

898951- KHW seri

Die
BAUMASCHINEN.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV. Band.

Unter Mitwirkung von

L. Franzius,

Oberbaudirektor in Bremen,

herausgegeben von

F. Lincke,

Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Dritte Abteilung. — 2. Lieferung.

XII. Kapitel.

Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser.

(Pneumatische Fundirungen. — Taucherei. — Hebungsarbeiten.)

Bearbeitet von

L. Franzius,

Oberbaudirektor in Bremen.

Mit 37 Holzschnitten und 4 lithographirten Tafeln.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1887.



III - 306602

Alle Rechte vorbehalten.

Handbuch der Baumaschinen.

Uebersicht des Inhalts der drei Abteilungen.

Erste Abteilung.

Einleitung. Von F. LINCKE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

- I. Kraftmaschinen.** Von F. LINCKE und E. BRAUER, Professoren an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- II. Triebwerke.** Von H. SCHELLHAAS, Maschinen-Ingenieur in Northwich, und A. KREBS, Maschinen-Ingenieur in Wiesbaden.
- III. Wasserhebemaschinen.** Von FR. NEUKIRCH, Civil-Ingenieur in Bremen.
- IV. Baggermaschinen.** Von H. BÜCKING, Bau-Inspektor in Bremen.
- V. Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen.** Von R. GRAEPEL, Bau-Ingenieur in Bremen, unter Mitwirkung von E. BÖTTCHER, Bau-Inspektor in Bremen.

Zweite Abteilung.

- VI. Hilfsanlagen für den Materialtransport und die Errichtung von Hochbauten.** Von DR. PRÖLL und SCHAROWSKY, Civil-Ingenieure in Dresden und Berlin, unter Mitwirkung von L. VON WILLMANN, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- VII. Apparate und Maschinen zur Herstellung von Tiefbohrlöchern.** Von Bergrat G. KÖHLER, Docent an der Königl. Bergakademie in Klausthal.
- VIII. Gesteinsbohrmaschinen.** Von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.
- IX. Abbohren von Schächten.** Von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.
- X. Schräg- und Schlitzmaschinen. Tunnelbohrmaschinen.** Von DR. PH. FORCHHEIMER, Docent an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Dritte Abteilung.

- XI. Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen.** Von F. POLAK, Technolog in Prag.
- XII. Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser. (Pneumatische Fundirungen. - Taucherei. - Hebungsarbeiten.)** Von L. FRANZIUS, Oberbaudirektor in Bremen.
- XIII. Hebemaschinen.** Von F. LINCKE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XIV. Maschinelle Hilfsmittel für Brückenbauten.** Von L. VON WILLMANN, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XV. Mörtelmaschinen.** Von ED. SONNE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XVI. Maschinen für den Bau und die Unterhaltung von Strassen.** Von ED. SONNE, Professor an der technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XVII. Ventilation von Tunnelbauten.** Von DR. PH. FORCHHEIMER, Docent an der Technischen Hochschule zu Aachen, unter Mitwirkung von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Anhang.

- XVIII. Elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung mit Berücksichtigung ihrer Anwendungen für Bauzwecke.** Von DR. O. FRÖLICH und Ingenieur E. RICHTER in Berlin.
- Anschliessend: **Sonstige Beleuchtungsmittel für Baustellen.** Von C. KOHN, Gasdirektor in Frankfurt a. M.
- XIX. Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.** Von M. RUDELOFF, Assistent der Königl. Mechanisch - technischen Versuchsanstalt in Berlin-Charlottenburg.

Inhalts-Verzeichnis

zu

Kapitel XII.

Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser.

(Pneumatische Fundirungen. — Taucherei. — Hebungsarbeiten.)

Bearbeitet von **L. Franzius**, Oberbaudirektor in Bremen.

Hierzu Tafel V—VIII und 37 Holzschnitte.

	Seite
§ 1. Einleitung. Historisches und Uebersicht	1
§ 2. Allgemeines über Wasserdruck, Luftdruck und Versorgung der Arbeiter	5
Statische Verhältnisse. S. 5. — Verhalten des Menschen in komprimirter Luft. S. 7. — Sanitäre Regeln. S. 8.	
A. Maschinelle Hilfsmittel zur pneumatischen Fundirung auf Caissons.	
§ 3. Die Form und Konstruktion der Caissons. Aufstellung und Absenkung	11
Caisson der Brücke von Marmande. S. 19. — Fundirung der Schelde-Kais in Antwerpen. S. 21. — Leuchtturm der Wesermündung. S. 23.	
§ 4. Luftbeschaffung. (Kompressoren. — Betrieb. — Zuleitung. — Luftbedarf.)	26
§ 5. Luftschleusen und Einsteigeschächte für Arbeiter	29
§ 6. Einrichtungen zur Förderung von Materialien. (Förderschleusen. — Bagger. — Sand- pumpen. — Sandgebläse.)	34
I. Förderschleusen 36	
II. Materialförderung mittels Baggereinrichtungen 43	
III. Anwendung von Sandpumpen und Sandgebläsen 45	
§ 7. Erleuchtung. Signale. Besondere Vorschriften	49
B. Taucherglocken und Taucherschächte.	
§ 8. Aeltere und neuere Taucherglocken.	52
Toselli's Taucherapparat (Taupe-marine). S. 53. — Toselli's Taucherapparat Neptun. S. 54.	
§ 9. Taucherschächte und Taucherschiffe	55
Hersent's Taucherschacht zu Brest. S. 57. — Fundirungs-Taucherschacht von Moreau und Montagnier. S. 58. — Zerlegbarer Taucherschacht. S. 59.	
§ 10. Tauchertunnel und ähnliche Vorrichtungen	61
Taskin's Tauchertunnel. S. 61. — Pneumatischer Tunnelbau zwischen New-York und New-Jersey. S. 62. — Gefrierverfahren von Poetsch. S. 65.	
C. Apparate für Einzeltaucher.	
§ 11. Luftbeschaffung und Zuführung	67
Luftpumpen. S. 67. — Luftschläuche. S. 70. — Luftreiniger. S. 70.	
§ 12. Taucheranzüge und Luftreservoirs	71
Luftornister mit Regulator. S. 71. — Der Taucheranzug mit Helm. S. 73. — Hoch- druck-Taucherapparat. S. 76. — Taucheranzug von Tasker. S. 77. — Apparate von Schwann und von Fleuss. S. 78.	
§ 13. Hilfsapparate und Bedienung des Tauchers	79
Verhaltensmaßregeln für Einzeltaucherei. S. 80. — Unterseeische Fernrohre. S. 82. — Unterseeische Lampen. S. 83. — Signalfeuer. S. 84.	

D. Hebung schwerer Gegenstände, insbesondere gesunkener Schiffe aus dem Wasser.

	Seite
§ 14. Allgemeines.	85
§ 15. Greifapparate.	85
Favre's Greifschere. S. 86. — Zangen von Toselli. S. 86.	
§ 16. Hebungsverfahren.	87
Vollpumpen mit Luft. Großer Kurfürst, S. 88. — Benutzung von Ebbe und Flut. S. 88. —	
Schraubenwinden. S. 89. — Carsten's Luftballons. S. 89. — Raydt's Hebeballons mit	
Kohlensäurefüllung. S. 90.	

Litteratur.

A. Maschinelle Hilfsmittel zur pneumatischen Fundirung auf Caissons	92
B. Taucherglocken und Taucherschächte. — C. Apparate für Einzeltaucher	93
D. Hebung schwerer Gegenstände, insbesondere gesunkener Schiffe aus dem Wasser.	94
E. Felsensprengung und Verschiedenes	94
Deutsche Reichspatente	95

I. Einleitung

II. Maschinelle Hilfsmittel zur pneumatischen Fundirung auf Caissons

III. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

IV. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

V. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

VI. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

VII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

VIII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

IX. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

X. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XI. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XIII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XIV. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XV. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XVI. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XVII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XVIII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XIX. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XX. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXI. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXIII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXIV. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXV. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXVI. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXVII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXVIII. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXIX. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XXX. Anwendung von Sandpumpen und Zerkleberpumpen

XII. Kapitel.

Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser.

(Pneumatische Fundirungen. — Taucherei. — Hebungsarbeiten.)

Bearbeitet von **L. Franzius**, Oberbaudirektor in Bremen.

Hierzu Taf. V—VIII und 37 Holzschnitte.

§ 1. Einleitung, Historisches und Übersicht. Das nachstehende Kapitel fasst eine Anzahl anscheinend von einander entfernt liegender Gegenstände zusammen, die jedoch sowohl hinsichtlich des Zwecks als auch der Mittel eine nahe Verwandtschaft besitzen.

Der Zweck der in der Überschrift genannten Apparate ist, unter Wasser oder in der Erde, wo Wasserandrang zu befürchten ist, Arbeiten zu verrichten oder zu ermöglichen. Diese Arbeiten sind hauptsächlich Fundirungsarbeiten oder Vorbereitungen zu Fundirungen und nur selten für sich stehende Aufgaben, wie zum Beispiel Hebungen von schweren Gegenständen, nämlich Steinen, Schiffen etc. Der dem vorliegenden Werke über »Baumaschinen« als 4. Bande des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften gesteckten Begrenzung gemäß sind aber nicht diese Arbeiten selbst näher zu beschreiben, sondern nur insoweit als nötig ist, um die Wirkungsweise der Apparate zu veranschaulichen. Dem entsprechend ist hier zum Beispiel keine Schilderung der Fundirungsarbeiten zu suchen, sondern es ist für diese auf den 1. Band des Handbuchs zu verweisen. Wie die Beschreibung der einzelnen Apparate ergeben wird, ist ferner der gleiche Zweck oft mit verschiedenen Apparaten zu erreichen, wobei die zweckmäßigste Wahl von den jeweiligen Umständen abhängen muss.

Die Mittel, auf welchen die Anwendbarkeit der vorgenannten Apparate beruht, sind, mit Ausnahme der nur zur Hebung bestimmten, im wesentlichen die Verdrängung des Wassers durch komprimierte Luft und die Versorgung der unter Wasser beschäftigten Arbeiter mit frischer atmosphärischer Luft. Beide Mittel werden bald gleichzeitig und untrennbar von einander angewandt, bald aber vereinzelt oder vorwiegend nur nach der einen oder der anderen Beziehung.

Um aber Wasser in großer Tiefe durch Luft zu verdrängen und um den daselbst arbeitenden Menschen die nötige Atmungsluft zu verschaffen, ist vor allem die Luftkompressionspumpe (auch schlechthin Luftpumpe oder Kompressor genannt), ferner die Herstellbarkeit und Anwendung wasserdichter Zeuge und Dichtungsmittel für alle Kommunikationsöffnungen unumgänglich nötig gewesen. Erst die bequeme und sichere Herstellung und Anwendung dieser Maschinen und Stoffe hat die moderne Taucherkunst zu einer vor wenig Decennien kaum geahnten Vollendung und Bedeutung für das Bauwesen erhoben.

Außer der atmosphärischen Luft sind in neuester Zeit auch für einzelne hier zu besprechende Aufgaben noch andere expandirende Gasarten, wie zum Beispiel Kohlensäure zur Verdrängung des Wassers oder reiner Sauerstoff zur Speisung des menschlichen Organismus, zur Anwendung gekommen.

Es möge hier zunächst eine kurze historische Übersicht über die Entwicklung der zum Arbeiten unter Wasser erfundenen Apparate Platz finden.

Da der Mensch nicht imstande ist, wie Fische und Weichthiere, die im Wasser enthaltene geringe Luft einzusatmen, so ist es den geübtesten Tauchern auch nur möglich, etwa bis 2 Minuten ohne künstliche Mittel, mit Hilfe der vorher eingeatmeten Luftmenge unter Wasser zu bleiben. Je größer die Tiefe, desto schwieriger wird der Aufenthalt wegen des Druckes auf den Körper und desto nachteiliger bei häufigem Tauchen. Die einfachsten und ältesten künstlichen Hilfsmittel zur Verlängerung des Atmens sind ein vor den Mund gehaltener, ölgetränkter Schwamm und nach Aristoteles (32. Buch der Probleme) ein über den Kopf gestülpter Kessel gewesen. Daneben haben zur Beschleunigung des Untersinkens an die Füße gebundene Steine gedient, welche beim Auftauchen abgeworfen wurden.

Die wahrscheinlich zu Ende des 13. Jahrhunderts erfundene und verschiedenen Erfindern zugeschriebene Taucherglocke, wie sie von Fr. Baco von Verulam 1645 in dessen »Novum Organon« (Buch II. Art. 50.) beschrieben ist, kann wegen mangelnder Luftzuführung nur als eine Vergrößerung jenes Kessels angesehen werden.

Erst zu Anfang des 18. Jahrhunderts, 1716, erfand Halley die selbständige Luftzuführung zur Taucherglocke. Sie geschah teils bei geringer Tiefe durch Blasebälge, teils aber bei großer Tiefe bis zu 6 m durch luftgefüllte Fässer, welche neben der Glocke abgesenkt wurden und ihren Inhalt in diese einströmen ließen.

Die direkte und kontinuierliche Luftzuführung mittels der Luftpumpe und damit eine sicherere praktische Verwendung der Taucherglocke rührt von Smeaton i. J. 1779 her, der sie außerdem aus Gusseisen herstellte, wengleich nur in einer Größe, dass gerade 2 Mann darunter Platz hatten. Die Glocke hing an einem Krangerüst und wurde bei dem Bau des Hafens in Ramsgate zuerst benutzt. Sie ist, abgesehen von der Größe, übrigens der noch jetzt gebräuchlichen Glocke völlig gleich.

Einzeltauchapparate sind zwar reichlich so alt wie die Glocke, haben sich jedoch in ihrer brauchbaren Anordnung erst später entwickelt. So teilt Leopold in seinem *Theatrum pontificiale* (Leipzig 1726) einen schon vor 1511 erfundenen, den Taucher völlig umschließenden und oben in einen Luftschlauch endigenden Anzug mit und erwähnt ferner, dass 1715 ein Taucher in einem am oberen Ende helmartigen Anzuge 1 Stunde lang getaucht habe.

Einen ähnlichen, von Klingert i. J. 1797 erfundenen Taucheranzug beschreibt Hagen¹⁾ und führt an, dass der Erfinder mit Hilfe des Anzugs in der Oder bei Breslau einen starken Baumstamm durchgesägt habe. Der Anzug besteht im wesentlichen aus zwei in Schulterhöhe verbundenen kupfernen Cylindern, wovon der obere in einem Kugelsegment endigend den Kopf umgab und Glasfenster enthielt, während der andere den Rumpf des Tauchers umschloss. Beide wurden durch einen von außen übergezogenen und durch Klemmringe angepressten wasserdichten Lederschlauch, an welchem sich Ärmel befanden, verbunden. Über den unteren Cylinder wurde von unten her eine Lederhose gezogen und an den oberen Schlauch gedichtet. Die Ab- und Zuführung der Luft geschah durch zwei bis über Wasser reichende und durch Spiralfedern ausgesteifte Lederschläuche, wovon der erstere direkt auf dem Kopfstück mündete, wogegen der andere durch dieses hindurchging und ein vom Taucher beim Ausatmen mit dem Munde zu erfassendes Mundstück besaß. Die nötige Belastung geschah mit Gewichten.

Nach dieser, die wesentlichen Stücke der neuen Taucheranzüge aufweisenden Erfindung sei nur noch der Taucheranzug von James erwähnt, welcher ebenfalls speciell von Hagen beschrieben und namentlich dadurch beachtenswert ist, dass er zum Ersatz der direkt zugeführten frischen Luft ein Reservoir mit komprimierter Luft in Form eines schraubenförmig um den Rumpf gewundenen kupfernen Rohres enthält. Der Taucher wurde also hierbei zeitweilig ganz unabhängig von der Luftpumpe, die nur zur Füllung des Reservoirs diente.

Die weiteren Vervollkommnungen der Einzeltaucher-Apparate sind bei deren specieller Beschreibung in den §§ 11—13 angegeben.

Wesentlich rascher als Taucherglocke und Einzeltaucherapparate haben sich endlich die zur Absenkung von Schächten und besonders zu Fundirungen gebräuchlichen und noch in fortwährender Vervollkommnung befindlichen Apparate entwickelt.

Im Jahre 1841 konstruirte der französische Minen-Ingenieur Triger zum Abteufen eines Kohlenschachtes einen cirka 1 m weiten cylindrischen, oben mit einer Luftschleuse versehenen Schacht, der mehrere Arbeiter aufnehmen konnte, und trieb mittels eingeblassener komprimierter Luft das Wasser unten aus demselben heraus, sodass die Arbeiter den Boden ausheben konnten. Der Schacht wurde durch eine sehr wasserreiche, etwa 20 m starke Sandschicht bis auf 30 m Tiefe abgesenkt.

Im Jahre 1843 benutzte der Engländer Pott zur Absenkung von gusseisernen Rohren zu Brückenpfeilern anfangs ein durch Luftsaugepumpen in einem größeren Behälter hergestelltes und durch geeignete Verbindung plötzlich auch auf den Raum im Rohre wirkendes Vakuum, wodurch sich der in dem Rohre befindliche Boden hob und dann entfernt wurde; später vervollständigte er die Methode durch Einschaltung eines kleineren saugenden Gefäßes innerhalb des Pfeilerrohres.

Sein für den Bau der Medway-Brücke bei Rochester in Aussicht genommenes Verfahren wurde im Jahre 1851 wegen der Schwierigkeit, welche die im Boden befindlichen Steine und Holzmassen verursachten, verlassen und dafür von Cubitt und Hughes das Triger'sche Verfahren angewandt. Es wurden dabei oben in den cirka 2,15 m weiten gusseisernen, mit Flanschen im Innern verbun-

¹⁾ Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. 2. Teil. 3. Band. S. 48. Berlin 1874. 3. Aufl.

denen Rohren je zwei kleine Luftschleusen angebracht, zwischen denen ein Kran sich befand, der die Kübel aus der Tiefe hob und sie in eine der beiden Schleusen stellen konnte. Diese hatten dazu seitlich eine Thüre und oben horizontale Öffnungen. Sollte ein gefüllter Kübel entleert werden, so würde die Schleuse von dem unteren Rohre aus mit komprimirter Luft gefüllt, der Kübel hineingestellt, die Thür wieder verschlossen, nach Ablassung der komprimirten Luft aus der Schleuse die obere Klappe geöffnet und der Kübel durch diese hindurch mit einer Winde gehoben, entleert und wieder in die Schleuse gesenkt. Das im Cylinder befindliche und wegen des dichten Untergrundes nicht durch den Luftdruck unten entweichende Wasser wurde durch ein aufwärts geführtes Heberrohr, dessen kurzer Schenkel in das äußere Wasser tauchte, entfernt, wobei sich die Notwendigkeit eines Verschlusses dieses Rohres, sobald es unten nicht mehr ins Wasser tauchte, sofort geltend machte. Zur Überwindung des Reibungswiderstandes des durch die komprimirte Luft aufwärts gedrückten Cylinders wurde derselbe mit außen angebrachten Gewichten belastet.

