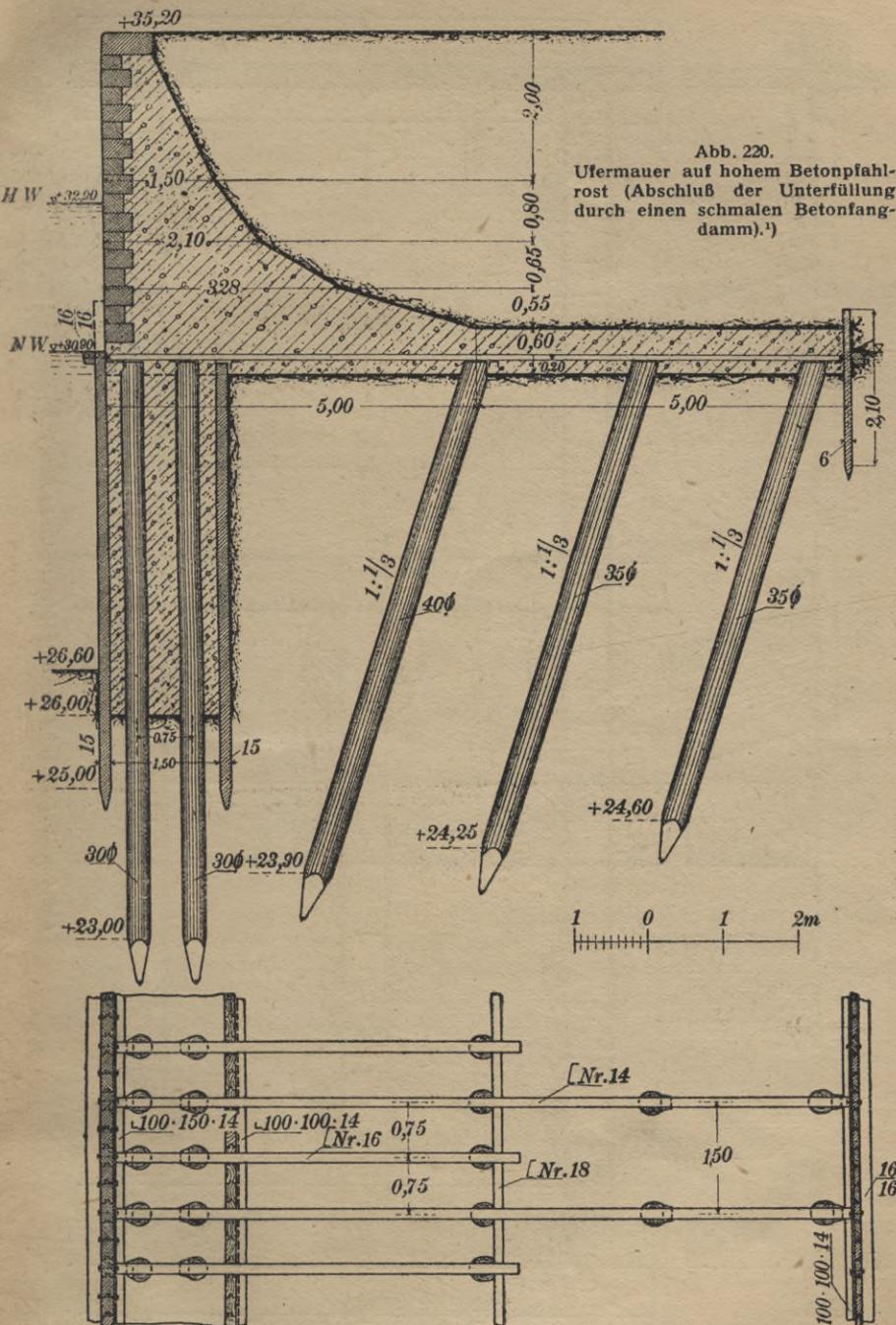


Abb. 219.
 Kaimauer auf hohem Betonpfahlrost im Gebiete der Gezeiten (Pfahlzwischenräume mit Boden verfüllt).





1) Aus dem „Handbuch für Eisenbetonbau“.

(Abb. 218), weil sie anderenfalls mit Rücksicht auf die Spundwand erheblich weiter zurückgesetzt werden müßten und nicht mehr so gut zur Wirkung kämen (Abb. 230). Die Schrägpfähle greifen in diesem Falle unter die Außenzange der Spundwand und werden noch mit den innen stehenden lotrechten Rostpfählen durch die Spundwand hindurch verbolzt (Abb. 218).

Zuerst werden die Schrägpfähle gerammt, dann die Spundwand und zuletzt die lotrechten Pfähle, worauf die Bolzenlöcher unter Wasserhaltung von innen gebohrt, die Bolzen von außen durchgesteckt und von innen angezogen werden.

III. Bei hohem Pfahlrost läßt sich die Menge des Füllbetons erheblich dadurch verringern, daß der **Raum zwischen den Pfählen** im unteren Teil **mit Boden ausgefüllt** und nur eine verhältnismäßig schwache Betonplatte zur Aufnahme des Bauwerks um und über die Pfahlköpfe geschüttet wird (Abb. 219, 220). In diesem Falle ist die Spundwand stärker zu wählen und vollständig sicher zu verankern, damit sie nicht unter dem dauernden Druck der Hinterfüllung ausweicht (Abb. 219); sie wird erforderlichenfalls noch durch einen schmalen Betonfangedamm verstärkt (Abb. 220). Die Verankerung der Pfähle und der Spundwand (Abb. 221) dient gleichzeitig zur Bewehrung der Betonplatte, die bei größerer Breite unter der Auflast der Überschüttung einem Kippen des Bauwerks entgegenwirkt (Abb. 219, 220).

β) Der Holzrost

wird aus Schwellen, Zangen und einem Bohlenbelag zusammengesetzt. Er muß unter dem niedrigsten Wasserstande, im Gebiete der Gezeiten unter Mittelwasser, liegen. Zur **Herstellung** muß deshalb der Rost, außer im Ebbe- und Flutgebiet, mit einer Spundwand, die vor den Pfählen geschlagen wird, weil sie sich sonst infolge der Verdichtung des Bodens schwer einrammen ließe, oder mit einem Fangedamm (Abb. 229) umschlossen und das Wasser im Innern der Baugrube bis unter ihn abgepumpt werden.

Der Holzrost wird im Grundwasser (Abb. 222), wobei der Raum unter ihm selbstverständlich zu verfüllen ist, damit spätere Sackungen des Bodens neben dem Bauwerk ausgeschlossen sind, und zur Verbindung eines tiefen Pfahlrostes (Abb. 227) seltener ausgeführt. Doch ist er von Wichtigkeit für die Zusammenfassung eines hohen Pfahlrostes, um die große Betonmenge zur Ausfüllung des hohen Raumes zwischen den Pfählen zu ersparen (Abb. 229—231), und im Gebiete der Gezeiten außerdem, vorausgesetzt, daß man während der Flutzeit die Baustelle überstauen läßt, deren hohe und kostspielige Umschließung entbehren zu können.

1. Die **Schwellen**, deren Stärke sich nach der Belastung und dem Abstand der Pfähle richtet, mindestens aber $\frac{20}{24}$ cm beträgt, und die mit den Pfählen zu verzapfen sind (Abb. 223—227), werden bei lotrechter Beanspruchung meistens in der Längsrichtung der Grundmauern verlegt (Abb. 222). Ihre Stöße werden über einem Pfahle angeordnet, als gerades Blatt (Abb. 223) oder als gerader Stoß (Abb. 224) ausgebildet und durch eiserne Laschen gesichert; sie sind gegeneinander zu versetzen.