Hiermit waren die wesentlichsten Stücke der pneumatischen Fundirung in Anwendung gekommen, worauf diese Methode sehr bald und zwar zunächst durch Brunel 1850/52 an der Brücke über den Wye bei Chepstow, 1853/56 an der Tamarbrücke bei Saltash und 1857 durch Cézanne an der Theißbrücke bei Szegedin weiter zur Geltung gebracht und vervollkommenet wurde.

Nach dieser kurzen Entwicklungsgeschichte der vorzugsweise auf Verwendung komprimirter Luft beruhenden Kunst, unter Wasser zu arbeiten, ist die Verwandtschaft der verschiedenen Methoden unzweifelhaft eine große. Es ist auch in gewissen Fällen vorher nicht leicht zu sagen, ob die Anwendung zum Beispiel von Einzeltauchern oder eines Taucherschachtes zur Beseitigung von Schiffahrtshindernissen auf dem Grunde eines schiffbaren Gewässers vorteilhafter sein wird, sowie es ferner zweifelhaft sein kann, ob der Pfeiler einer Brücke auf pneumatischen und definitiv als Fundament dienenden Caissons oder unter einem glockenartigen und nach der Aufmauerung jedes Pfeilers wieder zu entfernenden Taucherschachte zu erbauen ist. Selbst Einzeltaucher würden unter Umständen für Fundirungszwecke die Anwendung eines pneumatischen Caissons ersetzen können.

Für die systematische Beschreibung ist es jedoch notwendig, eine möglichst übersichtliche und verständliche Trennung vorzunehmen, wobei aber von einer chronologischen Reihenfolge abgesehen werden muss.

Es mögen demnach von einander unterschieden werden solche Caissons, welche als integrierender Teil einer Fundirung gelten müssen oder auf welchen das betreffende Bauwerk ruht, von denjenigen Caissons, unter welchen die eigentliche Fundirungsarbeit vorgenommen wird und welche nach Vollendung derselben wieder entfernt werden. Letztere Art von Caissons, die mit den Taucherglocken die größte Verwandtschaft haben, sollen mit diesen zu einer Gruppe zusammengefasst und zur Unterscheidung von den eigentlichen Fundamentcaissons Taucherschächte genannt werden. Die erstere, wengleich später erfundene Gruppe möge deshalb voranstehen, weil nach ihrer Beschreibung die der zweiten Gruppe sehr erleichtert wird, was bei umgekehrter Anwendung nicht in entsprechendem Maße der Fall sein würde.

Da die von oben besteigbaren Taucherschächte in vielen Fällen die größte Ähnlichkeit besitzen mit den aus der alten Taucherglocke hervorgegangenen

neueren Art derselben, so sind beide zu einer Gruppe vereinigt. Neben diesen beiden Gruppen muss selbständig die der Einzeltauchapparate bestehen, da diese in ihrer Konstruktion wenigstens kaum noch mit den Gliedern der anderen Gruppen verwandt sind. Ihre Anwendbarkeit ist von größter Mannigfaltigkeit und bedingt daher auch sehr verschiedene Einrichtungen. An dieser Gruppe ist vorzugsweise die praktische Herstellung des Details von Interesse und von besonderer Schwierigkeit, weshalb nur wenige Fabrikanten sich mit derselben befassen und sich meistens ihre Einrichtungen patentieren lassen. Es liegt daher hier dem Bau-Ingenieur fast nie die Aufgabe vor, eine solche Einrichtung seinerseits zu projektieren oder auszuführen, wie dies bei den vorigen Gruppen fast im vollen Umfange möglich ist, sondern es genügt meistens eine genaue Kenntnis der Apparate, um über ihre Anschaffung entscheiden und ihre zweckmäßige Benutzung überwachen zu können.

Endlich war noch eine Anzahl von Apparaten zum Heben schwerer Gegenstände unter Wasser zu beschreiben, welche zwar größtenteils nur wenig Verwandtschaft mit den Apparaten der schon erwähnten Gruppen besitzen, aber oft mit denselben in Gemeinschaft oder in Konkurrenz treten. Sie schließen sich am nächsten den Einzeltauchapparaten an.

Somit hat sich nachstehende Einteilung ergeben:

- A. Maschinelle Hilfsmittel zur pneumatischen Fundirung auf die zur Absenkung des Bauwerks dienenden Senkkästen oder Caissons.
- B. Taucherglocken, Taucherschächte und Tauchertunnel.
- C. Einzeltauchapparate.
- D. Apparate zur Hebung schwerer Körper unter Wasser.

§ 2. Allgemeines über Wasserdruck, Luftdruck und Versorgung der Arbeiter. (Statische Verhältnisse. – Verhalten des Menschen in komprimierter Luft. – Sanitäre Regeln. – Beschaffung, Kühlung und Reinigung der Luft. – Kommunikation. – Beleuchtung.) Bei allen hier in Frage kommenden Apparaten gilt zunächst das hydrostatische Grundgesetz, dass jeder freischwimmende Körper ebensoviel wiegt wie das im Gleichgewichtszustande von ihm verdrängte Wasser.

Genügt also in einem besonderen Falle die Menge des verdrängten Wassers nicht, um Gleichgewicht herzustellen, so muss der fragliche Apparat aufgehängt werden, wenn er nicht eben in bestimmten Augenblicken sinken soll.

Bei der Verdrängung des Wassers kommt die eingeschlossene Luft zur Mitwirkung. Da Luft bei mittlerem atmosphärischen Druck etwa 800 mal leichter ist als Wasser, so darf selbst bei einer Kompression auf 4 Atm. das Gewicht der eingeschlossenen Luft gegen das des verdrängten Wassers vernachlässigt werden. So lange die glockenartigen Räume der Taucherglocke, des Taucherschachtes, des Fundirungskastens und selbst der zwischen dem Anzug und dem eigenen Körper des Tauchers eingeschlossene Luftraum mit Luft, gleichviel welcher Pressung, gefüllt sind, wird der Auftrieb des Ganzen um das volle Gewicht der durch diese Luft verdrängten Wassermenge vermehrt. Sobald jedoch die offene Glocke oder der Schacht, Kasten etc. auf festem Boden aufsteht und die Luft nicht mehr frei unter dem Rande derselben, wie im offenen Wasser, entweichen kann, so wirkt nicht allein die Gewichts-differenz zwischen eingeschlossener Luft und dem von ihr verdrängten Wasser als Auftrieb, sondern es kommt noch der vertikale Druck der

komprimierten Luft, insoweit als er den Druck der äußeren Wassersäule überschreitet, gegen die größte Horizontalprojektion der Glocke als aufwärtstreibende Kraft hinzu.

Wenn der Druck der freien Atmosphäre, als neutral, nicht weiter mit in Betracht kommt, so ist offenbar nur der Überdruck der komprimierten über den einfachen Atmosphärendruck maßgebend. Es ist klar, dass bei einigen Atmosphären Überdruck dieser Auftrieb so groß werden kann, dass selbst schwerbelastete Caissons nicht mehr sinken wollen, wenn nicht zeitweilig der Luftdruck in denselben ermäßigt und vielleicht ganz mit dem äußeren Atmosphärendruck ausgeglichen wird. Umgekehrt erklärt sich danach ebenso einfach die oft beobachtete Erscheinung des plötzlichen starken Sinkens eines Fundierungscaissons bei zufälligem Entweichen einer größeren Luftmenge.

Diese Erscheinung des Auftriebs durch die Spannung der komprimierten Luft, sowie die wichtigsten bei der Gewinnung derselben zu beobachtenden Thatsachen ergeben sich aus dem Mariotte'schen Gesetz, wonach Elasticität und Dichtigkeit der Luft der sie zusammendrückenden Kraft direkt, dem Volumen aber indirekt proportional sind, vorausgesetzt, dass dabei die Temperatur konstant bleibt.

Diese Fähigkeit der Luft, nach erfolgter Kompression vermöge ihrer Elasticität eine dem Grade der Kompression entsprechende Spannung anzunehmen, bewirkt den nach allen Richtungen sich gegen die Begrenzungsflächen geltend machenden entsprechenden Gegendruck. Wird also Luft der einfachen atmosphärischen Spannung auf die Hälfte ihres ursprünglichen Volumens komprimiert, so besitzt sie 2 Atm. Spannung oder 1 Atm. Überdruck. Bei fortschreitender Kompression auf ein Drittel, ein Viertel des alten Volumens entsteht eine Spannung von 3, 4 etc. Atm. oder ein Überdruck beziehungsweise von 2 und 3 Atm.

Hierbei ist konstante Temperatur vorausgesetzt, also angenommen, dass die bei der Kompression stattfindende Temperaturerhöhung der Luft und hieraus resultierende Druckzunahme durch Abkühlung wieder aufgehoben worden sei.

Dieser Überdruck ist also imstande, aus allen in den Begrenzungsflächen etwa vorhandenen Öffnungen das neben der Luft etwa sich befindende Wasser hinauszudrücken und das äußere Wasser fernzuhalten, soweit jene Öffnungen sich in einer Wassertiefe befinden, welche kleiner ist, als die dem Überdruck entsprechende. Da nun der Wasserdruck mit rund je 10 m Tiefe um je 1 Atm. zunimmt, so kann Luft von 1, 2, 3 etc. Atm. Überdruck das Wasser in 10, 20, 30 etc. m Tiefe verdrängen, während die absolute Spannung der Luft 2, 3, 4 etc. Atm. beträgt.

Weil aber fast bei allen Apparaten der fraglichen Art und zwar sowohl den pneumatischen Caissons und Taucherschächten als auch den Taucheranzügen oft sehr beträchtliche Widerstände gegen die Bewegung des wegzudrückenden Wassers zu überwinden sind, zum Beispiel wenn der Caisson tief in dichtem, wenig durchlässigem Boden steckt und das Wasser durch die geringen Poren entweichen muss, so genügt zur Verdrängung des Wassers meistens nicht jener einfache, offenes Wasser und direkte Berührung zwischen Wasser und Luft voraussetzende Überdruck, sondern es muss derselbe um ein jenen Widerständen entsprechendes Maß vergrößert werden. Dieses Maß wird Widerstands-Überdruck, zuweilen auch schlechthin Überdruck genannt, indem dabei zugleich der Druck auf die jeweilige Wassertiefe und nicht auf den Druck der freien Atmo-

sphäre bezogen wird. Wie groß dieser Widerstands-Überdruck sein muss, kann nur im einzelnen Falle durch Erfahrung ermittelt werden, und ist daher auch bei den einzelnen Apparaten näher zu besprechen.

Die Anwendbarkeit aller auf Komprimierung der Luft beruhenden Apparate ist aber noch durch einen Faktor bedingt und begrenzt, die Fähigkeit der Menschen, in komprimierter Luft zu leben und zu arbeiten. Bei den Einzeltauchern, unter Umständen und in beschränktem Maße auch bei der Taucherglocke, kommt zwar außerdem noch die Widerstandsfähigkeit des Menschen gegen Wasserdruck in Frage.

Erfahrungsmäßig wirkt schon bei mäßigen Tiefen der Druck des Wassers auf die Blutcirkulation und die Atmung erschwerend. In größerer Tiefe und bei kaltem Wasser tritt bald völlige Erstarrung der Glieder ein. Ein längeres Tauchen ohne Anzug ist daher überhaupt und besonders in warmem Wasser unmöglich. Die Einatmung einer der Wassertiefe entsprechend komprimierten Luft hebt dagegen zunächst den einseitigen Druck auf die Brust auf, erhöht die Atmungsthätigkeit und die Blutcirkulation und erwärmt somit den ganzen Körper. Da außerdem die Luft bei ihrer Kompression erwärmt wird (siehe § 4), so befindet sich der von Luft umgebene Einzeltaucher hinsichtlich des Luftdrucks fast ganz in der nämlichen Lage wie der in einem pneumatischen Caisson oder in einer Taucherglocke beschäftigte Arbeiter. Letzterer hat jedoch bei gleicher Tiefe und gleichem Luftdruck die leichtere Bekleidung, freiere Beweglichkeit und die Gesellschaft der Mitarbeiter vor dem Einzeltaucher voraus, der, in steifem und schwerfälligem Anzuge steckend, fast jede Bewegung mit einer großen Mühe und daneben mit vorsichtiger Überlegung machen muss und stets die Empfindung hat, hinsichtlich seiner Sicherheit fast ganz auf sich allein angewiesen zu sein. Es ist daher leicht einzusehen, dass von einem Einzeltaucher nicht dieselbe Arbeitsleistung erwartet werden kann, wie von einem unter gleichem Druck beschäftigten Arbeiter unter einer geräumigen Glocke. Im allgemeinen beschränkt sich schon deshalb die Thätigkeit der Einzeltaucher mehr auf Leistungen des Kopfes oder besonders geschickter Hand, zum Beispiel Untersuchungen, Anbringung von Verbindungen durch Haken, Seile, Schrauben etc., wogegen langdauernde Handarbeit nur in selteneren Fällen verlangt wird.

Das Arbeiten in den unter A und B beschriebenen Senkkästen und Taucherschächten unterliegt dagegen völlig gleichartigen Bedingungen. Nur wird mit den ersteren meistens eine größere Tiefe angestrebt, sodass der Luftdruck schließlich größer wird als bei letzteren. Andererseits beschränkt sich die Arbeit in den ersteren fast nur auf Beseitigung des Bodens und die schließliche Ausfüllung des Hohlraumes mit Beton oder Mauerwerk, wogegen unter den neueren Taucherschächten neben jenen Arbeiten auch die Herstellung kunstgerechten Mauerwerks bezweckt wird. Aber in beiden Fällen können die Arbeiter sich völlig frei bewegen und sich soweit nötig gegenseitig unterstützen.

Bei den meisten pneumatischen Fundirungen sind nun Beobachtungen über das Verhalten der Arbeiter gemacht und daraus allmählich ziemlich sichere Erfahrungssätze gewonnen worden. Dieselben beziehen sich vorzugsweise auf die Dauer, während welcher noch ohne Nachteil bei den verschiedenen Tiefen gearbeitet werden kann. Dagegen sind die größten Tiefen bis jetzt nur mit Einzeltauchapparaten erreicht worden und ist also mit diesen die Grenze festgestellt, bis zu welcher

überhaupt der Mensch den höheren Luftdruck erträgt. So sollen im mittelländischen Meere bis 51 m und in einem kanadischen See bis 52 m mit Hilfe der Einzeltauchapparate getaucht sein, jedoch in beiden Fällen mit offenkundiger Lebensgefahr. Während diese Zahlen wohl die äußerste Möglichkeit angeben, wird fast übereinstimmend von Beobachtern längerer Arbeiten eine Tiefe von 40 m oder ein Überdruck von 4 Atm. als das praktisch höchstens zulässige Maß bezeichnet.

Indem nun für das eigenartigere Einzeltauchen erst bei dessen spezieller Beschreibung noch besondere Regeln zum Schutz der Tauchenden nachfolgen sollen, mögen schon hier die für alle Arbeit in komprimierter Luft gültigen und für die unter A und B beschriebenen Apparate im allgemeinen ausreichenden sanitären Regeln folgen.

Die von Professor Friedberg im Handbuch des öffentlichen Gesundheitswesens von Dr. H. Eulenburg, Bd. 2, aufgestellten Vorschriften sind auszüglich im Centralblatt der Bauverwaltung, Dezbr. 1882, mitgeteilt. Aus diesen, sowie aus den von Brennecke²⁾ im Jahre 1884 empfohlenen Regeln mögen die wichtigsten hier folgen.

Es dürfen nur durchaus gesunde Personen, möglichst im Alter von 20 bis 50 Jahren, zugelassen werden. Neigung zu Kongestionen, insbesondere zum Gehirn, Herzfehler, aber auch vorübergehende Unpässlichkeit machen die Arbeit gefährlich. Wer bei mehrmaligem Versuch an Ohrenschmerzen oder Brustbeklemmungen leidet, ist untauglich. Die Arbeiter dürfen vor Beginn der Arbeit Speise und Trank nur in geringer Menge, blähende Speisen und geistige Getränke gar nicht genießen, auch nicht ganz nüchtern sein und müssen sich jeder Unregelmäßigkeit enthalten. Die Arbeitsschichten sind mit steigendem Druck zu verkürzen. Brennecke empfiehlt folgende Dauer excl. Durchschleusung:

bis circa	1 $\frac{3}{4}$ Atm.	Überdruck	2 mal	täglich	4 Stunden,
von	1 $\frac{3}{4}$ bis	2 $\frac{1}{2}$ „	„	„	3 „
„	2 $\frac{1}{2}$ „	3 „	„	„	2 „
„	3 „	3 $\frac{1}{2}$ „	„	„	1 Stunde.

Nur in den dringendsten Fällen sollten Arbeiter einem größeren Überdruck als 3 $\frac{1}{2}$ Atm. ausgesetzt werden.

Bei nur einmaliger Schicht kann die Dauer nur wenig verlängert werden, weil sich die Widerstandsfähigkeit darüber hinaus rasch vermindert. Es muss den Arbeitern an jedem Tage mindestens einmal ohne Unterbrechung 8 Stunden Zeit zum Schlafen gelassen werden. Zu empfehlen ist, dass die Arbeiter nahe der Baustelle wohnen.

Sehr beachtenswert ist das langsame Ein- und Ausschleusen und zwar ist auch dabei die Höhe des Druckes maßgebend. Für das Einschleusen sind mindestens 8 Min. für jede Atm. Überdruck zu rechnen. Die Arbeiter haben dabei durch Niederschlucken von Speichel und Öffnung der eustachischen Röhre, indem sie Mund und Nase geschlossen halten und Luft auszuatmen suchen, die

²⁾ L. Brennecke. Wie kann man bei pneumatischen Fundirungen mit hohem Luftdruck die Gefahren für die Gesundheit der Arbeiter mindern? Deutsche Bauzeitg. 1884. No. 30, 32 u. 33. — Vorsichtsmaßregeln bei Arbeiten in komprimierter Luft. Centralbl. d. Bauverwtg. 1882. S. 442. — H. Wagner. Über das Arbeiten in komprimierter Luft. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preuß. Staate. 1878.

Druckausgleichung thunlichst zu bewirken. Für das Ausschleusen ist namentlich bei höherem Druck mehr Zeit zu geben und zwar nach Brennecke

bis zu 1	Atm.	5	Min.	bis zu 2 $\frac{1}{2}$	Atm.	35	Min.
„	„	1 $\frac{1}{2}$	„	10	„	„	„
„	„	2	„	20	„	3	„
						50	„
						75	„

Die möglichst reine komprimierte Luft muss vor der Einleitung in den Arbeitsraum auf 18° C. abgekühlt sein (siehe S. 26. Kühlung der Luft); auch sind die Luftschleusen vor Sonnenstrahlen zu schützen. Die Luftzuführungsrohre sind thunlichst bis in den Arbeitsraum zu führen, damit auch die Arbeiter möglichst viel frische Luft bekommen und die verbrauchte thunlichst allein abströmt. Während und namentlich nach der Arbeit sollen nur wollene Kleider getragen und vor dem Ausschleusen gewechselt werden. Bei Nässe ist durchaus wasserdichtes Schuhwerk nötig. Gegen Gliederschmerzen sind warme Bäder und Abwaschungen zu empfehlen und im Winter am besten täglich zu gebrauchen.

Da die bedenklicheren Störungen der Gesundheit wahrscheinlich infolge zu großer Zufuhr von Sauerstoff zum Blute entstehen, so empfiehlt Brennecke, diese Zufuhr auf ein geringes Maß zu beschränken und zwar dadurch, dass der Luft ein Teil des Sauerstoffgehaltes entzogen wird. Dazu würde nach seiner Ansicht die Luft schon vor der Kompression durch Verbrennung sauerstoffarm zu machen, die dabei entstehende Kohlensäure aber durch Kalk zu binden sein. Auch könnte den Luftpumpen zum Teil reiner Stickstoff zugeführt werden.

Die neben diesen sanitären Regeln zu beobachtenden rein technischen oder mechanischen Vorsichtsmaßregeln sollen bei den betreffenden Apparaten besprochen werden.

Hinsichtlich der Luftbeschaffung ist im allgemeinen nur wenig zu sagen, indem die für die einzelnen Apparate in Frage kommenden Luftpumpen einer speciellen Beschreibung bedürfen, soweit diese nicht durch Hinweis auf schon bekannte Maschinen hier überhaupt entbehrlich ist.

Eine exakte Vorherberechnung des erforderlichen Quantum ist für sämtliche fragliche Apparate ausgeschlossen. Am genauesten würde sie noch bei den Einzeltauchern erfolgen können, da die Luft hierbei in erster Linie zur Versorgung der Menschen dient; doch hat bei dem verhältnismäßig unbedeutenden und meist von Menschenhand ausgeführten Betriebe der hier gebräuchlichen, in § 11 beschriebenen Luftpumpen eine Vorherberechnung gar keinen Wert. Bei den großen, für das Absenken von Fundirungseisens gebräuchlichen und fast stets durch Dampfkraft getriebenen Kompressoren ist zwar die Leistungsfähigkeit derselben genau bestimmbar, dagegen das Bedürfnis ihrer Leistung vorher unbestimmt. Dies wird in § 4 näher zu besprechen sein und zwar gemeinschaftlich für die zu den Gruppen A und B gehörenden Apparate.

Von den allgemeinen Erfordernissen ist zunächst anzuführen: absolut sichere Zuleitung oder Verbindung zwischen Luftpumpe und Verbrauchsstelle der komprimierten Luft, wobei es auf gesicherte Lage im einzelnen und gegeneinander, sowie auf möglichst vollkommene Luftdichtigkeit der Leitungen auch bei gewissen vorhergesehenen und selbst unvorhergesehenen Bewegungen oder Verschiebungen der Objekte gegeneinander ankommt. Eine Unterbrechung der Leitung würde in manchen Fällen sehr gefährlich werden können, muss aber dennoch zu aller Sicher-

heit als möglich angenommen und thunlichst durch geeignete Sicherheitsmaßregeln unschädlich gemacht werden.

Ferner muss die zuzuführende Luft da entnommen werden, wo sie möglichst frei von allen den Atmungsorganen schädlichen oder lästigen Beimischungen ist. Es ist dies auf größeren Bauplätzen, wo oft mancherlei stauberregende Arbeiten vorkommen, zum Beispiel Mahlen von Trass, Bearbeitung von Quadern, oder in der Nähe von rauchentwickelnden Feuerungsanlagen nicht immer ohne Schwierigkeit zu erreichen. Wo die Beschaffung absolut reiner Luft nicht gesichert ist, müssen Reinigungsapparate eingeschaltet werden.

Endlich ist noch bei allen Luftpumpen in Betracht zu ziehen, dass sich die Luft bei der Kompression zunehmend erwärmt. Hierdurch können sowohl gewisse Maschinenteile durch Steigerung der Erwärmung in bedenklichem Maße angestrengt und unbrauchbar werden, als auch die auf die zugeführte Luft angewiesenen Arbeiter in gesundheitswidriger Weise leiden. Es müssen deshalb in allen Fällen die Luftpumpen ihrer selbst wegen und, wo nicht wie bei Einzeltauchern das umgebende Wasser die Kühlung der bereits komprimierten Luft ohne weiteres besorgt, außerdem die Zuleitungen im Interesse der Arbeiter künstlich gekühlt werden.

Zur Sicherheit des Lebens der Arbeiter sowie eines geregelten Betriebes sind fast bei allen Apparaten gewisse, thunlichst bequem zu handhabende Verbindungen zwischen den unter Wasser liegenden Arbeitsräumen und der äußeren Umgebung notwendig. Nur bei der alten Taucherglocke, in die man von unten hineinstieg, oder bei den Einzeltauchapparaten fallen solche Verbindungswege fort und besteht daselbst nur eine Signalverbindung, worüber bei der speciellen Beschreibung Näheres folgt. Die Caissons, Taucherschächte und neueren Taucherglocken besitzen nun meistens einen von der Oberfläche des Wassers bis zum unteren Arbeitsraum reichenden Schacht mit Leitern oder Treppen, welcher luftdicht abzuschließen ist, solange der höhere Luftdruck unten erhalten werden muss. Um trotzdem den Schacht als Verbindungsweg benutzen zu können, ergibt sich die Notwendigkeit, dass der Verschluss nach dem Principe einer Kammerschleuse eingerichtet ist. Es gehört also stets eine sogenannte Luftschleuse mit mindestens zwei hinter oder übereinander liegenden Thüren oder Klappen zur Herstellung eines jederzeit praktikablen Verbindungsweges.

Diese Luftschleusen sind nun ebenso notwendig, wenn nur Arbeiter hindurchpassiren sollen, als wenn von innen nach außen oder umgekehrt Materialien irgend welcher Art zu befördern sind, so lange eben der höhere Luftdruck besteht und der doppelte Verschluss nicht dauernd oder zeitweilig durch eine dem Luftdruck entsprechende Wassersäule ersetzt wird. Dabei hängt es nun von den speciellen Bedingungen des ganzen Apparates ab, ob solche Schleusen nur für Menschen beziehungsweise für Material oder zum Gebrauch für beide gleichzeitig oder nacheinander dienen sollen.

Das richtige Funktioniren aller einzelnen Teile wird durch eine Menge verschiedener Kontrollapparate gesichert, worunter das in seinen verschiedenen Arten als bekannt vorauszusetzende Manometer den wichtigsten Platz einnimmt.

Von den zur Erleuchtung der entweder völlig dunklen Räume oder der nur sehr schwach erhellten größeren Wassertiefen dienenden Einrichtungen sind neuerdings fast alle älteren unvollkommenen Hilfsmittel durch das elektrische Licht und die transportablen Submarine-Lampen verdrängt worden.

A. Maschinelle Hilfsmittel zur pneumatischen Fundirung auf Caissons.

§ 3. Die Form und Konstruktion der Caissons. Aufstellung und Absenkung. Über die Form und Konstruktion der Caissons muss zunächst auf Kap. VII im 1. Band des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften verwiesen werden und zwar namentlich hinsichtlich der Bedeutung der Caissons als Fundament von Bauwerken. Für den vorliegenden Band des Handbuchs dagegen kommt im wesentlichen nur in Frage, wie und mit welchen maschinellen Hilfsmitteln diese Caissons zur Absenkung zu bringen sind. Dabei müssen nun Form und Konstruktion derselben kurz besprochen werden.

Im § 1 ist erwähnt, dass eiserne und zwar gusseiserne Cylinder die älteste Form gebildet haben; dieselbe ist zwar für Brückenpfeiler fast ganz verlassen, nachdem man es sparsamer fand, nur den unteren Teil, den eigentlichen Arbeitsraum mit komprimirter Luft zu füllen, den oberen Teil dagegen auf der Decke des unteren Caissons aufzumauern. Hierbei kann entweder der Caisson schon auf dem Grunde aufstehen oder noch im Wasser hängen und von Gerüsten aus getragen werden. Wenn aber die Höhe des Wasserspiegels häufigen und bedeutenden Schwankungen unterliegt, so werden auch jetzt noch zur Sicherung eines gleichmäßigen Fortganges der Aufmauerung vom unteren Caisson ab bis zu einer gewissen Höhe Blechwände, sogenannte Mantel- oder Verkleidungsbleche, als Fangdämme hinaufgeführt, die nach entsprechender Beendigung der Maurerarbeiten oft zum Teil wieder entfernt werden. Durch diese Blechwände gewinnt das Ganze wieder ein ähnliches Aussehen und in mancher Beziehung ein gleiches Verhalten wie die ältesten pneumatischen Cylinder. Es kommt namentlich bei genügender Wasserdichtigkeit der Wände der Auftrieb des luftgefüllten Raumes gegen das umgebende Wasser in Betracht. Dieser Auftrieb gestattet unter anderem die Weglassung tragender Gerüste und besonderer Absenkungsvorrichtungen und den einfachsten Transport des abzusenkenden Caissons von dem Ort der Herstellung nach dem der Absenkung.

Außerdem wird der Reibungswiderstand gegen das Einsinken in kompakten Erdboden sehr durch Mantelbleche verringert und damit das Absenken rascher, billiger und sicherer gemacht.

Bezüglich der Konstruktion herausziehbarer, wieder verwendbarer Fundirungsmäntel ist auf das System von Gebr. Klein, A. Schmoll und E. Gärtner³⁾ hinzuweisen, welches, ebenso wie das System Cottrau⁴⁾ darin besteht, den unteren Mantelrand in einer durch zwei Flachschienen gebildeten Rille mittels Kautschukdichtung stumpf auf den oberen Caissonrand stoßen zu lassen.

³⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1877. Heft 10. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877. Heft 10. — Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. No. 16. — Techn. Blätter 1885. Heft 1. — Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1885. No. 3 u. 4.

⁴⁾ Bei der Herstellung der Quai-Bauten zur Tiber-Regulirung in Rom im Jahre 1882 angewendet.

An dem Caisson wird der Mantel durch Laschen mittels Schraubenbolzen befestigt, deren Muttern sich auf der dem unteren Arbeitsraume zugekehrten Seite befinden und für welche entsprechende Höhlungen im seitlichen Mauerwerk der Caissonwand ausgespart bleiben. Zur Wiedergewinnung des Mantels, möge derselbe nun aus Holz, Gusseisen oder Eisenblech konstruirt sein, brauchen nach Beendigung des in seinem Schutze erbauten Mauerwerks dann bloß die Schraubenmuttern entfernt, die Bolzen herausgestoßen und die Löcher verstopft zu werden, um den nun vom unteren Arbeitsraum abgetrennten Mantel in Teilen oder in seiner Gesamtheit mit Hilfe von Hebevorrichtungen herauszuziehen, welche auf dem fertig gestellten Mauerwerk oder auf seitlichen Gerüsten aufgestellt werden.

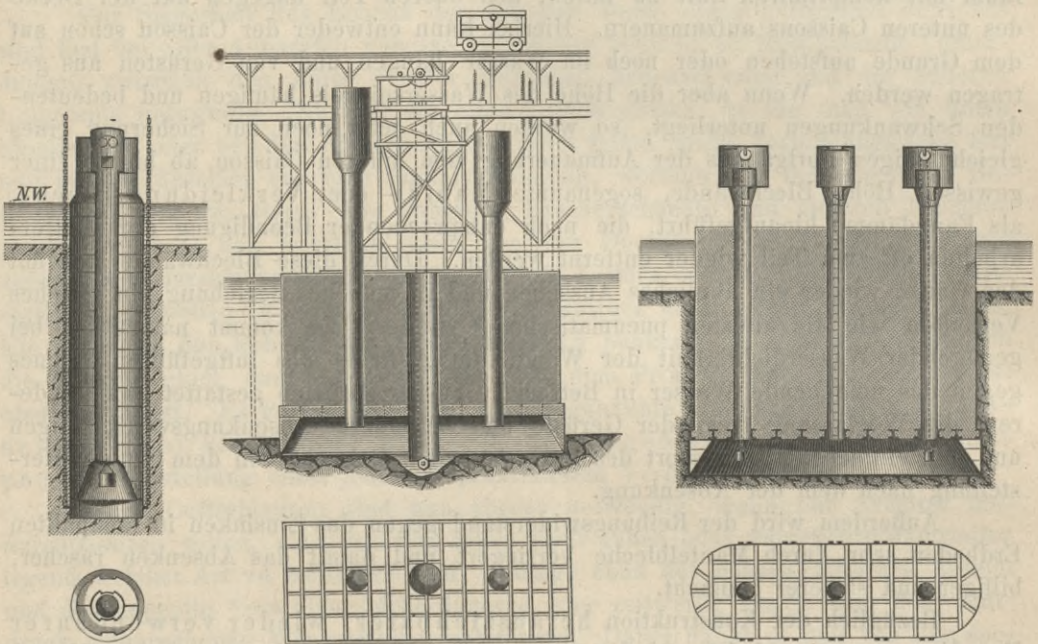
Das den Gebrüdern Klein, A. Schmoll u. E. Gärtner patentirte System bezieht sich speciell auf Fundirmäntel aus Eisenblech mit durchlaufenden Trennungsfugen, die es ermöglichen, durch Anwendung geeignet gestalteter Längsschienen sowohl die einzelnen Platten schnell und gut gedichtet mittels Scheiben aneinander zu fügen, welche mit hakenartigen Ansätzen versehen sind, als auch deren Trennung rasch und sicher zu bewirken. Bezüglich der näheren Details muss auf die Techn. Blätter 1885, Heft 1, verwiesen werden.

Dieses Caissonsystm kam unter anderem in den Jahren 1884/85 mit gutem Erfolge bei den pneumatischen Pfeilerfundirungen über die Drau nächst Bares (Bares-Pakraczer Lokal-Eisenbahn) bei Tiefen bis zu circa 15,75 m in der Erde zur Anwendung.

Fig. 1 u. 2.

Fig. 3 u. 4.

Fig. 5 u. 6.



Hinsichtlich der eigentlichen Konstruktion der Caissons lassen sich nun folgende Hauptarten unterscheiden:

a. Gusseiserne Caissons mit cylindrischer Verlängerung bis über Wasser. Beispiel: Brücke zu Argenteuil 1862; siehe Fig. 1 u. 2.

b. Ganz schmiedeiserner, insbesondere aus Blech und Walzeisen hergestellter Caisson ohne aufgesetzte Blechwand. Beispiele: Brücke zu Königsberg 1866, Fig. 3 u. 4, und Brücke zu Stendal 1868, Fig. 5 u. 6.

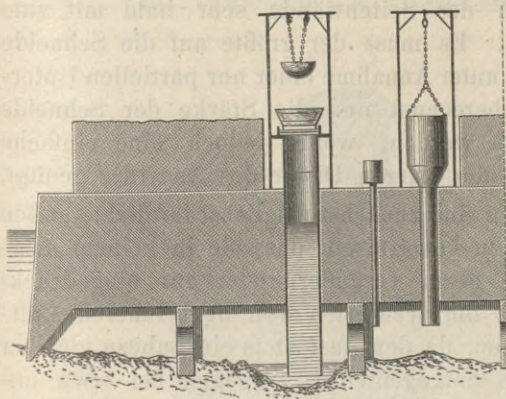
c. Dieselbe Konstruktion, jedoch mit aufgesetzter Blechwand. Beispiel: Leuchtturm in der Wesermündung, Fig. 7—10, Taf. VII.

d. Ganz oder vorwiegend hölzerner Caisson. Beispiel: Brücke über den East River 1870; siehe Fig. 7.

e. Dieselbe Konstruktion, jedoch mit aufgesetzter Blechwand. Beispiel: Brücke über den Mississippi bei St. Louis; siehe Fig. 8 u. 9.

f. Gemauerter Caisson, dessen unterer Rand nur aus Schmiedeeisen hergestellt ist. Beispiel: Brücke über die Parnitz bei Stettin 1866; siehe Fig. 10 u. 11 auf folgender Seite.

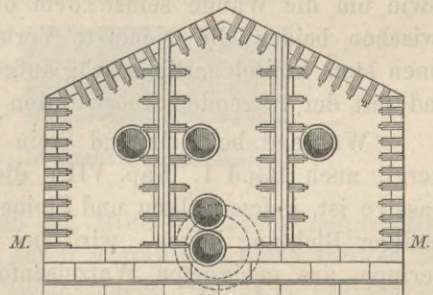
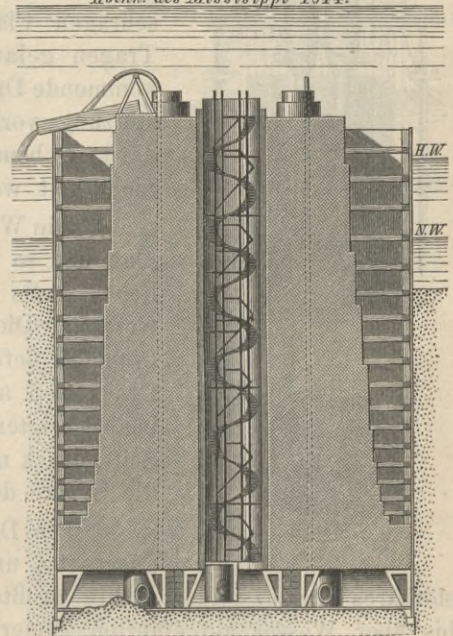
Fig. 7.