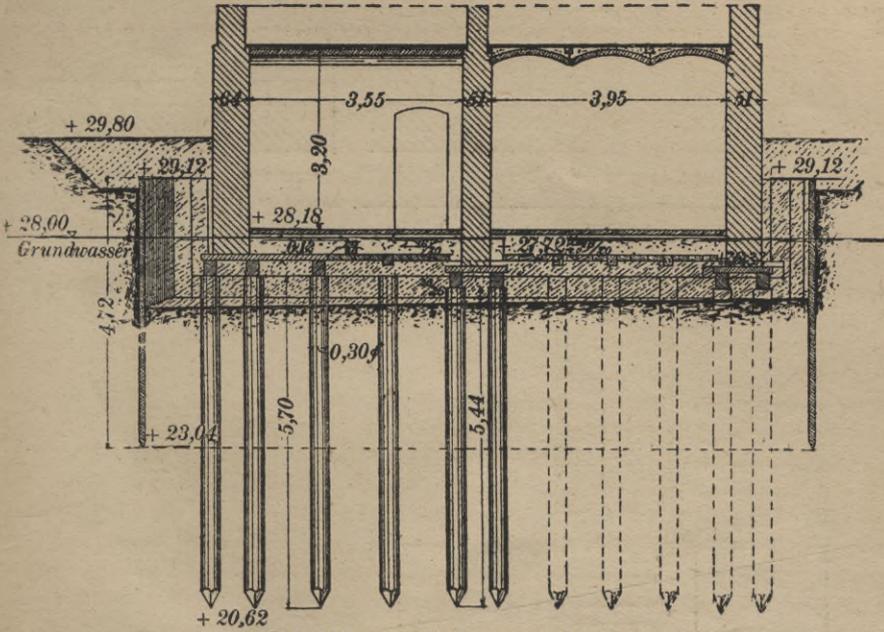


Abb. 222b. Schnitt C-D zu Abb. 222a.

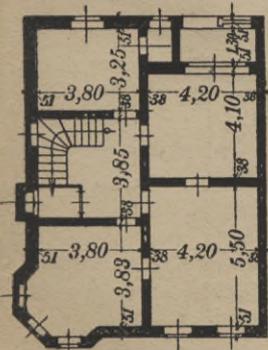


Abb. 222c. Erdgeschoß-Grundriß zu Abb. 222a.

2. Die **Zangen**, mindestens $\frac{10}{20}$ cm stark, werden im Abstand der Pfähle quer auf die Rostschwellen wenigstens 5—7 cm tief aufgekämmt. Zwischen den Zangen werden wenigstens 10 cm starke **Bohlen** auf die Schwellen genagelt. Man wählt die Kammtiefe der Zangen und die Stärke der Bohlen so, daß die Zangen entweder bündig mit den Bohlen liegen (Abb. 222, 225, 231) oder gerade um eine Schicht überstehen (Abb. 223, 226, 227, 230).

3. **Stoßen zwei Mauern** in einem Winkel **zusammen**, so läßt man ähnlich wie bei dem Schwellrost die Schwellen der einen Richtung als Zangen über die der anderen hinweggreifen, wobei entweder die Schwellen und Zangen überblattet (Abb. 225) oder die Rostpfähle der beiden Mauern verschieden hoch abgeschnitten werden müssen, so daß ein Absatz entsteht (Abb. 222, 226).

Letzteres ist vorzuziehen, weil dabei die Hölzer weniger geschwächt werden als bei der ersten Anordnung; doch läßt sich diese nicht immer vermeiden, wobei aber dafür Sorge zu tragen ist, daß die geschwächten Kreuzungsstellen unmittelbar durch Pfähle unterstützt sind.

Ist der Schnittwinkel spitz oder stumpf, so läßt man Zangen und Bohlen allmählich in die Schwellenrichtung der anderen Mauer übergehen, damit die Bohlen in genügender Breite über alle Schwellen hinweggreifen (Abb. 226, vgl. Abb. 222, 228).

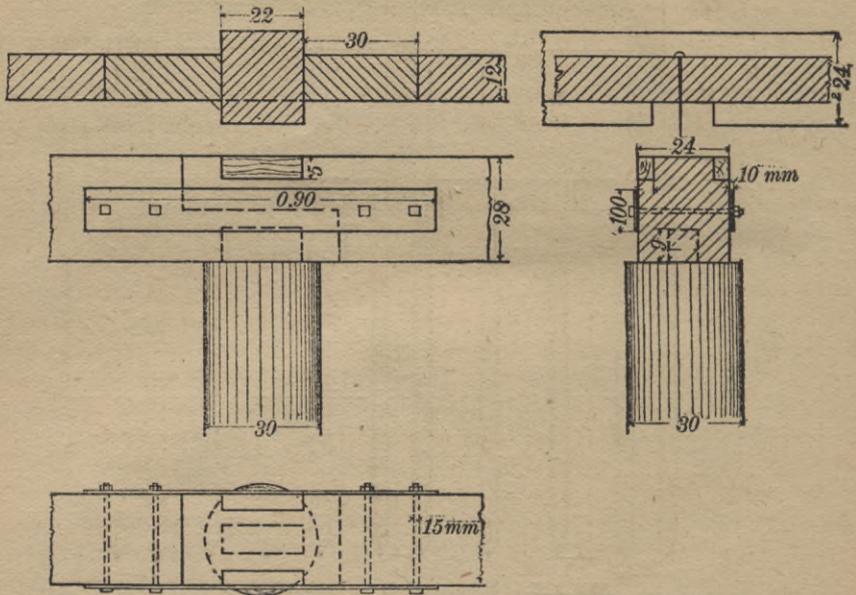


Abb. 223. Gerader Schwellenstoß mit Zangen und Bohlen.