Die Wahl zwischen den verschiedenen Arten von Caissons hängt von dem darauf zu erbauenden Bauwerke, seiner Ausdehnung, Belastung, sodann von der Lage, insbesondere von den örtlichen Wasserverhältnissen und endlich von dem am billigsten zu beschaffenden Baumaterial in so hohem Maße ab, dass andere Rücksichten wenig dagegen ins Gewicht fallen. So mögen der bequemen Aufstellung wegen und weil sie dort in jeder Richtung genügen, für leichtere Brücken in Indien oder Ägypten gusseiserne cylindrische Pfeiler mit unten befindlicher Glocke am zweckmäßigsten sein, während man für große Brücken in eisführenden Strömen schwere gemauerte und auf möglichst einheitlichen großen Caissons stehende Pfeiler vorziehen wird. Ferner sind in manchen Gegenden Nordamerikas hölzerne Caissons billiger als schmiedeiserne, während in Europa fast überall das Umgekehrte der Fall ist. Die aus Stein gemauerten Caissons ersparen bis auf die untere Schneide fast ganz die teure und nach der Absenkung fast wertlose Eisenkonstruktion der eisernen Caissons. Aber sie erfordern fast unbedingt, wenigstens bei offenem Wasser, eine Absenkung mittels Gerüst und Tragketten und sind wegen der rauhen Außenseite vorzugsweise nur in losem Erdboden zu verwenden.

Fig. 8 u. 9.

Höhm. des Mississippi 1844.

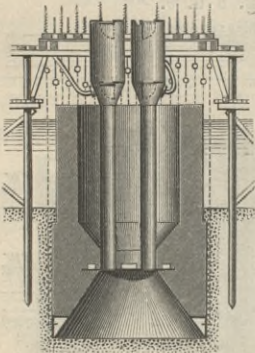


während in Europa fast überall das Umgekehrte der Fall ist. Die aus Stein gemauerten Caissons ersparen bis auf die untere Schneide fast ganz die teure und nach der Absenkung fast wertlose Eisenkonstruktion der eisernen Caissons. Aber sie erfordern fast unbedingt, wenigstens bei offenem Wasser, eine Absenkung mittels Gerüst und Tragketten und sind wegen der rauhen Außenseite vorzugsweise nur in losem Erdboden zu verwenden.

Gewisse durch Theorie und Erfahrung bestimmte Konstruktionsregeln sind nun allen genannten Caissonarten gemeinsam.

Die Schneide oder der untere Rand muss zum Durchdringen des Bodens nur eine mäßige Breite, zugleich aber eine solche Stärke haben, dass sie nicht zerdrückt und verbogen wird, wenn zeitweilig das Gewicht des Bauwerks allein auf ihr ruht, wie dies zum Beispiel bei zufälligem oder beabsichtigtem Auslassen der komprimierten Luft der Fall sein kann. Die Gefahr der Zerdrückung wird dann bei festem Boden sehr viel größer als bei weichem, weil bei letzterem die meistens schrägen Flächen der Seitenwände sehr bald mit zum Tragen gelangen. Es muss der größte auf die Schneide kommende Druck unter Annahme einer nur partiellen Unterstützung vorher berechnet und die Stärke der Schneide darnach bemessen werden, wobei jedoch eine einfache Sicherheit wegen der kurzen Dauer des Angriffes genügt.

Fig. 10 u. 11.



Die Wände sind zunächst möglichst luftdicht, außen glatt und so fest zu konstruieren, dass sie in keinem möglichen Falle ihre Form verändern oder gar eingedrückt werden. Dies ist am wenigsten von dem inneren Luftdruck zu befürchten, da dem fast stets ein nahezu gleicher Druck von außen entgegenwirkt, wogegen bei etwa unbeabsichtigtem Entweichen des inneren Luftdrucks der äußere Seitendruck nebst dem Druck der Decke und ihrer Belastung die Stärke der Wände sehr in Anspruch nimmt.

Die Decke ist denselben oder ähnlichen Angriffen ausgesetzt und muss mit den Wänden ein absolut unzerstörbares Ganzes bilden. Ihre größte Beanspruchung ist durch das Gewicht des bis über Wasser aufgeführten Mauerwerks bei nicht bereits mit Beton etc. ausgefüllter und nicht mit komprimierter Luft angefüllter Glocke sicher zu berechnen. Um die freie Weite ihrer Längs- und Querdimensionen möglichst zu verringern, sowie um die Wände selbst, dem oben Gesagten gemäß, stark zu erhalten und zwischen beiden die sicherste Verbindung zu gewinnen, sind die Wände nach innen stets konsolenartig schräg aufgeführt, gleichviel ob in Eisen, Holz oder Stein, und mit der tragenden Konstruktion der Decke fest verbunden.

Während bei Holz und Stein nach in den Fig. 1—6 dargestellten Beispielen (vergl. auch Band I, Kap. VII.) die Konstruktion der Wände und Decken eine massive ist, indem Balken und Steine dicht aufeinander und nur in möglichst zweckmäßiger Richtung liegen, wird bei Eisenkonstruktionen im wesentlichen erst ein Gerippe aus geeigneten Walzeisenformen hergestellt, das mit dicht genieteten Blechen, bei den Wänden zur Verminderung der Reibung an der Außenseite, bei der Decke aber an der Innenseite geschlossen und endlich in den Hohlräumen mit Mauerwerk oder Beton ausgefüllt wird. Diese Ausfüllung hat den doppelten Zweck, sowohl das Gewicht gegen Auftrieb zu vergrößern, als auch die Dichtigkeit der Verbindungsstellen gegen das schädliche Entweichen der komprimierten Luft zu vervollständigen.

Zu den aus Stein hergestellten Caissons gehören auch die bei dem Bau von

Schleusen und Ufermauern eines Hafenbassins bei Rochefort⁵⁾ im Jahre 1882 angewandten Brunnen, welche nur dann nachträglich mit einer luftdichten festen Decke und einem pneumatischen Apparate versehen und gesenkt wurden, wenn wegen besonderer Widerstände das Absenken mittels einfacher Ausschachtung unter Wasserhaltung nicht mehr genügenden Fortgang zeigte. Die in Fig. 12 u. 13 dargestellten, in einer Zahl von 142 hergestellten Brunnen maßen außen 8 und 5 bis 6 m, innen 4 und 1,6 m im Querschnitt und mussten 16 bis 29 m gesenkt werden. Die meisten wurden selbst in letzterem Falle ohne Schwierigkeit gesenkt; alsdann wurde jedoch die seitliche Reibung zu stark und bei gesteigertem Wasserschöpfen das Auftreiben des Triebandes im Innern des Brunnens zu bedeutend.

Fig. 12.

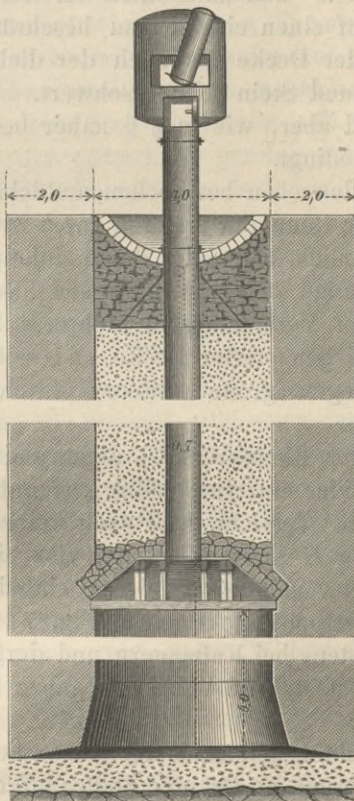
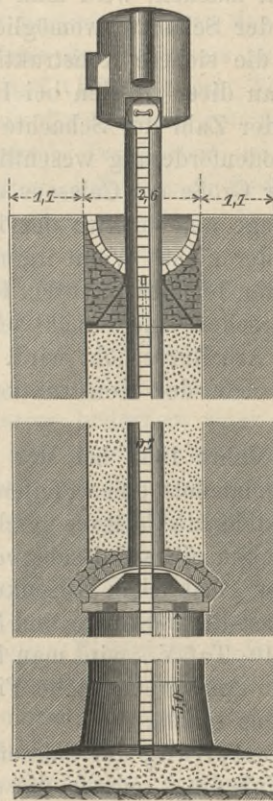


Fig. 13.



Die Herstellung einer Decke geschah alsdann mit Hilfe der zuvor ausgesparten Widerlagsflächen und einfacher Holzrüstung durch Aufführung eines starken Gewölbes. In der Mitte desselben wurde ein Bleeschacht von 0,7 m Durchmesser eingesetzt und der Raum um denselben bis auf etwa 3 m von der Oberkante des Brunnens mit Beton vollgestampft. Der obere Teil des Bleeschachtes kann mit der Schleuse abgenommen werden und ist von festem wasserdichten Mauerwerk umgeben, welches oben muldenförmig gestaltet ist und mit Wasser bedeckt wird.

⁵⁾ Centralbl. d. Bauverwltg. 1884. S. 232. »Gründung von Kaimauern auf Brunnen,« nach Ann. des ponts et chaussées, 1884. Februarheft.

Die Mulde gestattet die Lösung des Schachtes; das Wasser dient zur Belastung und gibt außerdem durch aufsteigende Blasen etwaige Undichtigkeit der Decke an. Der ganze innere Hohlraum unter der Decke einschließlich der Gewölbelaibung muss mit Cement verputzt werden, um die komprimierte Luft vom Entweichen durch das Mauerwerk abzuhalten.

Offenbar hat die allgemeine Konstruktionsart der Caissons, ob in Eisen, Holz oder Stein, einen wesentlichen Einfluss auf die in den folgenden Paragraphen besprochene Anordnung der Kommunikationsschachte. Während man nämlich bei einer schmiedeisernen Decke in der Anbringung von größeren und kleineren Schächten kaum eine merkliche Schwierigkeit findet, also die Zahl derselben nicht beschränkt, wenn der Betrieb des Absenkens und sonstige Rücksichten eine größere Zahl erwünscht machen, wird man bei Holz- und namentlich bei Steinkonstruktionen die Zahl der Schachte womöglich auf einen einzigen zu beschränken suchen. Denn sowohl die sichere Konstruktion der Decke als auch der dichte Anschluss der Schachte an diese werden bei Holz und Stein sehr erschwert. Von der Anordnung und der Zahl der Schachte wird aber, wie in § 6 näher beschrieben ist, die Art der Bodenförderung wesentlich bedingt.

Von der Größe der Caissons und den oben besprochenen Rücksichten hängt sodann die Frage ab, ob etwa der innere Raum der ersteren durch Zwischenwände zu teilen ist oder nicht. Wenn irgend tunlich, sollte der Raum einheitlich bleiben, weil die Arbeiten leichter in ihrem Fortgange zu kontrolliren und alle Hindernisse besser zu übersehen sind, auch bei dem Vorhandensein mehrerer Schachte die Sicherheit der Arbeiter erhöht wird. Bei gemauerter Decke und selbst bei Holzcaissons muss man der Konstruktion wegen große Caissons durch Querwände teilen.

Die im Jahre 1859 bei der Kehler Rheinbrücke⁶⁾ angewandte Zerlegung des ganzen Fundaments eines Pfeilers in vier einzelne, völlig getrennte, aber dicht nebeneinanderstehende Caissons geschah aus Vorsicht, weil noch keine Erfahrungen über das Absenken eines Caissons von der Gesamtgröße jener vier einzelnen vorlagen. Seit der glücklichen Absenkung der ungleich größeren einheitlichen Caissons für die East-River-Brücke und Mississippi-Brücke (siehe Fig. 7, 8 u. 9, S. 13, sowie Fig. 8—10, Taf. V.) wird man höchstens bei Kaimauern und dergleichen, wie zum Beispiel in Antwerpen (siehe Fig. 3 u. 4, Taf. VII.), das ganze Bauwerk auf einzelne Caissons setzen.

Die Herstellung der Caissons richtet sich nach der Konstruktion und der Örtlichkeit. Unbedingt müssen die steinernen an Ort und Stelle aufgemauert werden, während alle anderen je nach Umständen ebenfalls am Orte selbst oder aber an einer anderen Stelle aufgebaut und alsdann meistens schwimmend herangebracht werden.

Kann man den Caisson im Trockenen, wie zum Beispiel für Pfeiler, die nicht im eigentlichen Stromschlauche stehen, am Orte der Versenkung aufbauen, so ist dies wohl stets die einfachste und billigste Methode.

Muss die Absenkung schon von Anfang an im Wasser geschehen, so wird besonders zu unterscheiden sein, ob das Wasser an der betreffenden Stelle seicht

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1860. S. 7.

oder tief ist und ob in letzterem Falle eine genügende Kommunikation mit dem entfernt liegenden Herstellungsorte vorhanden ist.

Bei seichtem Wasser kann der Caisson nicht schwimmend herangebracht werden, muss also über dem Wasser schwebend auf einem Gerüste zusammengesetzt und von demselben mit Ketten abgesenkt werden.

Bei tiefem Wasser und wenn außerdem der Caisson mit Mantelblechen zum Schwimmen eingerichtet ist, kann derselbe meistens vorteilhaft am festen Ufer, vielleicht auf einem vorhandenen Fabrikplatze hergestellt, dann zu Wasser an die Versenkungsstelle transportirt und endlich oft dort ohne besonders starke und teure Gerüste soweit abgesenkt werden, dass er auf dem Grunde aufsteht und keiner Tragketten bedarf. Sind mehrere Caissons in dieser Weise zu behandeln, so wird der Vorteil um so größer.

Für den schwimmenden Transport kommt es neben der Form und der Stabilität des Caissons vorzugsweise auf die Natur des Gewässers an, ob etwa der Caisson zwischen zwei Prahmen eingeklemmt und vielleicht zum Teil von diesen getragen oder ganz frei schwimmen soll. Wenn die Caissons von festen Gerüsten abgesenkt werden müssen, so geschieht dies mittels Tragketten, an deren oberen Enden sich Schraubenspindeln befinden. Letztere sollen nach Bedürfnis sinken, ohne sich zu drehen, müssen also in drehbaren Muttern ruhen. Diese dürfen andererseits ihre Höhenlage nicht verändern und liegen auf Unterlagsplatten von Metall, sodass die Reibung zwischen Mutter und Platte möglichst gering wird.

Die Unterlagsplatte wird von den Balken des Gerüstes so getragen, dass die Spindel und Kette freie Bewegung finden. Wird nun die Mutter mit Hilfe eines Schlüssels oder eines dessen Stelle vertretenden Apparates richtig gedreht, so sinkt die Spindel. Bei schweren Caissons bedarf es einer großen Anzahl Schrauben, wenn diese nicht übermäßig stark sein und die Unterstützungspunkte nicht unzumutbar weit von einander entfernt liegen sollen; bei leichten genügen dagegen etwa sechs. Ihre größte Anspannung muss sorgfältig zuvor berechnet und danach ihre Stärke mit genügender Sicherheit auch für gewisse Zufälligkeiten, wie Neigung der Caissons zu plötzlichem Sinken, Erschütterungen etc. bemessen werden.

Die Senkung mittels Tragketten braucht übrigens nicht tiefer zu geschehen, als bis der Caisson genügenden Widerstand gegen Einsinken findet, sodass auch die Aufmauerung mindestens mit dem Sinken gleichen Schritt halten kann.

Um die Länge der teuren Spindeln einzuschränken, sind die Ketten so eingerichtet, dass nach einer gewissen Absenkung die Verbindung zwischen den einzelnen Spindeln und Ketten in einer zweckmäßigen Reihenfolge gelöst, die Spindeln um das Maß eines Kettengliedes hinaufgedreht und in die entstandenen Lücken neue Kettenglieder eingeschaltet werden können. Dieses Auslösen und Einschalten muss selbstverständlich vorgenommen werden, wenn nicht gerade eine Senkung des Caissons vor sich geht. Da die Tragketten aus bestem Eisen oder Stahl bestehen und großen Wert haben, so sucht man sie nach genügend vorgeschrittener Absenkung des Caissons thunlichst in ganzer Länge wieder heraufzuziehen, wozu die Verbindung mit dem Caisson so eingerichtet wird, dass sie vom Inneren desselben aus zu lösen ist. Dies geschieht am besten so, dass der Verbindungsbolzen in den Caisson hineingezogen oder geschraubt und die Öffnung in der Caissonwand durch einen bereit gehaltenen Pflock schnell gedichtet wird, ehe zu viel Luft entströmt.

In dieser Weise wurde bei dem Bau der Parnitz-Brücke⁷⁾ mit Erfolg verfahren.

In Fig. 13—16, Taf. VII, ist die bei der Kehler Rheinbrücke und der Königsberger Pregel-Brücke⁸⁾ gebrauchte Absenkungsvorrichtung dargestellt. Der mit einem Teil des Mauerwerks die Ketten zeitweise mit 400 t belastende, 14,74 m lange Caisson der letzteren Brücke wurde von 32 paarweise an den Langseiten des Caissons angebrachten Ketten getragen. Die untere Verbindung der Ketten mit dem Caisson war hierbei jedoch noch nicht lösbar eingerichtet. Jedes der gabelförmig gestalteten 39 mm starken Kettenglieder hatte an seinem Ende Ösen zum Durchstecken eines 52 mm starken Bolzens mit Vorsteckkeil und Splint. Von den 32 Ketten hatte die Hälfte und zwar von jedem Paare eine durchweg 1,88 m lange Glieder, während die andere Hälfte mit je einem 0,94 m langen Gliede versehen war. Dabei blieb an jedem Aufhängepunkte die eine Kette gespannt, während die andere um ein Glied verlängert und die abgelaufene Spindel wieder hinaufgedreht wurde.

Die unten mit einer Öse versehene, 3 m lange und 54 mm dicke Schraubenspindel war auf 2,2 m mit rechteckigem Gewinde von 22 mm Steigung versehen. Die Spindeln hingen in 196 mm hohen Muttern aus Kanonenmetall, von denen jedes Paar eine gemeinsame gusseiserne Unterlagsplatte hatte. Die Auflagerfläche jeder Mutter war etwas sphärisch, um bei etwaiger Schwankung des Caissons oder des Gerüsts die Spindeln nicht zu verbiegen. Die Muttern hatten der Höhe nach drei verschieden geformte Teile (siehe Fig. 15, Taf. VII); der oberste, 130 mm hohe war sechseckig, der mittlere, 26 mm hohe war rund und wurde von einem das Ende des Drehschlüssels bildenden oberen Bügel umfaßt. Der unterste, 58 mm hohe Teil war rechteckig und diente zur Aufnahme eines schmiedeisernen Sperrrades mit 18 Zähnen.

Der Drehschlüssel besaß noch einen gleichgeformten unteren Bügel, der den rund bearbeiteten oberen Absatz der Grundplatte umfaßte, sodass das Sperrrad zwischen den beiden Bügeln des Schlüssels lag. Zwischen diesen beiden Bügeln waren ferner zwei rechts und links aufschlagende Sperrklinken mit Stahlfedern, die durch Excentriks ein- und ausgerückt werden konnten. Wurde nun der mit 1,88 m langem Hebel versehene Schlüssel nach der einen oder anderen Richtung gedreht, so musste wie bei einer Bohrknarre eine der Sperrklinken zur Wirkung kommen und sich die Spindel heben oder senken. Um sämtliche Hebel und Schrauben gleichmäßig zu bewegen, waren die ersteren alle an ihren Enden durch eine Eisenstange in Verbindung gebracht; siehe Fig. 16, Taf. VII. Von jedem Ende dieser Stange ging ein Tau nach einer Erdwinde. Der größte Ausschlag eines Hebels war fixirt, sodass der Gang sämtlicher Spindeln genau derselbe war. Mit 5 Mann an jeder vollen und 1 Mann an jeder leeren Erdwinde konnte man die bis 400 t betragende Last in jeder Stunde um 235 mm senken.

In fast ganz gleicher Weise ist später die Absenkung der Pfeilerfundamente für die Eisenbahnbrücke über die Parnitz (Oder) bei Stettin⁹⁾ geschehen, wo auch

7) Die Fundirung der Eisenbahnbrücke über die Parnitz (Oder) in Stettin. Wochenbl. d. Arch. Ver. zu Berlin (später Deutsche Bauztg.) 1867. S. 161.

8) Löffler. Die Fundirung der Pregel-Brücke in Königsberg. Zeitschr. f. Bauw. 1866. S. 523.

9) Siehe Fußnote 7.

wie bei der Pregel-Brücke die Senkung durch offenes Wasser und weiches Moor hindurch erfolgen musste.

Bei leichteren Caissons, wie zum Beispiel dem in Fig. 17 u. 18, Taf. VII, dargestellten Taucherschacht, werden die Muttern auch direkt mittels eingesetzter Dreharme bewegt.

Um die etwaigen horizontalen Schwankungen eines noch ganz frei hängenden Caissons zu vermeiden und um außerdem den Druck der Schrauben mehr auf die direkt senkrecht unterstützten Teile des Gerüsts zu bringen, hat man hier wie bei einigen neueren Caissons die Schraubenspindeln und Tragketten etwas schräg und von beiden Seiten des Caissons nach unten konvergierend angebracht; siehe Fig. 6 u. 7, Taf. V, die Brücke zu Marmande¹⁰⁾.

Zu letzterem Caisson gehört die in Fig. 5, Taf. VII, im Detail dargestellte Schraubenvorrichtung. Die auf fast 3 m Länge geschnittene und 65 mm starke Schraubenspinde l hängt in einer der oben geschilderten ähnlichen Mutter, welche in einer kugelförmigen Vertiefung der Grundplatte ruht. Der untere Teil der Mutter trägt wieder das Sperrrad, der mittlere wird von dem Bügel des Drehhebels umfasst. An der Grundplatte der Mutter hängen vier je 20/50 mm dicke und 3 m lange Eisenstangen, welche zu je zweien unterhalb der Schraubenspinde l zu einem Bügel sich vereinigen, der durch zwei Schraubenbolzen mit dem gegenüberhängenden Bügel verbunden ist. Die Schraubenspinde l hat an ihrem glattgeschmiedeten unteren Ende einen Kreuzkopf, der das oberste doppelte oder gabelförmige Kettenglied trägt und ebenso wie ein zweiter etwas tiefer sitzender Kreuzkopf von den zwei Bügeln jener vier Stangen umfasst wird. Die letzteren geben wegen ihrer Konvergenz den Schraubenspindel n eine größere Sicherheit gegen Verbiegung und dienen ferner dazu, beim Einschalten der 1 m langen Kettenglieder während der Auslösung der Schraubenspinde l die Kette gespannt zu erhalten. Auf jede Schraubenspinde l kam ein größter Zug von 10353 kg, also bei obigem Durchmesser von 65 mm eine Beanspruchung von etwa 3 kg pro qmm.

Auf die zur Absenkung nötigen und gewöhnlichen Gerüste kann hier nicht näher eingegangen werden, indem schon in den Taf. V bis VII verschiedene solcher Gerüste dargestellt sind. Nur sei durch ein Beispiel, in welchem gleiche Caissons auf verschiedene Weise installiert und abgesenkt worden sind, der Vorteil der freien Absenkung gegenüber derjenigen mit Tragketten specieller erläutert.

Caisson der Brücke von Marmande.

Die Installirung und Absenkung der Caissons der von Marmande¹¹⁾ nach Mont-de-Marsan über die Garonne führenden Eisenbahnbrücke geschah in folgender Weise. Die vier Stropfpfeiler stehen 40,5 m von Mitte zu Mitte. Die Caissons für die zwei ersten derselben konnten vom rechten Ufer aus auf dem trockenen Kiesboden direkt aufgesetzt werden, wogegen der dritte, in Fig. 6 u. 7, Taf. VII, dargestellte von einem Gerüste mit Schrauben abgesenkt werden musste. Dieses Gerüst konnte sowohl mit dem rechten Ufer als auch mit dem vierten Pfeiler durch eine 7 m breite Arbeitsbrücke verbunden werden, welche zum Transport

¹⁰⁾ Fondations du pont de Marmande. Ann. d. ponts et chaussées. Tome V. 1883. 1. Sem. S. 92.

¹¹⁾ Ebenda.

aller Materialien etc. diente, während der Fluss zwischen dem vierten Pfeiler und dem linksseitigen Landpfeiler frei blieb. Am Ende der Arbeitsbrücke bei dem vierten Pfeiler wurden mit einem Laufkran schwere Gegenstände, wie zum Beispiel die Einsteigeschächte, Luftschleusen u. s. w. von Schiffen aus gehoben und den Pfeilern zugeführt. Während das Gerüst für den dritten Pfeiler nach der Querrichtung des Flusses (Fig. 7) zu beiden Seiten des Pfeilers zwei je 3 m entfernte Pfahlreihen besitzt, bestehen die je circa 7 m entfernten Zwischenjoche der Laufbrücke aus einfachen Pfahlreihen. Jenes Caissongerüst hat über der Bahn der Laufbrücke eine tüchtig verstreute, aufgeständerte Plattform, auf welcher die Schraubenmuttern für die sechs den Caisson tragenden Schraubenspindeln lagern. Um Schwankungen zu verhindern, sind die Spindeln von beiden Seiten des Caissons etwas schräg geneigt.

Nachdem von der unteren Dielung des Gerüsts aus der dritte Caisson im Innern mit etwa $\frac{2}{3}$ des zwischen den Wandkonsolen anzubringenden Mauerwerks ausgemauert war und danach etwa 62000 kg wog, wurde jene Dielung beseitigt und der Caisson mittels der Schraubenspindeln hinuntergesenkt. Die jedesmalige Senkung um die Länge eines Kettengliedes von 1 m dauerte $\frac{3}{4}$ Stunde und erforderte 5 Zimmerleute und 20 Arbeiter.

Wegen der Neigung des Flussbettes stand die rechtsseitige Kante des Caissons schon auf dem Kies, während die linksseitige Kante noch um etwa 0,3 m freihing. Es wurden die Schrauben an der ersteren Seite deshalb etwas früher entfernt als an der anderen.

Nach entsprechender Senkung des eigentlichen Caissons erfolgte die Anbringung der zwei Arbeitsschächte nebst Luftschleusen und der als Abdämmung für das obere Mauerwerk dienenden Blechwände, sowie die Einbringung des Betons zur Ausfüllung der Deckenbalken und des eigentlichen Mauerwerks.

Der vierte Caisson wurde für den bei gewöhnlichem Wasserstande etwa 5 m tief im Wasser stehenden vierten Pfeiler schwimmend an Ort und Stelle gebracht, zu welchem Zwecke die ersten zwei Ringe der oberen Blechwand von je 1 m Höhe vorher angebracht waren, wodurch die Schwimmfähigkeit des ganzen, 221 t schweren Körpers gesichert wurde.

Wenn der Caisson noch beim Flottwerden mit Luft gefüllt blieb, so bedurfte der an der Oberfläche 73 qm große Körper nur etwa 3 m Eintauchung, während im ganzen 4,7 m Höhe von der Unterkante der Schneide vorhanden war. Der Caisson wurde mit jenen oberen Blechwänden am Ufer auf einer hölzernen Unterlage montiert und von letzterer mit Wagenwinden über eine Art Helling wie ein Schiff bis ins tiefere Wasser geschoben. Dieser Helling bestand aus zwei parallelen, mit Eisen armierten Balken, welche mit einer Neigung von 1 : 7 etwa 6 m lang auf dem festen Grunde, aber mit ihren wasserseitigen Enden etwa 2,5 m über der Flußsohle lagen.

Sobald die Mittellinie des 7 m breiten Caissons die unterstützende Uferbank überschritt, kippte der Helling nach dem Flusse hin und ließ den Caisson völlig hinabgleiten. Dieses ganze Vonstapellassen dauerte kaum $\frac{3}{4}$ Stunden, kostete 120 Mark und nur den zehnten Teil der Kosten der Absenkung des dritten Caissons mit Schrauben. Der an seine Stelle gebrachte Caisson wurde durch vier daneben eingeschlagene und sodann mit der Arbeitsbrücke verbundene Pfähle, zwei oben und zwei unten, in seiner richtigen Lage erhalten.

Eine vorzügliche Methode, große Caissons in stark strömendem Wasser, wo auch das Anbringen fester Interimsgerüste beschwerlich ist, aufzustellen und in der ersten Zeit zu sichern, ist bei dem Bau der neuen Brücke über den Tay im Jahre 1884 in Anwendung gebracht worden und im Centralbl. d. Bauverwltg. 1885. S. 58 beschrieben. Es ist dies der »vierfüßige Prahm« oder ein aus Eisen konstruirtes rechteckiges, 20,5 m langes und 18,34 m breites, den betreffenden Pfeiler umfassendes Floss, an dessen Ecken vier der Höhe nach verschiebbare Beine sich befinden. Diese bestehen aus Blechröhren und besitzen oben einen hydraulischen Apparat, durch welchen nach ihrem festen Aufstehen auf dem Grunde das Floss beliebig über Wasser gehoben und namentlich der Wirkung der Wellen entzogen werden kann¹²⁾.

Fundirung der Schelde-Kais in Antwerpen.

Die für die Fundirung der Schelde-Kais in Antwerpen von den Unternehmern Couvreur & Hersent konstruirten, in Fig. 3 u. 4, Taf. VII, dargestellten Caissons¹³⁾ haben bei 9 m Breite eine Länge von 25 m mit einer der wechselnden Tiefenlage des festen Baugrundes entsprechenden Höhe von 2,6—5 m. Dieselben werden durch eine überall 1,9 m über der Unterkante angeordnete horizontale Decke in zwei Teile geteilt, von denen der untere als Arbeitsraum unter pneumatischem Druck, der obere nur als fester Mantel zum Arbeiten in freier Luft dient. Beide Caissontheile werden mit Beton gefüllt. Das Gewicht der Caissons betrug je nach der Höhe des festen Mantels 65—100 t. In der Trennungsdecke sind ein Einsteigerrohr mit Luftschleuse, sowie vier enge Rohre zum Einbringen des Betons angebracht.

Auf den breiten oberen Rand des festen Mantels, welcher überall 8 m tief unter Niedrigwasser abgesenkt ist, setzt sich ein beweglicher Mantel von gleicher Länge und Breite wie jener auf, welcher, mit ersterem wasserdicht verbunden, mit demselben gleichzeitig abgesenkt, aber nach Herstellung des in seinem Schutze aufgeführten und auf dem vorerwähnten Beton ruhenden Mauerwerks wieder gelöst und entfernt wird. Die Höhe des beweglichen Mantels betrug 12 m, weil die ordentliche Flut rund 4 m über Niedrigwasser steigt. Diese oberen Mäntel sind mehrfach an verschiedenen Stellen des Kais benutzt.

Die Caissons wurden am Ufer in besonderen Werkstätten montirt, zur Ebbezeit auf einer schiefen Ebene mit Winden ins Wasser gelassen und, nachdem sie durch die Flut flott geworden, zwischen zwei Pontons von je 26 m Länge und 5 m Breite gebracht. Auf jedem Ponton befindet sich ein schmiedeisernes Gerüst, welches mehrere Etagen enthält und in 13 m Höhe über Niedrigwasser mit dem Gerüst des Nachbarpontons durch sechs Binder fest verbunden ist.

An diesem ganzen möglichst gut ausgesteiften Gerüste wird der bewegliche Mantel an 12 Ketten in Flaschenzügen aufgehängt und so hoch gezogen, dass die Unterkante 1 m über dem Wasser schwebt. Genau darunter wird dann der Caisson geflößt und nach gehöriger Senkung des oberen Mantels mit demselben an seinem festen Mantelrand durch Schrauben zu einem Kasten verbunden. Alsdann werden

¹²⁾ Siehe »Schwimmende Gerüste« in Kap. XIV dieses Bandes.

¹³⁾ Nouvelles installations maritimes du Port d'Anvers. Notice sur les travaux projetés et les moyens employés pour leur exécution par A. Couvreur & H. Hersent. Bruxelles 1880. — Küttner. Der Hafen von Antwerpen. Zeitschr. f. Baukunde. 1880. S. 370. — Keller. Die neuen Schelde-Kais in Antwerpen. Centralbl. d. Bauverwltg. 1884. S. 129. — Ann. d. ponts et chaussées. 1882 II, S. 231. — Engineering. 1879 II, S. 380.

die Pontons mit dem Kasten über die zuvor ausgebaggerte Stelle der Flusssohle gebracht.

Der feste Mantel wird sodann in 0,7 beziehungsweise 3,1 m Höhe ausbetonirt, worauf das Mauerwerk aufgeführt wird, jedoch mit geringem Spielraum um alle Schächte, um selbige später herausziehen zu können, worauf die verbleibenden Hohlräume mit Beton gefüllt werden.

Erst nachdem sich durch das zunehmende Gewicht des Mauerwerks der Kasten bis nahe auf den Grund gesenkt hat, wird Luft in den unteren Arbeitsraum gepresst, um die an den Ketten hängende Last von circa 2000 t zu erleichtern und danach die genaue endgiltige Stellung des Kastens zu ermöglichen. Alsdann wird ein möglichst rasches Sinken herbeigeführt durch weiteres Aufmauern, Aufbringen von Ballast auf das Mauerwerk und Einlassen von Wasser in den Zwischenraum zwischen Mantel und Mauerwerk.

Die Beseitigung des Bodens geschieht durch den in § 6 beschriebenen Ejektor. Wie Fig. 3, Taf. VII, erkennen lässt, hängt dazu an der Decke des Caissons der Kasten, in welchen der Boden mit der Schaufel eingeworfen wird. In denselben mündet das Rohr, welches von einer auf dem Gerüst stehenden Pumpe Wasser zuführt, wodurch der außerdem mittels eines von Hand getriebenen Rührwerks zerkleinerte Boden breiartig aufgeweicht wird. Durch ein zweites vom unteren Teile des Erdkastens nach der Umfangswand des Caissons führendes Rohr wird die Erdmasse entfernt, sobald der für gewöhnlich geschlossene Hahn des Rohres geöffnet wird, indem der Überdruck der komprimierten Luft zur Wirkung kommt. Zur Entfernung der Erde unter dem Caisson bis 10,5 m unter Niedrigwasser sind acht Tage nötig mit 16 Arbeitern, welche in Schichten von sechs Stunden arbeiten. Jeder Ejektor wirft 2 cbm Erde pro Stunde. Das Einbringen des Betons in den Arbeitsraum geschieht durch die erwähnten 0,5 m weiten, oben und unten mit Klappen versehenen Röhren.

Nach Ausfüllung des Arbeitsraumes werden alle Schächte unten von der Decke losgeschraubt und nachdem auch das Mauerwerk bis 1 m über Niedrigwasser aufgeführt ist, wird ebenfalls der obere bewegliche Mantel von dem festen Teile losgeschraubt und abgefahren.

Um dies leicht zu ermöglichen und doch die nötige Steifigkeit und Dichtigkeit zu gewähren, sind die beweglichen Mäntel aus einem Gerippe von Walzeisen mit einer doppelten Blechwand, ähnlich wie Schwimmthore bei großen Schleusen, hergestellt. Diese oben 6 mm, unten 12 mm starken Blechwände nähern sich oben bis auf 0,2 m, während sie unten 0,5 m von einander entfernt sind. Der untere Rand des Mantels wird jedoch durch einen besonderen, völlig luftdichten 1,5 m hohen und 0,5 m weiten Hohlraum gebildet, welcher durch vier im Lichten 1 m hohe und 0,5 m weite, mit Luftschleusen und Leitern versehene Einsteigschächte zugänglich gemacht und besonders mit komprimierter Luft gefüllt werden kann. Von diesem Umgange aus können die 360 Stück Schrauben, welche den beweglichen Mantel mit dem Caisson verbinden, gelöst werden. Außerdem dient der Umgang als Versteifung des unteren Randes, indem er mit kräftigen Winkeleisen im Innern versehen ist. Der obere Rand wird durch starke Gitterträger, siehe Fig. 3 u. 4, Taf. VII, gegen Verbiegung geschützt. Außerdem werden während der Ausführung noch interimistische hölzerne Steifen zwischen Mantel und Mauerwerk angebracht.