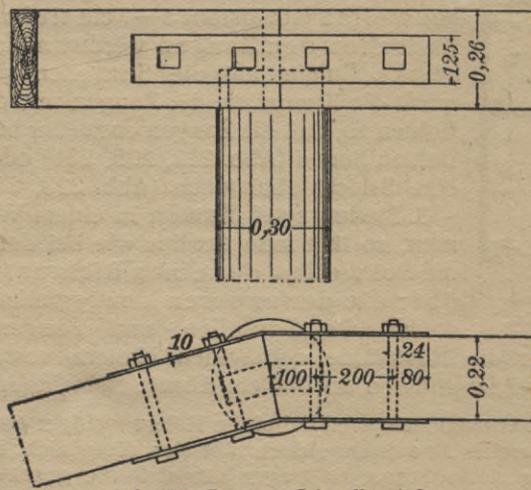


Abb. 224. Schräger Schwellenstoß

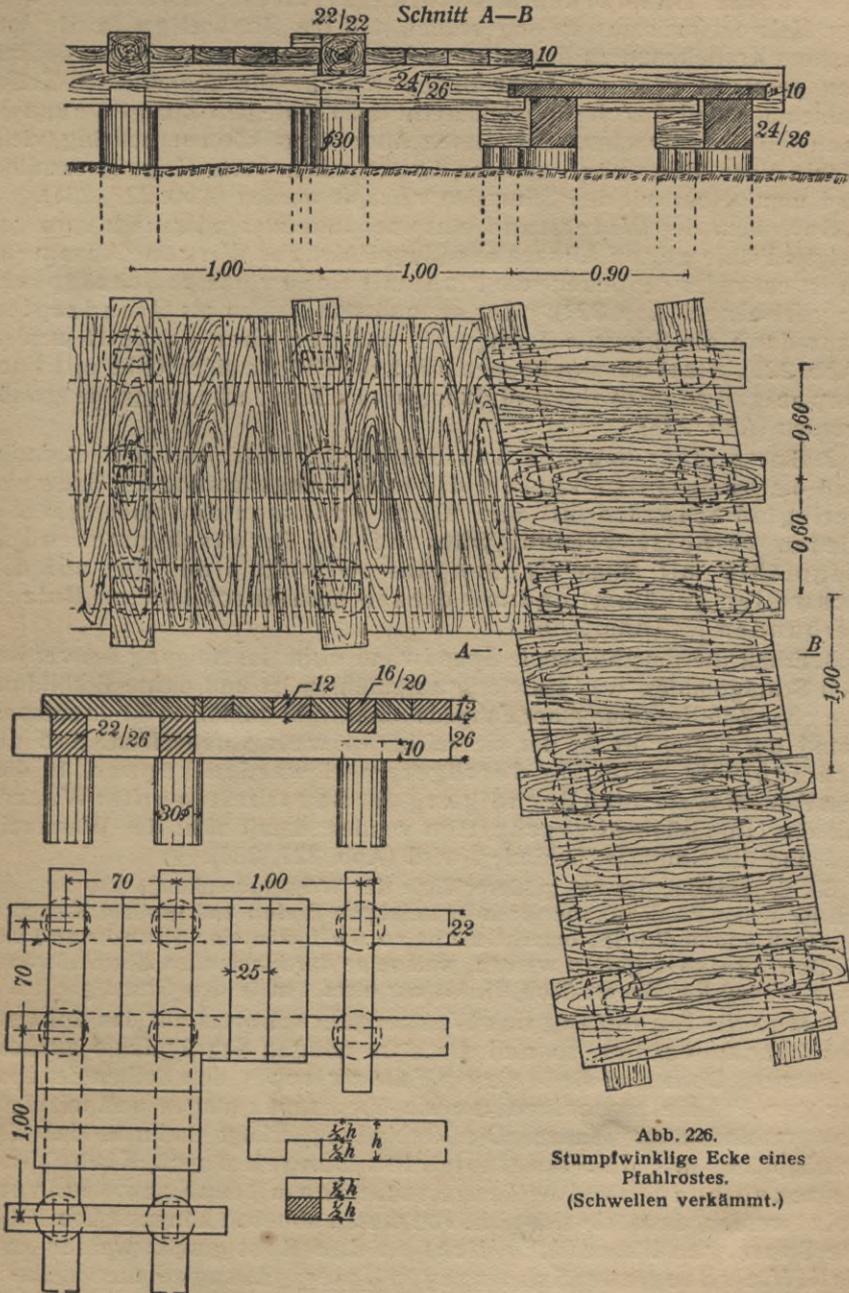


Abb. 226.
Stumpfwinklige Ecke eines
Pfahlrostes.
(Schwellen verkämmt.)

Abb. 225. Rechtwinklige Ecke eines Pfahlrostes.
(Schwellen überblattet.)

II. 1. Unter **Bauwerken mit schräggerichteter Mittelkraft** wird der Holzrost meistens so angeordnet, daß die **Schwellen** in die **lotrechten Kraftebenen** zu liegen kommen und zusammen mit den in Reihen gesetzten Pfählen **Joche** bilden, welche die angreifenden Kräfte aufnehmen und durch die winkelrecht dazu verlegten Zangen zusammengehalten werden. Bei dieser Anordnung können beliebig viele Pfähle eines Joches ohne weiteres die wünschenswerte Neigung erhalten und unmittelbar mit den Schwellen verzapft werden (Abb. 227, 231).

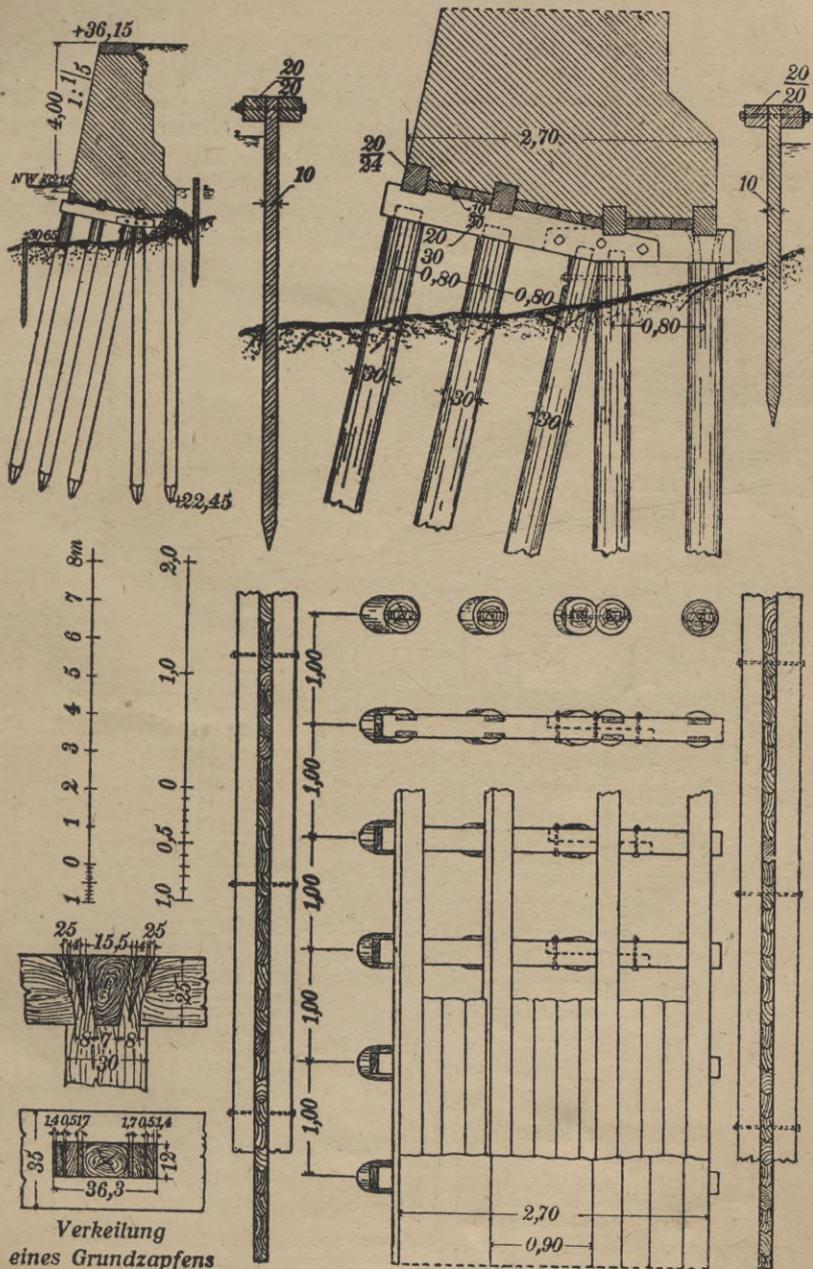
Soll auch der Widerstand einzelner lotrechter oder nach vorn geneigter Pfähle gegen Ausziehen (Zugpfähle) zur Wirkung kommen, so ist entweder der betreffende Pfahl mit einem vorderen Schrägpfahl zu verbolzen (Abb. 227), oder es muß sein Zapfen als Grundzapfen ganz durch die Schwelle durchgreifen und von oben verkeilt werden (Abb. 227). Statt dessen können auch die Pfähle einer Reihe mit einer Doppelzange verbolzt und dadurch zu einem Joche zusammengefaßt werden (Abb. 228).

2. Eine andere bewährte Anordnung des Holzrostes besteht darin, daß die schrägen Druckpfähle die in der **Längsrichtung** des Bauwerks verlegten **Schwellen** mit einer Klaue umfassen und außerdem mit diesen verbolzt werden, während die dazwischenstehenden Zugpfähle mit einem Zangenpaar verbolzt sind, das auf die Schwellen gekämmt und mit diesen noch durch lotrechte Bolzen verbunden ist (Abb. 229).

3. Erhält die umschließende **Spundwand** nicht die Neigung des vordersten Schrägpfahles, was schwierig auszuführen ist und dichte Eckbildungen ohne Zuhilfenahme eines Fangedammes nicht zuläßt, so ist sie entsprechend der Tiefe, bis zu der sie reicht, so weit **vorzusetzen**, daß die Schrägpfähle unter ihr durchgerammt werden können. In diesem Falle muß sie nach Beendigung der Bauarbeiten unter Wasser mit der Grundsäge abgeschnitten werden, damit nicht der Wasserabfluß und die Schifffahrt behindert wird (Abb. 227, 228).

Ein Fangedamm, der bei größerer Tiefe der Wasserabsenkung, also namentlich für tiefen Pfahlrost, aber auch in steinigem Boden und grobem Kies zum Abschluß erforderlich ist, braucht nicht so weit wie eine Spundwand vor die Schrägpfähle gesetzt werden, weil seine durchlaufenden Abschlußwände bei gewöhnlicher Bauart (Abb. 95, 96) nur etwa 1 m in den Grund greifen.

4. Muß die Einengung des Wasserquerschnitts auf das äußerste beschränkt werden, so sind die etwa nötigen **Schrägpfähle zurückzusetzen**. Doch sind sie in diesem Falle zwischen den Reihen der lotrechten Pfähle anzuordnen, um sie überhaupt schlagen und mit dem Rost verbinden zu können. Die Verbindung erfolgt dadurch, daß die Schrägpfähle mit den langlaufenden Zangen durch Klaue und Bolzen verbunden und die Zangen außerdem mit den Schwellen verbolzt werden, damit sie sich nicht von diesen abheben können (Abb. 230). Die Spundwand kann dann dicht an den Rost gesetzt werden und bis N. W. als dauernder Schutz gegen Unterspülung erhalten bleiben. Sie wird zweckmäßig mit dem Rost verankert und hält so die Stein- schüttung zwischen den Pfählen, die zur weiteren Sicherung des Pfahlrostes dient, sicher zusammen (Abb. 230).