Um bequem das Mauermaterial vom Wasser aus in das Innere des Raumes bringen zu können, sind in den Wänden des Mantels in verschiedenen Höhen Klappen angebracht, welche bei tieferem Sinken nacheinander geschlossen werden. Zwischen dem Mantel und dem Caissonrande liegen zwei Streifen Gummi, welche nach der Verschraubung völlige Dichtigkeit sichern. Der ganze Mantel wiegt mit allem Zubehör rund 200 t.

Auf dem schwimmenden Gerüste waren zwei vertikale Dampfmaschinen von je 25 Pferd zum Betriebe der zwei Luftkompressoren von je 300 cbm Luft zu 4 Atm. pro Stunde, der zwölf Flaschenzüge, zweier Mörtelmühlen für je 20 cbm pro Tag und von vier Kranen von je 1000 kg Tragfähigkeit zum Transport der Baumaterialien aufgestellt. Ferner fanden auf dem Gerüst zwei Dampfmaschinen Platz zum Betriebe von zwei Saug- und Druckpumpen, die das in den Mantel oder in die Pontons etwa eingedrungene Wasser entfernen beziehungsweise das zum Betriebe der Ejektoren dienende Wasser einpressen konnten. Das Gewicht eines vollständigen Gerüstes mit den Pontons betrug rund 300 t, der Preis 350 000 Frs.

Leuchtturm der Wesermündung.

Als ein besonders interessantes Beispiel von Aufstellung oder Installirung und zugleich von Anwendung hoher Blechwände über dem eigentlichen Caisson muss der neu errichtete Leuchtturm in der Wesermündung gelten; siehe Fig. 7 bis 10, Taf. VII, ferner Kap. XXIII, S. 549, und Taf. XXIX im 3. Bande des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. Der Turm hat mit seinem Licht 26 m Höhe über gewöhnlichem Niedrigwasser, während die Oberfläche der Sandbank, des sogenannten Roten Sandes an der Baustelle 8 m darunter liegt. Da in der Nähe das Fahrwasser der Weser größte Tiefen von 17 m zeigt und die Sandbank nicht dauernd ihre Höhe und Lage beibehält, so wurde eine Tiefe des Fundaments bis 22 m unter Niedrigwasser für erforderlich, aber auch ausreichend erachtet. Das gewöhnliche Hochwasser steigt 3 m, die höchste Sturmflut 5,5 m über Niedrigwasser. Die Baustelle befindet sich etwa 26 Seemeilen oder 48 Kilometer von Bremerhaven¹⁴⁾, hart an der Grenze der offenen See und ist wegen der Lage und Ansteigung der Sandbank vom tiefen Meeresboden aus einer besonders heftigen Brandung bei Nordweststürmen ausgesetzt.

Es musste daher als ein großes Wagnis erscheinen, einen Turm dort zu erbauen und ihn, da andere Fundirungsmethoden entweder unmöglich oder ungenügend erschienen, pneumatisch zu fundiren, wie dies im Jahre 1880 auf Grund eines Projekts von Hanckes in Bremerhaven vorgeschlagen und vom Verfasser empfohlen wurde.

Da bei nur mäßig bewegter See es schon unmöglich ist, mit einem Boote, geschweige mit einem größeren Schiffe an dem in der Absenkung begriffenen Turme anzulegen und eine materielle Verbindung zu erhalten, da ferner das Anbringen von festen Rüstungen um das Fundament herum absolut ausgeschlossen war, so musste derselbe alle maschinellen Anlagen zur pneumatischen Absenkung in sich selbst bergen. Nur bei ruhigem Wetter konnte auf eine Kommunikation zwischen ihm und seetüchtigen Fahrzeugen gerechnet werden.

¹⁴⁾ Siehe 3. Abteilung (Taf. II) des 3. Bandes des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

Es musste also das Fundament des Turmes, auch wohl schlechthin der Caisson genannt, zum größten Teile fertig in dem Hafenbassin von Bremerhaven erbaut und sodann bei gutem Wetter, schwimmend und geschleppt von Dampfern, an Ort und Stelle gebracht, dort durch Einlassen von Wasser bis auf die Oberfläche des Roten Sandes niedergelassen und endlich so rasch wie möglich versenkt, mit Beton gefüllt und in seinem oberen Teile erhöht werden.

Mit Ausnahme der Montirung im Hafen ist das auf Taf. VII dargestellte Turmfundament gerade innerhalb eines Jahres, vom 29. Mai 1883 bis 29. Mai 1884 mit 2208 Arbeitsstunden in dieser Weise fertig versenkt worden und allem Anschein nach gegen jeden Unfall gesichert.

Aber der jetzt soweit erfreulicherweise gelungenen Ausführung durch den Unternehmer J. P. Harkort ist ein ebenso beklagenswerter Misserfolg vorausgegangen. Es wurde nämlich das von den Unternehmern Bavier, Kunz u. Weiß sehr ähnlich konstruirte erste Fundament am 18. Oktober 1881, nachdem es bis auf 20,75 m unter Niedrigwasser, also fast bis zur beabsichtigten Tiefe versenkt und nahe bis zum Meeresboden mit Beton verfüllt war, während eines heftigen Sturmes, anscheinend in ganz kurzer Zeit, so völlig zerstört, dass hinterher die Spuren nur noch schwer aufzufinden waren und jetzt nur noch ein etwa 2 m hoher Stumpf über dem Sande hervorragt. Zweifellos haben die Wellen von oben in den offenen und nur etwa 2 m über gewöhnliches Hochwasser endigenden Blechkörper geschlagen und ihn so von innen aus zerrissen, wogegen einige Wochen vorher bei seinem höheren Stande ein gleich schwerer Sturm ihm keine Beschädigung zugefügt hatte. Weil ferner das Innere noch nicht ausgefüllt war, konnte die Zerstörung fast bis zum Meeresboden sich ausdehnen.

Nach diesen Erfahrungen wurde besonders darauf gehalten, dass sowohl die Oberkante des Turmfundaments stets genügend, etwa 2—3 m über höchster Flut aus dem Wasser ragte, als auch der innere Raum stets möglichst hoch ausbetonirt war. Die Absenkung musste demzufolge zeitweise weniger rasch betrieben werden.

Der eigentliche Caisson mit seiner Verlängerung über Wasser geht in allem Wesentlichen aus den Fig. 7—10 hervor. Die an zwei Enden zugespitzte Grundrissform sollte sowohl bei dem Transport nützlich sein, als auch, später mit ihrer Schärfe nach Nordwest zeigend, den stärksten Wellenstoß unschädlich machen. Die obere, während der Fundirung nötige Blechwand diente bei dem Aufbau des eigentlichen Turmes als Abdämmung, indem zwischen Niedrigwasser und Hochwasser der Turm mit einer starken Verjüngung aus dem Fundament hervorgeht.

Die Schale des letzteren besteht aus der 8 mm und in der Höhe des Niedrigwassers 10 mm starken Blechhaut mit zahlreichen vertikalen und horizontalen Spanten. Die beiden Steven sind noch stärker gebildet, als die vertikalen Spanten. Die Decke des Caissons ist mit starken Trägern der Länge und Breite nach versteift. Die mit Konsolen verstärkten Seitenwände wurden schon im Hafen ausgemauert, sowie auch dort die Zwischenräume der Decke und darüber noch ein Raum von 0,75 m Höhe mit Beton gefüllt worden sind. Um vor der Ausfüllung mit Beton (siehe weiter unten) den ganzen Körper noch mehr zu versteifen, sind, wie aus Fig. 8 ersichtlich, noch zwei Querschotte bis etwa zur Niedrigwasserhöhe angebracht, die unten aus vollen Blechen, oben aus Gitterwerk bestehen. Sie dienen zur Unterstützung des Maschinenplateaus; siehe gleichfalls weiter unten. Der Einsteigeschacht ist mit einem Querrohr in Verbindung gebracht, wie Fig. 7 zeigt,

und dient in seinem oberen, nicht verhüllten Teile als Schacht für einen selbstregistrierenden Flutmesser. Das Gewicht des schwimmenden Fundaments betrug rund 740 t.

Zur Innehaltung des mit Rücksicht auf die Passage der Hafenschleuse auf 6,5 m beschränkten Tiefganges waren an dem Caisson auf den beiden Breitseiten zwei große, entsprechend geformte Blechkasten, die sogenannten Schwimmblasen *BB* angebracht. Dieselben sind in Fig. 7 nur punktiert angegeben, da sie vor der Absenkung bereits entfernt worden sind. Das Displacement derselben betrug bei 1 m Tauchung rund je 50 t. Die Blasen erfüllten übrigens auch den Zweck, das Schlingern und Gieren des auf dem Transport begriffenen Caissons, welches bei dem ersten Caisson sehr unbequem gewesen war, fast gänzlich zu verhüten.

Nachdem der letztere auf der Baustelle durch Einlassen von Wasser mittels der Einlassventile *a* auf Grund gesetzt worden war, wurden auch die Blasen durch Anziehen der, mittels einer Stange gekuppelten Wassereinlass- und Luftauslassventile voll Wasser gelassen. Da sie, wie nebenstehende Fig. 14 zeigt, nur durch ihren Auftrieb mittels nur von unten her einhakender Krampen an der Caissonwand festgehalten wurden, so fielen sie nunmehr von selbst ab.

An den Steven des Caissons waren scharnirartige Schleppevorrichtungen *S* angebracht; siehe Fig. 7 u. 8, Taf. VII. Die Bolzen der Scharnierverbindung sollten zur Lösung derselben mittels Ketten von oben bewegt werden. Bei der benutzten Schleppevorrichtung führten jedoch die Versuche, den Bolzen zu lösen, zu keinem Resultate.

Zur Ausgleichung des inneren und des äußeren variablen Wasserstandes, manchmal auch zur Abhaltung des Flutwassers, dienten die Kommunikationsventile *b*.

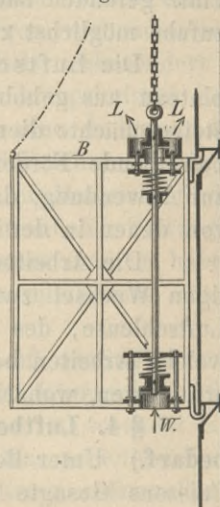
Sämtliche Maschinen, nämlich Motoren, Krane, sowie die Kessel mußten, wie schon erwähnt ist, auf dem Caisson selbst aufgestellt werden. Da es aus gleichfalls naheliegenden Gründen nicht anging, die Maschinen etc. von vornherein so hoch zu placieren, dass sie mit fortschreitender Versenkung genügend hoch über Hochwasser blieben, mußten Einrichtungen getroffen werden, um dieselben stufenweise zu heben.

Diese Rücksichten in Verbindung mit der Beschränkung, welche die geringe Grundfläche des Caissons (circa 114 qm) auferlegte, haben zu den auf Taf. VII dargestellten Konstruktionen geführt.

Das oberste Plateau *H*, Kran- oder Hebeplateau genannt, ist ein in Eisen konstruiertes, mit Dielen abgedecktes Gerüst, welches an vier Schraubenspindeln *n* je nach Bedürfnis in die Höhe geschraubt werden kann. Seine Führung erhält es dabei an vier I-förmigen Führungsspannten, deren Verlängerung zum Aufhängen der Hebespindeln dient; in Fig. 7 nur oben angedeutet.

Auf diesem Plateau fanden zwei Dampfdruckkrane mit Zwillingsmaschinen Aufstellung, welche beim Löschen der mit Eisenteilen, Beton, Mauermaterial befrachteten Materialschiffe treffliche Dienste verrichteten. Die Leistung eines jeden Kranes betrug unter normalen Verhältnissen (bequeme Verwendung, ruhiger Seegang) beispielsweise 200 Sack Beton zu 60—65 l pro Stunde.

Fig. 14.



Der an Land trocken gemischte Beton wurde aufgewunden, durch die in der Tafelfigur 8 angedeuteten Trichter *TT* geschüttet und sodann im Caisson ausgebreitet.

Das Maschinenplateau *M* ist ein aus Walzeisen konstruierter Trägerrahmen. Dies Plateau konnte wiederum, von dem vorher festgestellten und abgestützten Hebeplateau aus an vier vertikalen Hölzern geführt, mittels vier Schraubenspindeln *m* nach Bedarf gehoben werden und alsdann auf den in den Zeichnungen genügend ersichtlichen Gitterschotten durch Vermittelung untergelegter Holzklötze festgestellt werden.

Von den beiden auf dem Plateau aufgestellten Dampfkesseln ist der stehende nur selten und zwar als Reserve benutzt worden.

Der zur Erzeugung der komprimierten Luft dienende Kompressor *C* ist aus der Maschinenfabrik von Burekhardt & Co. in Basel hervorgegangen. Von demselben aus wurde mittels Riemenübertragung die Kaltwasserpumpe des Kondensators getrieben, welcher mit dem Warmwasser-Reservoir unter dem Kompressor Platz gefunden hatte. Der Kondensator wurde, um die beschwerliche Süßwasserzufuhr möglichst zu beschränken, stets in Betrieb gehalten.

Die Luftschleuse *L* konnte mittels einer Spindel *l* gleichfalls vom Hebeplateau aus gehoben werden. Sie besaß zwei Betonieren, gleichzeitig als Einsteigeschächte dienend, zwei Materialschleusen und eine vom Kompressor aus zu betreibende Fördermaschine. Die letzteren Vorrichtungen kamen indessen nicht zur Anwendung, da die vorhandenen in § 6 besprochenen sechs Sandgebläse *G*, von denen in der Regel nur eines in Betrieb war, genügend funktionierten.

Die Arbeiten während der Herstellung des Fundaments bildeten einen stetigen Wechsel zwischen Betonirung, Mauerung, Heben des Hebeplateaus, der Luftschleuse, des Maschinenplateaus und Feststellen aller dieser Einrichtungen, welche Arbeiten bei 3 m Hub beiläufig einen Zeitraum von 50—60 Arbeitsstunden erforderten, wonach schließlich die pneumatische Absenkung erfolgte.

§ 4. Luftbeschaffung. (Kompressoren. — Betrieb. — Zuleitung. — Luftbedarf.) Unter Bezugnahme auf das in § 2 über die Wirkung der Luft in den Caissons Gesagte sei hier das Nötige über die Beschaffung der Luft angegeben. Zur Vermeidung von Wiederholung ist zunächst auf Pneumatische Triebwerke in Kap. II des Handbuchs der Baumaschinen zu verweisen, woselbst die erforderlichen theoretischen Betrachtungen über Kompression der Luft, sowie die Einteilung und Beschreibung der Kompressoren gegeben sind. Es ist dort in § 48, wie in § 2 dieses Kapitels im allgemeinen auf die Notwendigkeit hingewiesen, die bei der Kompression sich erwärmende Luft zu kühlen, weil sowohl die Maschinenteile bei zu großer Erhitzung leiden, als auch die in der komprimierten Luft beschäftigten Arbeiter zu sehr angegriffen werden würden. Da die vorherige Kühlung der Luft, um sie mit der zulässigen Temperatur aus dem Kompressor heraustreten zu lassen, praktisch nicht möglich ist, so muss die Luft während der Verdichtung durch thunlichst kaltes Wasser, das entweder in den Cylinder tritt oder denselben umspült, abgekühlt werden.

Wie in § 47 von Kapitel II ausgeführt ist, kommen für pneumatische Fundierungen vorzugsweise sogenannte Mitteldruck-Kompressoren, bei denen die Luft auf etwa 2—4 Atm. komprimiert wird, zur Verwendung. Da hierbei für die Maschinen die Erhitzung noch eine mäßige bleibt und durch Kühlung von außen

genügend reducirt werden kann, so werden auch die in Kapitel II, § 50 beschriebenen sogenannten trockenen Kompressoren vorzugsweise angewendet und zwar umso mehr, als bei Verwendung der Kompressoren mit innerer Kühlung (durch Einspritzung oder mit Wasserkolben; vergl. § 51 u. 52) eine nachträgliche Trocknung der Luft nötig wird, um namentlich die Arbeiter nicht durch zu hohe Feuchtigkeit zu belästigen.

Die Größe der Kompressoren ist nach Kapitel II, § 54 zu berechnen, sobald das bestimmte Volumen Luft von bestimmter Spannung vorgeschrieben ist. Wie aber am Schluss dieses § ausgeführt wird, ist jedoch sowohl das Volumen als auch die unbedingt nötige höchste Spannung nicht bestimmt im Voraus zu wissen. Es ist deshalb stets notwendig, die Kompressoren, sowie ihre Betriebskraft für einen als denkbar am ungünstigsten anzusehenden Fall hinreichend stark zu wählen.

Bei großen und besonders wichtigen Fundirungen sollte man aber auch den Fall einer, wenn auch nur zeitweiligen Störung des Kompressions-Mechanismus ins Auge fassen, weil nicht allein dadurch eine Stockung der ganzen Arbeit erfolgt, sondern damit oft auch besondere Belästigungen und Gefahren verbunden sein können. Es wird bei verschiedenen Gelegenheiten dieses Kapitels, insbesondere in § 6 darauf hingewiesen, dass bei aufgehörender Zuführung der komprimierten Luft der nötige Luftdruck im Caisson bald abnimmt, alsdann aber eine Änderung der Gleichgewichtsverhältnisse eintritt, welche zu plötzlichen und vielleicht nachteiligen Senkungen des Caissons, zur Versandung desselben oder der zur Materialbeförderung dienenden Apparate, Veranlassung giebt. Um solche zeitraubende Störungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, statt eines Kompressors mindestens zwei zu haben, welche zur Not je allein zeitweilig bei raschem Gange das mindestens nötige Quantum Luft beschaffen können.

Da die Kompressoren selbst nicht viel Raum einnehmen, oft unmittelbar zum Beispiel auf oder neben den sie treibenden Lokomobilen stehen können und eine lange Rohrleitung kostbar und mit Verlusten an Luft verbunden ist, so sucht man möglichst den Kompressor mit dem zugehörigen Motor unmittelbar neben der Stelle des abzusenkenden Caissons oder unter Umständen gar auf diesen aufzustellen.

So stehen zum Beispiel in den Fig. 12—15, Taf. V, die zwei Kompressoren für die Absenkung der Brückenpfeiler in Rotterdam unmittelbar auf den Lokomobilen, welche ihrerseits mit den ganzen übrigen Betriebsmaschinen (vergl. § 6) auf einem kleinen besonderen Gerüst neben dem eigentlichen Arbeitsgerüst für die Brücke Platz gefunden haben.

Die Zuleitung der komprimierten Luft vom Kompressor zum Caisson erfolgt fast stets mittels gusseiserner Röhren, welche wegen der Reibungswiderstände, insbesondere bei langer Leitung, von nicht zu geringem Durchmesser zu nehmen sind. Die Wandstärke muss mindestens dem doppelten höchsten Luftdruck genügen. Die Verbindungen sind an den festliegenden Strecken am besten durch Flanschen mit Gummischeiben zu sichern, während an den beweglichen Enden, zum Beispiel in der Nähe des Caissons (vergl. Fig. 13, Taf. V.) Gelenke angebracht werden müssen. Bei tiefer Senkung ist es ohne Nachteil, wenn von Zeit zu Zeit neue Rohrlängen eingeschaltet werden, vorausgesetzt, dass diese Arbeit mit möglichster Raschheit und Sicherheit geschieht.

Unmittelbar vor der Einführungsstelle in den Caisson wird auch zur siche-

reren Aufnahme der Bewegungen wohl ein völlig biegsames Rohrstück oder ein Schlauch eingeschaltet.

Da jede derartige Leitung zufällig undicht werden kann und, wie bereits erwähnt, auch die Kompressoren ihren Dienst versagen können, so ist unbedingt an der Einmündung der Zuleitung in das Innere des Caissons oder eines damit verbundenen Schachtes eine selbstwirkende Absperrklappe anzubringen, die sich sofort schließt, wenn der Luftdruck in der Zuleitung geringer wird, als er im Caisson ist; vergl. Fig. 9, Taf. V.

Der Luftbedarf ist im voraus ganz unmöglich genau zu berechnen, weil nur einige wenige, aber gerade die unbedeutendsten Faktoren bekannt sind. Gewünscht wird freilich, dass von oben nach unten hin in dem Caisson ein regelmäßiger, schwacher Luftstrom stattfindet, indem von oben die neue Luft zugeführt wird und dabei die durch die Ausatmung und Ausdünstung der Arbeiter, etwa ausserdem durch Kerzen oder Lampen verunreinigte Luft unter dem Rand des Caissons, sowie durch die Undichtigkeit des Erdbodens entweicht. Dieses ist auch unter günstigen Umständen bei Einführung der frischen Luft oberhalb des Caissons und bei lockerem Erdboden, insbesondere bei Sand und Kies der Fall. Bei letzteren Bodenarten dringt die komprimierte Luft durch einen großen Teil der ganzen Bodenfläche und tritt auch nicht allein unmittelbar neben dem Caisson, sondern auch bis auf mehrere Meter Entfernung von demselben wieder aus dem äußeren Boden heraus, wie dies im Wasser durch Aufsteigen von Blasen deutlich zu beobachten ist. Aber selbst in diesem günstigen Falle ist nicht vorher zu bestimmen, wie viel Luft bei einem bestimmten Überdruck über den entsprechenden Wasserdruck (vergl. § 2) und bei sonst bekannten Verhältnissen des Caissons abströmen wird, also nachzupumpen ist, um einen geeigneten Beharrungszustand zu gewinnen.

Wenn aber einerseits außer der gewünschten und notwendigen Abströmung noch unerwünschte Verluste durch Undichtigkeiten vorliegen und daneben andererseits die Abströmung durch die Dichtigkeit des Erdbodens ganz oder nahezu völlig verhindert wird, so geht nicht allein die Bewegung der Luft einen verkehrten Weg, sondern es ist auch das Quantum noch schwieriger vorher zu bestimmen, als im vorhin gedachten Falle. Es muss unter solchen Umständen zunächst in jeder Weise versucht werden, alle Undichtigkeiten, die je weiter nach oben bei gleicher Größe desto schlimmer sind, zu beseitigen und zugleich durch Freigrabung der Schneide des Caissons das Abströmen der Luft unter dieser und neben dem Caisson wieder hinauf zu befördern, denn die neben dem Caisson aufsteigende Luft lockert das Erdreich nach und nach und erleichtert das Sinken des Caissons. Je besser das Sinken erfolgt, desto weniger Erdboden braucht beseitigt zu werden, indem alsdann um so weniger schädliches Eintreiben von Erde stattfindet; vergl. § 6.

Wenn das Sinken trotzdem nicht regelmäßig und genügend erfolgt, so ist erfahrungsmäßig ein wirksames Mittel, den Luftdruck durch rasche Abströmung (Öffnung von Hahnen etc.) in kurzer Zeit zu verringern, um dadurch einen Auftrieb und eine Auflockerung des Erdbodens zu erzeugen. Indem also dann der senkrecht aufwärts gegen die Decke des Caissons wirkende Luftdruck und zugleich die Tragfähigkeit des Bodens geringer wird, sinkt der Caisson meistens rasch um ein geringes Maß. Es ist also in festem Boden oft ein ganz besonders hoher Verlust an Luft und entsprechender Bedarf an neuer Luft vorhanden, wofür aber im voraus gar kein Maßstab vorliegt.

Am sichersten würde noch der Verlust an komprimierter Luft zu berechnen sein, welcher durch das Ein- und Ausschleusen der Arbeiter sowie der Fördergefäße etc. entsteht; vergl. § 5 u. 6. Hierbei liegt sowohl die genaue Größe der betreffenden Luftschleuse, als auch die denkbar größte Zahl der Durchschleusungen in genügender Genauigkeit vor. Aber bei einigermaßen zweckmäßigen Einrichtungen sind eben diese Verluste an Luft nur kleine im Vergleich zu dem wünschenswerten und notwendigen Entweichen der Luft unter der Schneide des Caissons.

Man geht daher bei Projektirung der Luftbeschaffung am sichersten, wenn man die unter möglichst ähnlichen Umständen als ausreichend sich bewährt habenden Anlagen zu Grunde legt.

Auf zahlreiche Ausführungen sich stützende »Erfahrungsergebnisse über Luftverbrauch und Luftverluste bei pneumatischen Fundirungen« sind von A. Schmoll v. Eisenwerth veröffentlicht worden¹⁵⁾. Hiernach entfallen bei einer mittleren Versenkungstiefe von 6,3 m von dem stündlich in den Caisson gepumpten Luftvolumen durchschnittlich kaum 1% auf den Verbrauch durch Verschleusungen des Aushubmaterials und des Arbeiterpersonals, sowie auf die Luftdruckzunahme infolge der zunehmenden Versenkungstiefe, dagegen etwa 43% auf die Ausströmungen unter der Schneide und ungefähr 56% auf die Luftverluste durch undichte Fugen und Wandungen der Apparate und des Caissons.

§ 5. Luftschieusen und Einsteigeschächte für Arbeiter. In § 2 ist bereits die Bedeutung der Luftschieusen erwähnt. Sie bilden die unentbehrliche Verbindung zwischen der äußeren freien Luft und dem mit komprimierter Luft gefüllten Raum und bedürfen wegen des Überdrucks von letzterer Seite stets zwei hinter- oder übereinander liegende Thüren oder Klappen, von welchen unbedingt eine geschlossen sein muss. Es ist ferner selbstverständlich, dass diese Thüren oder Klappen nach der Seite des Überdrucks hin aufschlagen, damit sie auch bei etwa mangelhafter Wartung sicher gegen ihre Umrahmung gepresst werden und dicht schließen. Sie lassen sich daher auch nur öffnen, wenn zeitweilig der Überdruck beseitigt ist. Dazu dienen, wie bei den Schiffsschieusen die Thorschützen oder Umläufe, die in der betreffenden Wand befindlichen Ausgleichungshähne oder Ventile.

Die so im allgemeinen eingerichtete Schlieuse kann nun sowohl zum Durchgange der Arbeiter als auch der Materialien dienen und bei den meisten älteren Caissons war ein und dieselbe Schlieuse zu beiden Zwecken hergestellt. Wo die Beseitigung des Erdbodens nicht durch Luftschieusen zu geschehen hat (siehe § 6) und außerdem vielleicht die Grundfläche des Caissons klein ist, dient auch jetzt noch zuweilen die Luftschieuse mit zum Hinabschaffen der zur Ausfüllung des völlig abgesenkten Caissons nötigen Materialien. In den weitaus meisten Fällen sind aber jetzt die Schlieusen für die Passage der Arbeiter von den zur Materialbeförderung dienenden getrennt. Bei größeren Caissons und hohem Druck, wobei die Gefahren für die Arbeiter zunehmen, sind allein der Sicherheit wegen meistens zwei Arbeiterschlieusen vorhanden; vergl. § 7.

Bei älteren Einrichtungen befanden sich die Luftschieusen stets über dem Wasserspiegel und zwar auf Bleeschächten sitzend, welche von der Decke des

¹⁵⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1877. Heft 10.

Caissons hinaufzogen. Es ergibt aber diese Anordnung den Übelstand, dass bei zunehmender Senkung des Caissons die Luftschleuse eine zu tiefe Lage bekommt und daher von Zeit zu Zeit eine Verlängerung des Schachtes bedingt. Wenn nur eine Luftschleuse nebst Einsteigeschacht vorhanden ist, so würde alsdann eine völlige Unterbrechung des Betriebes eintreten, was bei zwei Luftschleusen nicht der Fall ist, wenn sich unten in dem zu verlängernden Schachte noch eine besonders für diesen Fall eingerichtete Klappe befindet und diese geschlossen wird. Immer aber bleibt die Verlängerung der Schächte und die zeitweilige Abnahme der Luftschleuse eine lästige Arbeit und verursacht außerdem einen der Größe des Caissons entsprechenden Verlust an komprimierter Luft.

Ferner erfordern die hochliegenden Luftschleusen für die Arbeiter beim Auf- und Niedersteigen einen größeren Kraftaufwand, der im ersteren Falle von den am Ende ihrer Arbeitszeit sehr erschöpften Arbeitern besonders schwer empfunden

Fig. 15.

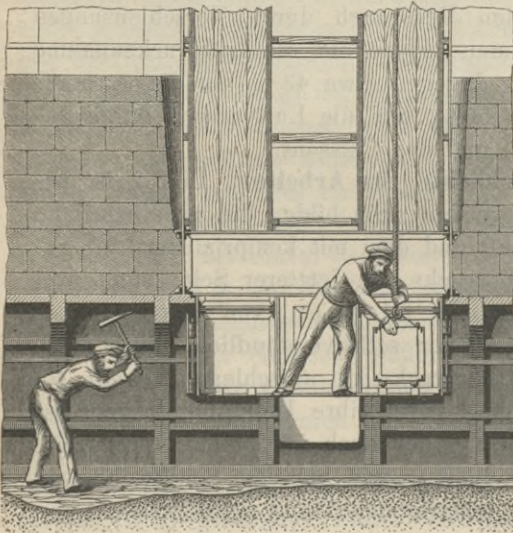
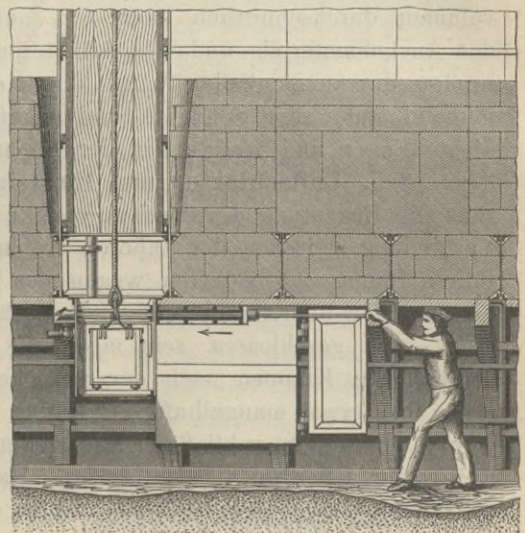


Fig. 16.



wird, zumal die Schächte thunlichst eng gehalten und nur mit steilen Steigleitern versehen werden. Weite Schächte würden wegen des Luftdrucks sehr stark zu machen sein und dem entsprechend teuer kommen.

Aus diesen Gründen wurden zuerst im Jahre 1869 bei der Mississippi-Brücke zu St. Louis¹⁶⁾ nach Fig. 16, Taf. V, und gleichzeitig bei der Rhone-Brücke zu Collonges¹⁷⁾ nach obenstehenden Fig. 15 u. 16 die Luftschleusen unten in der Höhe der Decke des Caissons angebracht. Im ersteren Falle, wo eine sehr große Anzahl Arbeiter den Weg zu nehmen hatte, wurde außerdem der Einsteigeschacht mit einer bequemen Treppe versehen, was auch seitdem mehrfach nachgeahmt ist; denn den in freier Luft liegenden Schacht geräumig zu halten, verursacht bei dickem Mauerwerk keine Schwierigkeiten und keine besonderen

¹⁶⁾ Malézieux. Travaux publics des États unis. 1870. S. 103.

¹⁷⁾ Fondation du Pont de Collonges. Exposition universelle à Melbourne. France, notices sur les dessins. 1880. S. 13.

Mehrkosten. Es muss nur die genügende Sicherheit vorhanden sein, dass nicht etwa sich Wasseradern durch das Mauerwerk ziehen und den Schacht so anfüllen, dass der Zugang zur Luftschleuse dadurch gefährdet wird. Hiergegen würde eine wenn auch mäßig starke, wasserdichte Blechbekleidung wesentlichen Schutz bieten.

Um den Arbeitern eine bequeme Verbindung zwischen dem eigentlichen Caissonraum und der Schleuse zu gewähren, hängt letztere in den ersteren meistens so tief unter der Decke hinab, dass eine horizontal drehbare Thür die untere Öffnung verschließt und diese nur wenig über dem Boden sich befindet.

Gegen diese Anordnung spricht jedoch unter Umständen, dass bei etwaigem plötzlichem Sinken des Caissons oder Aufdringen von Wasser die Schleuse in Gefahr kommt zerdrückt zu werden oder dass die Einsteigethür unter Wasser gesetzt wird.

Da ferner das Einbauen der Luftschleuse in die Decke des Caissons unter Umständen Schwierigkeiten macht, die Schleuse auch dann nach vollendeter Absenkung sehr viel schwieriger ganz oder in ihren teuren maschinellen Teilen auszulösen und später anderweitig zu verwenden ist, so wird endlich auch die Schleuse in mäßiger Höhe über dem Caisson angebracht.

Die Größe der Arbeiter-Schleusen richtet sich nach der Zahl der zu beschäftigenden Arbeiter. Es muss stets das Durchschleusen mehrerer und zwar mindestens dreier Arbeiter zugleich möglich sein, damit bei einer Erkrankung eines Arbeiters eine Rettung desselben durch zwei Genossen möglich wird. Aber außerdem darf die Größe nicht zu klein sein, weil die Arbeiter sich bei hohem Luftdruck mehrere Minuten lang (siehe § 2) in der Schleuse vor dem Ausschleusen aufhalten müssen und eine Einengung derselben auf den kleinsten Raum die Luft sehr nachteilig für die Gesundheit verschlechtern würde, ferner auch weil eine gleichzeitige Ausschleusung aller in dem unteren Arbeitsraum beschäftigten Arbeiter stets erwünscht und unter Umständen absolut notwendig ist.

Die kleinsten Arbeiterschleusen haben deshalb etwa 1 qm Grundfläche, wogegen die größten etwa 5 qm Bodenfläche besitzen, die jedoch alsdann eine weit größere als fünffache Zahl von Arbeitern aufnehmen können, weil bei jeder Schleuse ein unter allen Umständen erforderlicher Raum für die Bewegung der Thüren oder Klappen von dem für die Arbeiter nutzbaren Raum abzuziehen ist. Zur Not können auf 1 qm Grundfläche 4 Arbeiter stehen, wenn sie mehrere Minuten lang auf das Ausschleusen warten müssen.

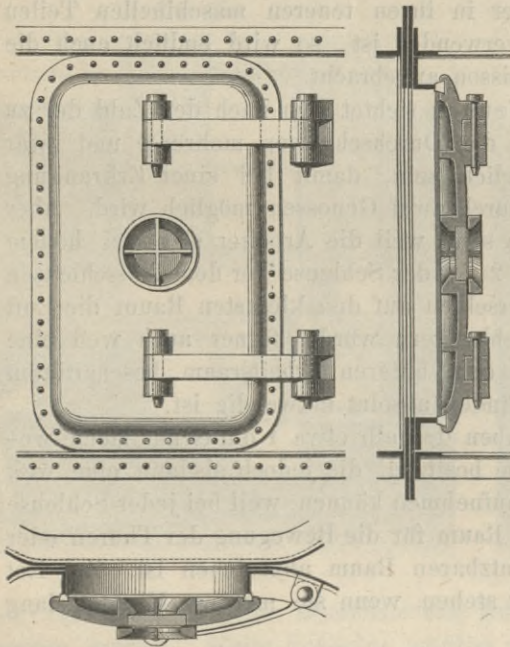
Nach diesem Verhältnis und der Forderung, dass alle Arbeiter gleichzeitig ausgeschleust werden sollen, würde also die Größe und Zahl der Schleusen einfach nach der Größe des Caissons und der größten Zahl der unten beschäftigten Arbeiter zu bestimmen sein.

Die Form und Konstruktion der Schleuse im einzelnen hängt von ihrer Lage und Größe ab. Unter Hinweis auf die in den Taf. V u. VI enthaltenen Beispiele, wovon die in Fig. 1—5 und 8—10, Taf. V, reine Arbeiterschleusen sind, die in Figg. 1—4 u. 6—8, Taf. VI, dagegen außerdem zum Materialtransport dienen, ist im allgemeinen zu bemerken, dass die Wände der Schleuse unter allen möglichen Umständen sicher sein müssen, nicht durch den inneren oder äußeren Überdruck deformirt und undicht zu werden. Die über dem Caisson liegenden Schleusen werden stets nur inneren Überdruck zu ertragen haben, während die in dem Caisson hängenden, sobald sie mit der äußeren Luft communiciren,

gerade von ihrer Außenseite durch die im Caisson befindliche Luft gedrückt werden. Einfache vertikale cylindrische Wandflächen mit horizontalen und ebenen Grundflächen sind im allgemeinen anzustreben, weil dabei die Druckrichtungen am günstigsten aufgenommen werden. Größere ebene Wandflächen, sobald sie etwa nötig werden, erfordern meistens eine besondere Aussteifung und zwar je nach innerem oder äußerem Überdruck auf Zug oder Druck.