Verteilung
eines Grundzapfens

Abb. 227. Ufermauer auf niedrigem Pfahlrost
(Schrägpfähle mit lotrechten Pfählen verbolzt).

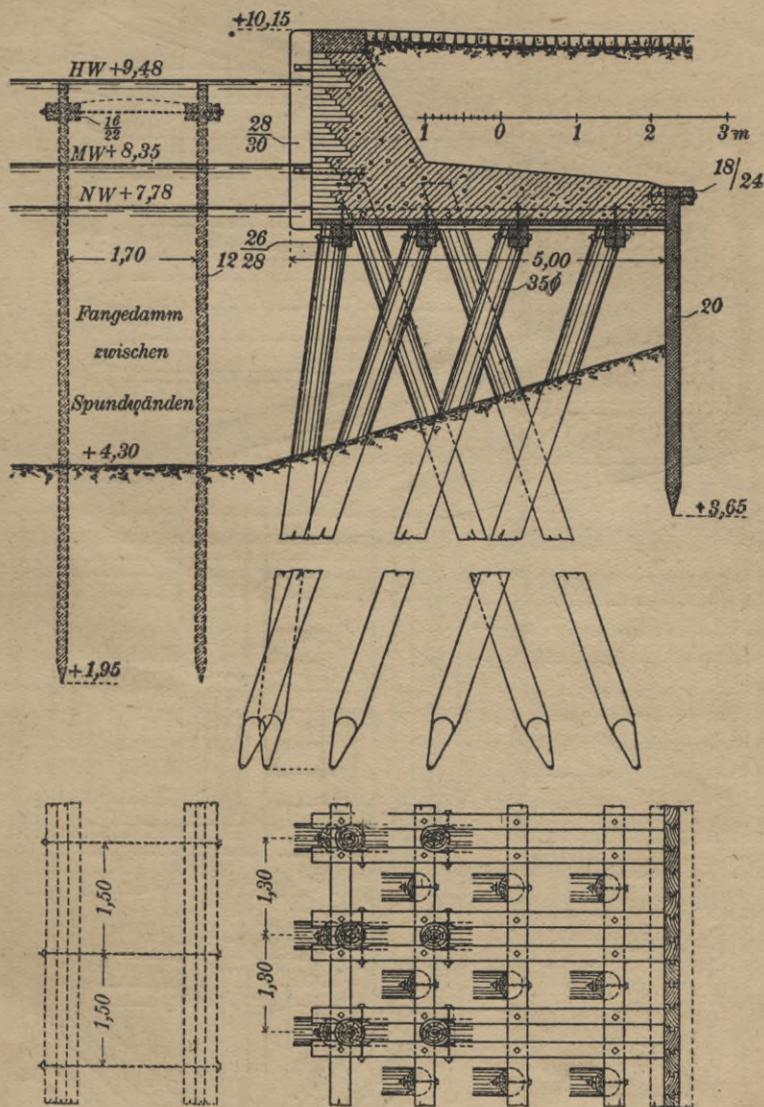


Abb. 229. Kaimauer auf hohem Holzpflrost [Königsberg]
 (Schwellen in der Längsrichtung der Mauer).

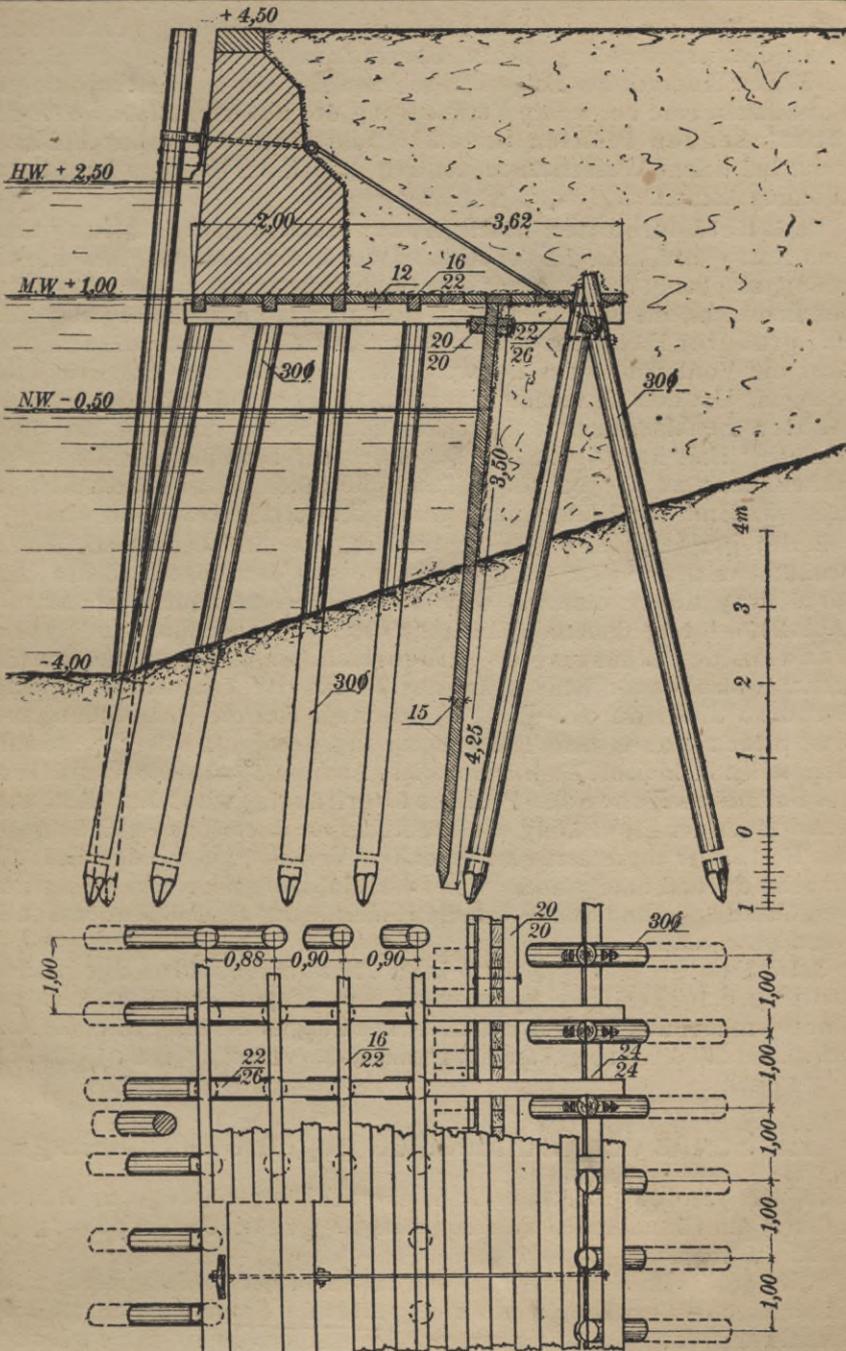


Abb. 231. Kai-mauer auf hohem Holzpfahlrost im Gebiete der Gezeiten (Abschluß-Spundwand an der Rückseite tragend).

5. Wechselt der Wasserstand stark, was die zeitweilig verschiedenen hohe Beanspruchung einer Ufermauer auf Kippen und Gleiten durch den Erddruck zur Folge hat, so empfiehlt sich zwecks Ersparung an Mauerstärke eine besondere **Verankerung des Bauwerks** mit weiter zurückstehenden Pfählen (Abb. 231), die durch den vollen Erddruck, wenn bei tiefem Wasserstande der Gegendruck des Wassers fortfällt, zur Wirkung kommt.

III. 1. Bei Uferbauten ist ein **Abschluß der Hinterfüllung** unter dem Rost erforderlich. Ist der Abstand des Rostes von der Flußsohle nur gering, so genügt dazu vielfach eine **Steinschüttung** unter der Hinterkante des Bauwerks, die sich unter dem Rost nach vorn abböschet (Abb. 227). Bei größerer Höhe des Rostes über dem Grunde würde die Schüttung über die Vorderkante des Bauwerks hinausreichen und das freie Profil beengen. Um dies zu verhüten, werden zwischen den beiden Vorderpfählen **Senkfaschinen** aufgeschichtet, an denen nunmehr die Steinschüttung Halt hat (Abb. 228). Das Korn der Schüttung muß nach der Hinterfüllung zu wie bei einem Filter allmählich bis zu feinem Kies abnehmen, damit die Hinterfüllungserde nicht durchgeschwemmt wird.

2. Bei großer Höhe des Pfahlrostes, die eine bedeutende Menge Schüttmaterial erfordern würde, empfiehlt sich der Abschluß der Hinterfüllung durch eine **mit dem Rost sicher verbundene Spundwand** (Abb. 219). Ist die dauernde Sicherung des Pfahlrostes durch eine Spundwand an der Wasserseite entbehrlich, so wird man die zum Abschluß während der Bauzeit an der Rückseite erforderliche Spundwand so dicht an den Rost heransetzen, daß die Hinterfüllungserde nicht mehr zwischen dem Bohlenbelag des Rostes und der Spundwand durchfallen kann (Abb. 229). Durch diese Anordnung wird die Ausfüllung des Raumes zwischen den Pfählen überflüssig, wird ferner die Spundwand unter der Einwirkung des Erddrucks an ihrem oberen Ende gegen den Rost sicher abgestützt, eine besondere Verankerung mit dem Rost also entbehrlich, und häufig noch, wenn die Flußsohle nach dem Ufer zu ansteigt, an Länge und Stärke der die Hinterfüllung abschließenden Spundwand gespart.

3. Im Gebiete der Gezeiten kann die zum Abschluß der Hinterfüllung erforderliche **Spundwand zum Tragen** und Verankern des Rostes **mitbenutzt** werden, indem sie mit Zangen besäumt wird, die Rostschweller auf diese aufgekämmt und mit ihnen verbolzt werden (Abb. 231).

III. Schutz der Grundbauten gegen Unterspülung.

In fließenden und durch Wellenschlag bewegtem Wasser müssen die Grundbauten aufs sorgfältigste gegen Unterspülung geschützt werden.

1. Es geschieht dies meistens, wie schon in den vorhergehenden Abschnitten öfters erwähnt, durch tiefgreifende **Spundwände**. Muß die Spundwand unter Wasser abgeschnitten werden, so ist der zwischen Spundwand und Grundbauten verbleibende Raum durch Steinschüttung gegen Auskolkung zu sichern. In starker Strömung wird sogar

noch die Flußsohle an der Außenseite der Spundwand mit Steinen abgedeckt werden müssen, damit nicht infolge Auskolkung die Spundwand und, ihr nachfolgend, das Bauwerk ausweicht.

2. Kann eine Spundwand wegen steinigem Untergrundes nicht geschlagen werden, so muß eine **Steinschüttung** allein als Schutz gegen Unterspülung des Bauwerks dienen und dementsprechend besonders sorgfältig hergestellt werden.

Die Oberkante der Schüttung muß im allgemeinen mit der Flußsohle abschneiden, damit das Durchflußprofil nicht noch verengert wird und die Steine um so leichter durch die Strömung fortgerissen werden können. Es sind daher durch Baggern künstlich Kolke herzustellen und mit Steinen auszufüllen.

Strompfeiler sind im wesentlichen stromauf, namentlich am Anschluß des Vorkopfes (bei *a* in Abb. 232), wo der Strom infolge der Einschnürung den tiefsten Strudel bildet und demzufolge die größte Spülwirkung entfaltet, gegen Unterspülung zu schützen. Dementsprechend sind Breite und Tiefe der Schüttung anzuordnen (Abb. 232).

3. Bei starker Strömung erhält die Sohle zwischen zwei Pfeilern noch in ihrer ganzen Breite eine schwächere Steinschüttung, eine sog. **Steinbettung**.

4. Zu **Schüttsteinen** eignen sich kantige, flache Steine besser als runde, die unter der Einwirkung der Strömung leicht ins Rollen kommen. Die größten Steine werden zur Abdeckung verwendet. Noch mehr empfehlen sich hierzu **Kettensteinwürfe**, welche aus möglichst gleichgroßen Steinen, die durch 1 m lange Ketten verbunden sind, bestehen (Abb. 233) und in zwei sich kreuzenden Lagen über die lose Steinschüttung ausgebreitet werden.

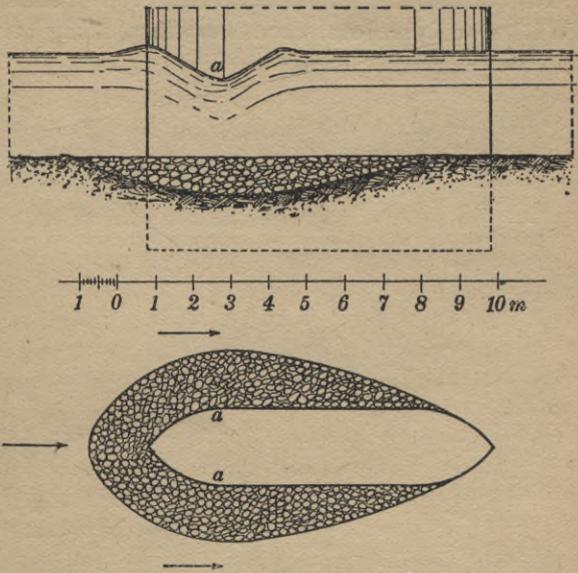


Abb. 232. Steinschüttung zum Schutz eines Strompfeilers gegen Unterspülung.

Sind große Steine schwer zu beschaffen, so werden kleine in **Senkfashinen** eingebunden, mit denen dann die Flußsohle abgedeckt wird. Doch ist dieser Schutz nicht so sicher, weil die Faschinen leicht zerstört werden.

5. Bei sehr großer Stromgeschwindigkeit wird die Flußsohle in der Ausdehnung

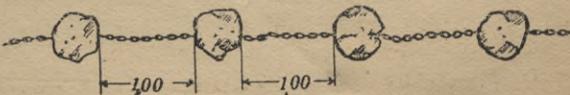


Abb. 233. Steinkette.

des Bauwerks mit **Herdpflaster** in Ton oder Mörtel versehen oder gar ausgewölbt (Abb. 135).

Für kleinere Durchlässe bildet die Abpflasterung oder Auswölbung der Sohle, unter Umständen noch über einem Schwellrost, den üblichen Schutz gegen Unterspülung der Wangenmauern (Abb. 142).

Benutzte und empfehlenswerte Werke.

- L. Brennecke, Der Grundbau. Verlag Deutsche Bauzeitung, Berlin.
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- I. Teil, 3. Band: Der Grundbau von L. von Willmann und C. Zschokke.
- I. Band, 5. Abteilung: Der Tunnelbau von E. Mackensen.
- IV. Teil, 3. Band, XIII. Kapitel: Tauchen von L. Hotopp.
- Handbuch für Eisenbetonbau. Verlag von Ernst & Sohn, Berlin.
- III. Band, I. Kapitel: Grundbau von F. von Emberger.
- H. Lückemann, Der Grundbau. Verlag von Ernst & Sohn, Berlin.
- M. Struckel, Der Grundbau. Verlag von Wentzel Hagelstam, Helsingfors.
- Wilhelm Kyrieleis, Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten. Verlag von Julius Springer, Berlin.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band kartoniert M. 2.80, gebunden M. 3.50

Hierzu Teuerungszuschläge des Verlags (Mai 1920 100%, Abänderung vorbehalten) u. d. Buchhandlungen

Lehrbücher für Schule und Selbstunterricht

- Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht.** Von Geh. Studienrat P. Cranz. Mit zahlr. Fig. (Bd. 120, 205; auch in 1 Band.)
I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 6. Aufl. Mit 9 Fig. im Text. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 5. Aufl. Mit 21 Textfiguren. (Bd. 205.)
- Graphisches Rechnen.** Von Oberlehrer O. Pröhl. Mit 163 Fig. im Text. (Bd. 708.)
- Lehrbuch der Rechenorteile. Schnellrechnen und Rechenkunst.** Mit zahlr. Übungsbeispielen. Von Ing. Dr. J. Bojko. (Bd. 739.)
- Prakt. Mathematik.** V. Prof. Dr. R. Neudorff.
I. Teil: Graphische Darstellungen. Verkürztes Rechnen. Das Rechnen mit Tabellen. Mechanische Rechenhilfsmittel. Kaufmännisches Rechnen im tägl. Leben. Wahrscheinlichkeitsrechnung. 2., verb. Aufl. Mit 29 Fig. und 1 Tafel. (Bd. 341.) II. Teil: Geometrisches Zeichnen, Projektionslehre. Flächenmessung, Körpermessung. Mit 133 Fig. (Bd. 526.)
- Einführung in die Infinitesimalrechnung** mit einer hist. Übersicht. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. 3., verb. Aufl. Mit 19 Fig. (Bd. 197.)
- Differentialrechnung** unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik mit zahlr. Beispielen u. Aufgaben versehen. Von Studienrat Dr. M. Lindow. 3. Aufl. Mit 45 Figuren im Text und 161 Aufgaben. (Bd. 387.)
- Integralrechnung** unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik mit zahlreichen Beispielen u. Aufgaben versehen. Von Studienrat Dr. M. Lindow. 2. Aufl. Mit 54 Figuren im Text und 200 Aufgaben. (Bd. 673.)
- Ausgleichsrechnung** nach der Methode der kleinsten Quadrate. Von Geh. Reg.-Rat Prof. E. Hegemann. Mit 11 Fig. im Text. (Bd. 609.)
- Planimetrie zum Selbstunterricht.** Von Geh. Studienr. P. Cranz. 2. Aufl. Mit 94 Fig. (Bd. 340.)
- Ebene Trigonometrie zum Selbstunterricht.** Von Geh. Studienrat P. Cranz. 3. Aufl. Mit 50 Figuren im Text. (Bd. 431.)
- Sphärische Trigonometrie z. Selbstunterricht.** Von Geh. Studienrat P. Cranz. (Bd. 605.)
- Analytische Geometrie der Ebene zum Selbstunterricht.** Von Geh. Studienrat P. Cranz. 2. Aufl. Mit 65 Figuren. (Bd. 604.)
- Analytische Geometrie des Raumes.** Von Geh. Studienrat P. Cranz. (Bd. 543.)
- Geometrisches Zeichnen.** Von akad. Zeichenlehrer A. Schudeischn. Mit 172 Abbildungen im Text und auf 12 Tafeln. (Bd. 568.)
- Projektionslehre.** Die rechtwinklige Parallelprojektion und ihre Anwendung auf die Darstellung technischer Gebilde nebst Anh. über d. schiefwinklige Parallelprojektion, in kurzer leichtfaßl. Darstellung für Selbstunterricht u. Schulgebrauch. Von akad. Zeichenlehrer A. Schudeischn. Mit 208 Figuren im Text. (Bd. 564.)
- Grundzüge der Perspektive** nebst Anwendungen. Von Prof. Dr. K. Doehlemann. 2., verb. Aufl. Mit 91 Figuren und 11 Abbildungen. (Bd. 510.)
- Die graphische Darstellung.** Eine allgemeinverständliche, durch zahlreiche Beispiele aus allen Gebieten der Wissenschaft und Praxis erläuterte Einführung in den Sinn und den Gebrauch der Methode. Von Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. 2. Aufl. Mit 139 Fig. im Text. (Bd. 437.)
- Maße und Messen.** Von Dr. W. Bloch. Mit 34 Abbildungen. (Bd. 385.)
- Mechanik.** Von Prof. Dr. G. Hamel. 3 Bde. I. Grundbegriffe d. Mech. II. Mech. d. festen Körper. III. Mech. d. flüss. u. luftförm. Körper. (Bd. 684, 686.)
- Aufgaben aus der techn. Mechanik für den Schul- u. Selbstunterricht.** V. Prof. H. Schmitt. I. Bewegungslehre. Statt. Mit 156 Aufg., 101 u. zahlr. Fig. im Text. II. Dynamik. Mit 140 Aufg., 101 u. zahlr. Fig. im Text. (Bd. 558/559.)
- Statik.** Mit Einschluß der Festigkeitslehre. Von Baugewerkshuldr. Regierungsbaumstr. A. S. Chau. Mit 149 Fig. im Text. (Bd. 497.)
- Einführung in die technische Wärmelehre (Thermodynamik).** Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. Aufl. von Dr. F. Schmitt. Mit Abb. im Text. (Bd. 516.)
- Praktische Thermodynamik. Aufgaben u. Beisp.** 3. mechan. Wärmelehre. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. Mit 40 Abb. im Text u. 3 Taf. (Bd. 596.)
- Einführung in die Technik.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Lorenz. Mit 77 Abb. (Bd. 729.)
- Das Eisenhüttenwesen.** Von Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 5. Aufl. von Bergassessor F. W. Wedding. Mit 22 Abb. (Bd. 20.)
- Metallbearbeitung.** Von Dr. Ing. O. Stolzenberg. 2 Bde. I. Rohstoffed. Maschinenbaues. (671.) II. Arbeiten d. Maschinenbauers. (Bd. 672.)
- Die Maschinenelemente.** Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 3. Aufl. Mit 175 Abb. (Bd. 301.)
- Hebezeuge. Hilfsmittel zum Heben fester, flüssiger und gasförmiger Körper.** Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 67 Abb. im Text. (Bd. 196.)
- Industr. Feuerungsanlagen u. Dampfkessel.** Von Ingenieur J. E. Maier. Mit 88 Abb. (Bd. 348.)
- Die Dampfmaschine.** Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2 Bde. I: Wirkungsweise d. Dampfes im Kessel u. Maschine. 4. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 393.) II: Ihre Gestaltung und Verwendung. 2. Aufl. Mit 105 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 394.)
- Die neueren Wärmekraftmaschinen.** Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2 Bde. I: Einführung in die Theorie und den Bau der Gasmotoren. 5. Aufl. Mit 41 Abb. (Bd. 21.) II: Gaszylinder, Großgasmotoren, Gas- und Dampfturbinen. 4. Aufl. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 86.)
- Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Obering. A. Roth. 3. Aufl. Mit Abb. (Bd. 391.)
- Die elektrische Kraftübertragung.** Von Ing. P. Köhn. 2. Aufl. Mit 133 Abb. (Bd. 424.)
- Der Eisenbetonbau.** Von Dipl.-Ing. E. Hajmovich. 2. Aufl. Mit 82 Abbildungen im Text sowie 8 Rechnungsbeispielen. (Bd. 275.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

20,00

Mathematisch-Physikalische Bibliothek

Gemeinverständliche Darstellungen aus der Mathematik u. Physik. Unter Mitwirkung von Fachgenossen hrsg. von

Dr. W. Lietzmann und **Dr. A. Witting**

Direktor der Oberrealschule zu Göttingen Studienrat, Gymnasialprof. in Dresden

Fast alle Bändchen enthalten zahlreiche Figuren. kl. 8. Kart. je M. 1.40
Hierzu Teuerungszuschläge d. Verlags (Mai 1920 100%, Abänd. vorbeh.) u. d. Buchhandl.

Die Sammlung, die in einzeln käuflichen Bändchen in zwangloser Folge herausgegeben wird, bezweckt, allen denen, die Interesse an den mathematisch-physikalischen Wissenschaften haben, es in angenehmer Form zu ermöglichen, sich über das gemeinhin in den Schulen Gebotene hinaus zu belehren. Die Bändchen geben also teils eine Vertiefung solcher elementarer Probleme, die allgemeinere kulturelle Bedeutung oder besonders wissenschaftliches Gewicht haben, teils sollen sie Dinge behandeln, die den Leser, ohne zu große Anforderungen an seine Kenntnisse zu stellen, in neue Gebiete der Mathematik und Physik einführen.

Bisher sind erschienen (1912/20):

- Der Begriff der Zahl in seiner logischen und historischen Entwicklung. Von H. Wieleitner. 2., durchgeseh. Aufl. (Bd. 2.)
- Ziffern und Ziffernsysteme. Von E. Löffler. 2., neubearb. Aufl. I: Die Zahlzeichen der alten Kulturvölker. (Bd. 1.) II: Die Z. im Mittelalter und in der Neuzeit. (Bd. 34.)
- Die 7 Rechnungsarten mit allgemeinen Zahlen. Von H. Wieleitner. 2. Aufl. (Bd. 7.)
- Einführung in die Infinitesimalrechnung. Von A. Witting. 2. Aufl. I: Die Differential-, II: Die Integralrechnung. (Bd. 9 u. 41.)
- Wahrscheinlichkeitsrechnung. V. O. Meißner. 2. Auflage. I: Grundlehren. (Bd. 4.) II: Anwendungen. (Bd. 33.)
- Vom periodischen Dezimalbruch zur Zahlentheorie. Von A. Leman. (Bd. 19.)
- Der pythagoreische Lehrsatz mit einem Ausblick auf das Fermatsche Problem. Von W. Lietzmann. 2. Aufl. (Bd. 3.)
- Darstellende Geometrie des Geländes und verw. Anwendungen der Methode der kotierten Projektionen. Von R. Rothe. 2. verb. Aufl. (Bd. 35/36.)
- Methoden zur Lösung geometrischer Aufgaben. Von B. Kerst. (Bd. 26.)
- Einführung in die projektive Geometrie. Von M. Zacharias. (Bd. 6.)
- Konstruktionen in begrenzter Ebene. Von P. Zühlke. (Bd. 11.)
- Nichteuclidische Geometrie in der Kugelfläche. Von W. Dieck. (Bd. 31.)
- Einführung in die Nomographie. Von P. Luckey. I. Teil: Die Funktionsteiler. (Bd. 28.) II. Teil: Die Zeichnung als Rechenmaschine. (Bd. 37.)
- Theorie und Praxis des logarithm. Rechenschiebers. Von A. Rohrbach. 2. Aufl. (Bd. 23.)
- Die Anfertigung mathemat. Modelle. (Für Schüler mittl. Kl.) Von K. Giebel. (Bd. 16.)
- Karte und Krok. Von H. Wolff. (Bd. 27.)
- Die Grundlagen unserer Zeitrechnung. Von A. Baruch. (Bd. 29.)
- Die mathemat. Grundlagen d. Variations- u. Vererbungslehre. Von P. Riebesell. (24.)
- Mathematik und Malerei. 2 Teile in 1 Bande. Von G. Wolff. (Bd. 20/21.)
- Der Goldene Schnitt. Von H. E. Timerding. (Bd. 32.)
- Beispiele zur Geschichte der Mathematik. Von A. Witting und M. Gebhard. (Bd. 15.)
- Mathematiker-Anekdoten. Von W. Ahrens. 2. Aufl. (Bd. 18.)
- Die Quadratur d. Kreises. Von E. Beutel. 2. Aufl. (Bd. 12.)
- Wo steckt der Fehler? Von W. Lietzmann und V. Trier. 2. Aufl. (Bd. 10.)
- Geheimnisse der Rechenkünstler. Von Ph. Maennchen. 2. Aufl. (Bd. 13.)
- Riesen und Zwerge im Zahlenreiche. Von W. Lietzmann. 2. Aufl. (Bd. 25.)
- Was ist Geld? Von W. Lietzmann. (Bd. 30.)
- Die Fallgesetze. V. H. E. Timerding. (Bd. 5.)
- Ionentheorie. Von P. Bräuer. (Bd. 38.)
- Das Relativitätsprinzip. Leichtfaßlich entwickelt von A. Angersbach. (Bd. 39.)
- Dreht sich die Erde? Von W. Brunner. (17.)
- Theorie der Planetenbewegung. Von P. Meth. (Bd. 8.)
- Beobachtung d. Himmels mit einfach. Instrumenten. Von Fr. Rusch. 2. Aufl. (Bd. 14.)
- Mathem. Streifzüge durch die Geschichte der Astronomie. Von P. Kirchberger. (Bd. 40.)

In Vorbereitung:

- Doehlemann, Mathematik und Architektur. Müller, Der Gegenstand der Mathematik.
- Winkelmann, Der Kreis. Wolff, Einführung in die Photogrammetrie.
- Wolff, Feldmessen und Höhenmessen.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

S-98

Der Unterricht an Baugewerkschulen

Baukonstruktion und Baukunde

- Baukonstruktionslehre. Von Prof. O. Frick u. Dir. Prof. K. Knöll. In 2 Teilen. (Bd. 37, 38.) Teil I. 6. Aufl. Mit 275 Fig. M. 4.40. Teil II. 5. Aufl. Mit 251 Fig. M. 5.—
- Gründung von Hochbauten. (Grundbau. Teil I.) Von Professor M. Benzel. 4. verb. und verm. Auflage. Mit 151 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Mit Anhang: Berechnung der Baugrundbelastung durch ein freisteh. zweigeschoss. Wohnhaus. (Bd. 8.) M. 3.20.
- Grundzüge des Eisenbaues. (Eisenkonstruktion.) Von Dipl.-Ing. Prof. A. Göbel. In 2 Teilen. (Bd. 31, 32.) Teil I. 4. Aufl. M. 3.—. Von Oberlehrer Dipl.-Ing. O. Henkel. Mit 217 Abb. Teil II. 4. Aufl. Von Oberl. Dipl.-Ing. O. Henkel. Mit 310 Abb. im Text. M. 3.—
- Die Ausführung von Eisenbetonbauten. Von Oberl. Ing. Preuß. Mit 31 Fig. (Bd. 33.) M. 1.60.
- D. Berechnung v. Eisenbetonbauten. V. Dir. Dr.-Ing. P. Weiske. 2. Aufl. M. 74 Fig. (Bd. 17.) M. 2.40.
- Umbauten u. Wiederherstellungsarb. V. Arch. Prof. E. Gebhardt. 2. Aufl. M. 38 Abb. (Bd. 7.) M. 2.—
- Bürgerliche Baukunde und Baupolizei. Von Architekt Gewerbeschuldirektor C. Busse. 2. Aufl. Mit 217 Abbildungen. (Bd. 49.) M. 3.60.
- Leitfaden der landwirtschaftlichen Baukunde. Von Baumeister Oberl. Prof. A. Schubert. 3. Auflage. Mit 161 Originalfiguren. (Bd. 10.) M. 3.60.
- Die gewerbli. Baukunde. V. Prof. Arch. L. Comperl. 2. Aufl. M. 189 Fig. u. 1 Taf. (Bd. 41.) M. 2.60.
- Die Bauführung. Von Architekt Prof. M. Gebhardt. 2. Aufl. Mit 8 Fig. (Bd. 9.) M. 1.60.

Erd-, Straßen- und städtischer Tiefbau, Wasserbau,

Brückenbau und Eisenbahnbau

- Städtischer Tiefbau. Von Geh. Reg.- und Gewerbeschulrat Professor R. Gürschner und Professor M. Benzel. In 3 Teilen. (Bd. 34—36.) Teil I: Bebauungspläne und Straßenausbau. Von Professor M. Benzel. 2. Auflage. Mit 181 Figuren und 2 mehrfarbigen Plänen. M. 3.80. Teil II: Wasserversorgung von Ortschaften. Von Geh. Reg.- u. Gewerbeschulrat Prof. R. Gürschner. 3. Aufl. Mit 81 Abb. M. 3.20. Teil III: Stadtentwässerung. Von Geh. Reg.- u. Gewerbeschulrat R. Gürschner u. Prof. M. Benzel. 3. Aufl. Mit 143 Abb., 32 Berechnungsbeispielen, 3 Plänen, 6 graphischen und 5 Zahlentabellen. M. 6.—
- Tiefbau. Von Prof. M. Benzel. (Grundbau. Teil II.) 3. verbesserte und vermehrte Aufl. Mit 233 Abb. (Bd. 18.)
- Erd- und Straßenbau. V. Ing. Prof. H. Knauer. 3., umgearb. u. verm. Aufl. In 2 Teilen. (Bd. 11/12.) Teil I: Erdbau. M. 159 Abb. u. 2 Taf. M. 5.40. Teil II: Straßenbau. Mit 46 Abb. u. 2 Tafeln. M. 3.—
- Der Wasserbau. Von Reg.-Baumeister Professor F. Fresow. In 2 Teilen. (Bd. 24 u. 50.) Teil I. 3. Aufl. Mit 166 Abb. im Text. M. 3.20. Teil II. 3. Aufl. Mit 130 Abbild. im Text.
- Brückenbau. Von Reg.-Baumeister Direktor A. Schau. In 2 Teilen. (Bd. 39 und 40.) Teil I: Allgemeine Durchlässe und massive Brücken. Unterhaltung. Überschlägliche Kostenberechnungen. 2. Aufl. Mit 324 Abb. M. 4.20. Teil II: Die eisernen Brücken. Allgemeines. Bauliche Anordnung u. Ausbildung d. Eisenbahnbrücken u. Fußgängerbrücken. Unterhaltung. Kostenberechnung eiserner Überbauten. Mit 404 Abb. u. 6 Taf. M. 4.20.
- Der Eisenbahnbau. Von Gewerbeschulrat Reg.-Baumeister Direktor A. Schau. In 2 Teilen. (Bd. 15 u. 16.) Teil I: Allgemeine Grundlagen. Bahngestaltung. Grundzüge für die Anlage der Bahnen. 3., verbesserte Auflage. Mit 180 Abbildungen. M. 3.80. Teil II: Stationsanlagen und Sicherungswesen. 3. verb. Auflage. Mit 295 Abb. im Text. M. 5.80.

Baustofflehre, Gestaltungslehre, Zeichnen

- Leitfaden der Baustofflehre für Baugewerkschulen. Von Reg.- u. Gewerbeschulrat K. Jessen u. Prof. Girndt. 5. Aufl. Mit 122 Abb. im Text u. auf 1 Tafel. (Bd. 1.) M. 2.60.
- Zeichenschlüssel. Von Oberlehrer Dr. V. Hortig. 12 Tafeln als Anleitung zur Vorstellung von Zeichnungen der Hoch- und Tiefbauer. (Bd. 44.) Steif geh. M. 1.80, geb. M. 2.80.
- Gestaltungslehre. Von Professor O. Frick. In 2 Teilen. (Bd. 42, 43.) Teil I: Die Gestaltung freistehender Landhausbauten. Mit 109 Figuren. M. 2.80. Teil II: Die Gestaltung eingebauter Wohnhäuser. Raumausbildung. Mit 140 Figuren. M. 2.20.

Kal sämtl. Preise Teuerungszuschläge des Verlags (Mai 1920 100%, Abänderung vorbehalten) u. der Buchhandlungen

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin



II-351293

TEUBNER TECHNISCHE LEITFADEN

In Bänden zu 8—10 Bogen. gr. 8. Geb.

Die Leitfäden wollen zunächst dem Studierenden, dann aber auch dem Praktiker in knapper, wissenschaftlich einwandfreier und zugleich übersichtlicher Form das Wesentliche des Tatsachenmaterials an die Hand geben, das die Grundlage seiner theoretischen Ausbildung und praktischen Tätigkeit bildet. Sie wollen ihm diese erleichtern und ihm die Anschaffung und Durcharbeitung umfangreicher und kostspieliger Handbücher ersparen. Auf klare Gliederung des Stoffes auch in der äußeren Form der Anordnung wie auf seine Veranschaulichung durch einwandfrei ausgeführte Zeichnungen wird besonderer Wert gelegt. — Die einzelnen Bände der Sammlung, für die vom Verlag die ersten Vertreter der verschiedenen Fachgebiete gewonnen werden konnten, erscheinen in rascher Folge.

Bisher sind erschienen bzw. unter der Presse:

- Analytische Geometrie.** Von Geh. Hofrat Dr. R. Fricke, Professor an der Techn. Hochschule zu Braunschweig. Mit 90 Fig. [VI u. 135 S.] 1915. (Bd. 1.) M. 2.80.
- Elemente der darstellenden Geometrie.** V. Dr. M. Großmann, Prof. an der Eidgen. Techn. Hochschule zu Zürich. Mit 134 Fig. [IV u. 84 S.] 1917. (Bd. 2.) M. 2.—
- Darstellende Geometrie.** Von Dr. M. Großmann, Professor an der Eidgen. Technischen Hochschule zu Zürich. Mit 109 Fig. [VI u. 138 S.] 1915. (Bd. 3.) M. 2.80.
- Differential- und Integralrechnung.** V. Dr. L. Bieberbach, o. 5. Prof. a. d. Univ. Frankfurt a. M. I. Differentialrechnung. Mit 32 Fig. [VI u. 130 S.] 1917. (Bd. 4.) Stief geh. M. 2.80. II. Integralrechnung. Mit 25 Fig. [VI u. 142 S.] 1918. (Bd. 5.) Stief geh. M. 3.40.
- Grundriß der Hydraulik für Bauingenieure.** Von Hofrat Dr. Ph. Forchheimer, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Wien. (Bd. 8.)
- Feldbuch für geodätische Praktika.** Nebst Zusammenstellung der wichtigsten Methoden und Regeln sowie ausgeführten Musterbeispielen. Von Dr.-Ing. O. Israel, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Dresden. (Bd. 11.)
- Erdbau, Stollen- und Tunnelbau.** Von Dipl.-Ing. A. Birk, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Prag. (Bd. 7.)
- Landstraßenbau einschließlich Trassieren.** Von Oberbaurat W. Euting, Stuttgart. (Bd. 9.)
- Hochbau in Stein.** Von Geh. Baurat H. Walbe, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Darmstadt. (Bd. 10.)
- Mechanische Technologie.** Von Dr. R. Escher, Prof. an der Eidgen. Techn. Hochschule zu Zürich. Mit 416 Fig. [VI u. 166 S.] 1918. (Bd. 6.) Stief geh. M. 3.60.

FÜR DIE ABTEILUNG TIEF- UND HOCHBAU

befinden sich in Vorbereitung:

- Baumechanik.** 2 Bde. Von Dr. A. Hertwig, Prof. a. d. Techn. Hochschule Aachen.
- Eisenbau.** Von Dr. A. Hortwig, Professor an der Techn. Hochschule Aachen.
- Eisenbetonbau.** Von H. Kayser, Prof. an der Techn. Hochschule Darmstadt.
- Brückenbau.** 2 Bände. Bd. 1: Holz-, Stein- und Eisenbetonbrücken. Von Geh. Hofrat Dr. M. Foerster, Prof. an der Techn. Hochschule Dresden. Bd. 1. Eiserne Brücken. Von Dr.-Ing. W. Gehler, Prof. a. d. Techn. Hochschule Dresden.
- Eisenbahnhochbau.** Von Direktionsrat A. Lebr, Ludwigshafen a. Rh.
- Hydrodynamik und Hydrometrie.** Von Geh. Hofrat M. Müller, Professor an der Technischen Hochschule Braunschweig.
- Hydrographie.** Von Dr. H. Gravelius, Prof. a. d. Techn. Hochschule Dresden.
- Stau- u. Wasserkraftanlagen.** 2 Bde. V. Regierungsbaumstr. Dr.-Ing. Rümelin.
- Binnenschiffahrtsanlagen.** 2 Bde. Von Regierungsbaumstr. Dr.-Ing. Rümelin.
- Baustoffkunde.** Von Geh. Hofrat Prof. Dr. M. Foerster Prof. an der Technischen Hochschule, Dresden.
- Hochbau in Holz.** Von Geh. Baurat H. Walbe, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Darmstadt.
- Wohnhausbau und Kleinsiedelungen.** Von Geh. Hofrat Dr. G. Löbke, Professor an der Technischen Hochschule Braunschweig.
- Der innere Ausbau.** Von Dr.-Ing. E. Michel, Prof. a. d. Techn. Hochsch. Hannover.
- Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Be- und Entwässerung.** Von Geh. Baurat Höpfer, Stadtbaurat in Kassel.
- Bau von Geschäftsbau- und Warenhäusern, Kontorbauern, Börsen, Banken, Krankenkassen, Markthallen.** Von Architekt G. H. Grell, Hamburg.
- Industriebau, Fabrikbau, Speicher, Hallen.** Von Dr.-Ing. R. Müller, Professor an der Technischen Hochschule Dresden.
- Landwirtschaftliche Bauten.** V. Dr. O. Stiehl, Prof. d. Techn. Hochsch. Berlin.
- Städtebau, Garten- und Friedhofskunst.** V. Stadtbaurat Strobel, Dortmund.
- Die baukünstlerische Gestaltung.** Von Architekt E. Högg, Professor an der Technischen Hochschule München.
- Bauzeichnen.** V. Hochschule München.
- Umrisse d. Baugewerkschaften.** an der Techn. Hochsch. München.
- Stuttgart.** Welt.
- Auf sämtliche Preise.** Mai 1920 100% Abhängen

Verlag von



10000297687

g und Berlin