Alle dauernd festen und unbeweglichen Teile werden fast stets direkt luftdicht genietet und namentlich an allen Kanten mit geeigneten Façoneisen verstärkt. Dagegen wird an allen während der Arbeit zu öffnenden und wieder zu verbindenden Fugen oder an den Rändern aller beweglichen und den Luftdruck aufnehmenden Teile, wie Thüren und Klappen etc., eine Dichtung durch Gummi in Form von Einlagen zwischen vorspringenden Rändern angebracht.

Fig. 17—19.



Die Thüren und Klappen müssen bequem von beiden Seiten zu bewegen sein; sie sind fast stets nur nach der Seite des Überdrucks hin zu öffnen und haben zum Zwecke des freien Aufschlagens und sicheren Anschlusses doppelte, an der festen Wand und an ihnen selbst befindliche Scharnire; siehe nebenstehende Fig. 17—19. Die Klappen werden zweckmäßig durch Gegengewichte ausbalancirt oder wie in Fig. 1 u. 8, Taf. VI, mit besonderer Windevorrichtung oder einem Flaschenzuge versehen, um sie bequem anheben zu können. Verschlussvorrichtungen sind nur dann nötig, wenn wie in Fig. 3 (unten) und Fig. 12, Taf. VI, der Überdruck die Klappe zu öffnen sucht.

Die Thüren und Klappen werden nebst den zugehörigen Rahmen fast ausnahmslos aus Gusseisen hergestellt und an den Verschlussflächen sauber

behobelt. Wie Fig. 17—19 zeigen, wird in den Rand der Thür oder Klappe in einem schwalbenschwanzförmigen Falz ein Gummistreifen zur Dichtung angebracht. Ihre Größe ist nicht über das notwendige Maß auszudehnen. Die senkrechten Thüren kleiner Schleusen haben zweckmäßig 1—1,3 m Höhe und 0,5 m Breite, die Klappen können mit letzterem Maß für den Durchmesser ausreichen. Wo zahlreiche Arbeiter zugleich durchzuschleusen sind, müssen auch zur Beschleunigung des Durchgangs die Öffnungen weiter sein.

Die zu den Öffnungen führenden Leitern oder Trittstufen müssen möglichst bequem und sicher angebracht werden. Bei starken Pfeilern und tief liegender Schleuse wird man am besten Treppen, siehe Fig. 11 u. 16, Taf. V, anbringen, wie bereits oben erwähnt ist und in den folgenden Beispielen von Schleusen und Einsteigeschächten näher beschrieben wird.

Fig. 16, Taf. V, zeigt die Anordnung der Luftschleusen, insbesondere für die Arbeiter, von dem östlichen Landpfeiler der Mississippi-Brücke bei St. Louis¹⁸⁾. Während bei dem schon etwas früher abgesenkten östlichen Mittelpfeiler, siehe Fig. 8 u. 9, S. 13, der bis 31 m unter den gewöhnlichen Wasserstand und auf den Felsboden hinabgesenkt war, sechs einzelne Schächte von dem Caisson in die Höhe gingen, wurden bei diesem nur 15,25 m bis unter gewöhnlichen Wasserstand abzusenken den östlichen Landpfeiler nur ein großer Mittelschacht und zwei seitliche Schächte angewandt, obwohl die Grundflächen der Caissons nicht wesentlich verschieden waren.

Die bei dem östlichen Landpfeiler angewandten Luftschleusen haben aber die Weite von 2,44 m an Stelle der bei den anderen Pfeilern angewandten Schleusen von nur 1,45 m Durchmesser erhalten, um eine größere Zahl von Arbeitern und zwar 12—14 auf einmal durchschleusen zu können. Die eigentlichen Einsteigschleusen sind doppelt als sogenannte Zwillingsschleusen neben dem mit einer Treppe und einem Aufzuge versehenen mittleren Hauptschachte angebracht und können unabhängig von einander funktionieren. Sie liegen unter der Decke des Caissons, sind in das Holzwerk desselben hineingebaut und ebenfalls selbst auf der unteren Seite durch starke Hölzer verstärkt.

Die Luftschleusen zum Einsteigen der Arbeiter an den zwei Pfeilern der East-River-Brücke zwischen New-York und Brooklyn¹⁹⁾ sind verschiedene gewesen. An dem zuerst fundirten Pfeiler auf der Brooklyner Seite sind zwei Schächte mit je einer oberen Luftschleuse angewandt; siehe Fig. 7, S. 13. Dabei reichten die Luftschleusen unverändert nur 7 m über die Decke des Caissons, indem sie bei erfolgreicher Aufmauerung der Pfeiler, in großen Hohlräumen derselben liegend, gegen das äußere Wasser geschützt waren. Ihre Anordnung ist die einfachste.

Bei dem später gebauten Pfeiler auf der New-Yorker Seite wurden nach Fig. 8—10, Taf. V, 2,45 m hohe und 2 m weite Zwillinge-Luftschleusen, ähnlich wie bei der Mississippi-Brücke zu St. Louis, unten in der Decke des Caissons so angebracht, dass sie nur mit ihrer halben Höhe frei in dem Raume des Caissons hängen und in diesem unteren Teile die innere Thüre haben. Die äußere Thüre mündet in einen für beide Luftschleusen gemeinschaftlichen 1,25 m hohen Vorraum, der den unteren Teil des 2,6 m weiten Einsteigeschachtes bildet. Letzterer besitzt nur unten eine Blechwand, oben jedoch eine Holzbekleidung.

Bei der pneumatischen Fundirung der Bismarck-Brücke²⁰⁾ über den Missouri kamen eigentümliche Luftschleusen in Anwendung, welche eine neue Anordnung zeigen zu dem Zwecke, mit nur einem Schacht das gleichzeitige Hinabsteigen und Hinaufsteigen zu ermöglichen. Die Luftschleusen waren nämlich völlig zweiteilig, wie Figg. 1—3, Taf. V, zeigen. Jede Luftschleuse bestand aus zwei cylindrischen Kammern von 0,914 m Durchmesser, welche durch zwei quadratische Räume getrennt waren. Zwischen letzteren beiden befand sich eine feste Scheidewand, wogegen die halbcylindrischen äußeren Räume nach Belieben mit den inneren Kammern in Verbindung gesetzt werden konnten.

¹⁸⁾ Malézieux. Travaux publics des États unis. 1870. S. 103.

¹⁹⁾ Ebenda.

²⁰⁾ Engineering. 1884 I. S. 87, 122.

Aus Fig. 4 u. 5, Taf. V, geht hervor, dass die Luftschleuse nach Aufführung des Pfeilermauerwerks nicht zu entfernen ist; es sind auch deshalb nur die Thüren nebst deren Rahmen und der Verbindungshähne nach Herstellung der Pfeiler entfernt und die Räume der Schleuse danach ausgefüllt worden. Die Caissons, aus Kiefernholz, mit eichenen Bohlen doppelt bekleidet und mit Stahlschneide versehen, wurden an Ort und Stelle gebracht, hierauf Beton eingefüllt, Luftschleuse angebracht und das Wasser durch Luftpumpen aus der Kammer gedrückt. Der den Thon bedeckende Sand wurde durch Wasserejektoren fortgeschafft.

§ 6. Einrichtungen zur Förderung von Materialien. (Förderschleusen. — Bagger. — Sandpumpen. — Sandgebläse.) In der Förderung der Materialien, sowohl des hinaufzuschaffenden und zu beseitigenden Erdbodens, als auch der nach beendeter Senkung hinabzuschaffenden und zur Ausfüllung des Caissons dienenden Materialien, wie Mauerwerk und Beton, besteht die größte Mannigfaltigkeit, sodass kaum bei zwei verschiedenen Fundirungen dieselbe Methode im Detail zu konstatiren ist. Der Grund davon liegt weniger in der Verschiedenheit der Materialien als vielmehr in den als noch nicht abgeschlossen anzusehenden Versuchen, mit den sichersten und billigsten Mitteln jene Aufgaben zu lösen.

Bei dieser Mannigfaltigkeit genügt es, hier die verschiedenen Methoden im allgemeinen zu besprechen und von den besonders zweckmäßigen einige Beispiele specieller zu beschreiben.

Es lassen sich die Arten der Förderung nach dem augenblicklichen Stande derselben am übersichtlichsten in nachstehende unterscheiden:

1. Förderung durch Schleusen (Förderschleusen).
2. Förderung durch Bagger.
3. Förderung durch Sandpumpen und Sandgebläse.

Die erstgenannte Art ist bei weitem die allgemeinere und mannigfaltigste, zugleich auch die älteste. Für das etwaige Hinabfördern ist sie außerdem bislang die einzige Methode geblieben, wobei jedoch zu unterscheiden ist, ob zum Hinabschaffen der Mauermaterialien auch die zum Hinaufschaffen des Erdbodens vorhandenen Schleusen, wenn auch etwa mit geringer nachträglicher Änderung benutzt werden oder ob, wie in selteneren Fällen, besondere Schleusen zum Hinabfördern bestehen.

Die Hinaufförderung durch Schleusen geschieht ausschließlich mittels Kübeln. Hierbei ist aber wieder eine principielle Verschiedenheit insofern zu beachten, ob die Kübel einzeln ausgeschleust und entleert, oder in größerer Zahl in dem hochgelegenen, aber noch mit komprimirter Luft gefüllten Raume entleert werden, dessen Inhalt zeitweise ausgeschleust wird, während die Kübel im Inneren bleiben. Ferner ist wie bei den Arbeiter- oder Einsteigeschleusen zu unterscheiden, ob die Förderschleusen hoch oder tief liegen. Bei der ersteren und älteren Einrichtung können sowohl die Kübel einzeln ausgeschleust oder in einen noch mit komprimirter Luft gefüllten Behälter entleert werden, wogegen bei tiefen Schleusen nur das erstere möglich ist. Bei tiefen Schleusen kann anderseits der Vorteil erreicht werden, dass die mit der Beseitigung des Erdbodens beschäftigten Arbeiter zum Teil in freier Luft arbeiten, was namentlich bei Erdboden mit starker Gasentwicklung sehr wertvoll ist.

Endlich ist, wie schon in § 5 bemerkt wurde, noch zu erwähnen, dass namentlich bei älteren Einrichtungen die Förderschleusen zugleich als Einsteige-

schleusen dienen, was jedoch bei der zu machenden übersichtlichen Einteilung nicht weiter in Betracht kommen kann.

Hinsichtlich des Betriebes der ganzen Materialförderung ist im wesentlichen zu unterscheiden, ob derselbe nur durch Menschenhand oder mit Hilfe maschineller Kraft geschieht. Bei den Förderschleusen mit Kübeln von übrigens fast gleicher Einrichtung findet je nach den sonstigen Umständen sowohl das eine wie das andere statt, sodass in dieser Hinsicht eine besondere Einteilung nicht zu machen ist. Es soll deshalb auch nur bei der Beschreibung einzelner Beispiele der Betriebsmechanismus als etwas Nebensächliches besprochen werden. Der Umfang der Förderungen ist dabei wohl in den meisten Fällen für die Frage entscheidend, ob Maschinen anzuwenden sind oder nicht.

Über die Förderung durch Bagger, sowie durch Sandpumpen und Sandgebläse ist im allgemeinen nur zu sagen, dass diese stets durch Maschinenkraft geschieht; auch sind für die Bagger nur zwei Methoden im Principe zu unterscheiden. Bei der ersten und ältesten arbeitet der Bagger in einem oben und unten offenen Schacht, in welchem also annähernd eine dem äußeren Wasserstande oder dem inneren Luftdrucke entsprechende Wassersäule sich befindet. Da aber nicht immer Wasser genug von unten her nachdringt, um den durch die Baggereimerfüllung entstehenden Verlust zu decken, so ergibt sich unter Umständen ein Wassermangel im Schachte, wodurch bei starkem inneren Luftdrucke die Gefahr einer Luftexplosion entsteht. Auch tritt bei etwaigem Aufhören des genügenden inneren Luftdrucks eine Zusandung des Baggerschachtes und damit eine lästige Betriebsstörung ein. Es ist deshalb der Gebrauch eines offenen Baggerschachtes stets nur unter günstigen Verhältnissen anzuraten und in manchen Fällen geradezu unzulässig.

Da aber die Verwendung eines senkrechten Baggers bei massenhafter Erdförderung und übrigens dazu geeignetem Boden gegenüber der Kübelförderung manche Vorteile bietet, so sucht man durch Vermeidung des oben offenen Schachtes jene Mängel zu beseitigen, indem das Auskippen der Eimer nicht in freier Luft, sondern in dem noch mit komprimierter Luft erfüllten Raume in Verbindung mit einer hochliegenden Schleuse erfolgt, die nach ihrer Füllung nach innen hin geschlossen und nach außen hin geöffnet wird. Während der oben offene Schacht nach unten eine besondere Vertiefung erfordert, um einen gegen das Ausströmen der komprimierten Luft möglichst sicheren Abschluss zu geben, so ist dies bei dem oben geschlossenen Schachte nicht erforderlich und das Einbringen der zu fördernden Erde bequemer und sicherer.

Nach dieser allgemeinen Besprechung ergibt sich zur leichteren Übersicht folgende Einteilung:

I. Förderschleusen.

A. Zum Hinauf- und Hinabbefördern geeignet:

a) Hochliegende Schleusen.

α. Ausschleusung mit einzelnen Kübeln.

β. Ausschleusung mittels eines Reservoirs.

b) Tiefliegende Schleusen. Ausschleusung nur mit einzelnen Kübeln.

B. Nur zum Hinabfördern geeignet.

II. Bagger.

- A. Mit offenem Schachte und Ausguss in freier Luft.
- B. Mit geschlossenem Schachte und Ausguss durch eine Luftschleuse.

III. Sandpumpen und Sandgebläse.

Unter Bezugnahme auf vorstehende allgemeinere Besprechung, sowie auf die §§ 1 u. 2 mögen die einzelnen Arten durch geeignete Beispiele in Nachstehendem specieller beschrieben werden.

I. Förderschleusen.

Nach der den Originalzeichnungen entnommenen Darstellung in Fig. 1 u. 2, Taf. VI, der zugleich als Einsteige- und Förderschleuse dienenden Luftschleuse für die Fundirung der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Stendal, von welcher Schleuse je zwei auf einen Caisson und zwar neben einer besondern Einsteigschleuse sich befanden, vergl. Fig. 5 u. 6, S. 12, sind diese Förderschleusen besonders geräumig eingerichtet und enthalten ein Reservoir zur Aufnahme einer circa 3,3 cbm grossen Erdmasse. Dieses Reservoir hat bei 0,94 m Höhe von dem Boden der im ganzen 2,1 m hohen und 2,5 m weiten cylindrischen Schleuse eine ringförmige Gestalt, die jedoch durch einen Quergang in zwei Teile geschnitten wird. In der Mitte dieses Querganges liegt die Bodenklappe der Schleuse, die während des Auf- und Niederganges der Förderkübel offen war. Diese, eine kreisförmige Öffnung von 0,65 m gewährende Klappe ist ebenso wie die oben in der Decke der Schleuse angebrachte Klappe durch ein und dieselbe Winde zu öffnen und zu schließen. Das Aufziehen der Kübel von etwa 0,05 cbm Fassungsraum geschah in einfachster Weise durch die vier unten im Caisson unter dem betreffenden Schachte mit dem Einfüllen der Kübel beschäftigten Arbeiter mittels eines über die an der Decke der Schleuse hängenden Rolle geschlungenen Seiles, ohne jegliche Übersetzung. Ein fünfter Arbeiter verstürzte den gehobenen Kübel sofort in eine der beiden Reservoir-Hälften, in welchen ein sechster Arbeiter den Boden vererbnete. Sobald das Reservoir genügend gefüllt war, wurde die Bodenklappe der Schleuse geschlossen, die komprimirte Luft aus der Schleuse ausgelassen und der gehobene Erdboden ausgeschleust. Hierzu mussten die im Grundriss erkennbaren, in dem Quergange liegenden viereckigen Bodenklappen und ebenso die in den Seitenwänden des Reservoirs befindlichen senkrechten Schützen geöffnet werden. Der größte Teil des in den Reservoirs enthaltenen Materials war mit der Schaufel durch diese Öffnungen hindurchzuwerfen. Die sechs Arbeiter förderten im Durchschnitt, während einer vierstündigen Schicht, etwa 2 cbm sandigen Boden. Dieselben Arbeiter machten je zwei Schichten, wobei sich während des ununterbrochenen Tag- und Nachtbetriebes drei verschiedene Arbeiterkolonnen ablösten. Die größte Tiefe betrug etwa 12,5 m unter gewöhnlichem Wasserstand. Von den Details der Schleuse ist noch zu erwähnen das mit einer Sicherheitsklappe versehene unter den Schleusenboden mündende Einströmungsrohr, die zwei an beiden Enden des Querganges angebrachten Ausströmungshähne, sowie die im Boden desselben befindlichen Ausgleichungshähne und in der oberen Klappe eine zur Erhellung der Schleuse bei Tage dienende Glaslinse, sowie endlich die Verankerungsstangen zwischen den Haupt- und Zwischenwänden der Schleuse.

Wenn auch mit kleinerem Reservoir für den Inhalt der einzelnen Förderkübel, aber mit wesentlich vollkommenerem Betriebsmechanismus als die ebenbeschriebene Luftschleuse sind die bei dem Bau der Maas-Brücke in Rotterdam²¹⁾ im Jahre 1873/74 gebrauchten Förderschleusen ausgestattet gewesen. Wie auf Taf. V, Fig. 12—15 und auf Taf. VI, Fig. 3 u. 4 ergeben, stehen auf jedem Caisson von 24 m Länge und 9 m Breite paarweise vier Schächte, wovon jedes Paar eine gemeinschaftliche Einsteige- und Förderschleuse besitzt. Die größte Druckhöhe betrug 21,5 m. Der Erdboden bestand aus Moor, Sand und Thon. Letzterer machte die Lösung durch Menschenhand und den Gebrauch von Kübeln notwendig.

Die Einsteigeschleuse ist seitwärts an der Arbeitskammer oder der Förderschleuse angebracht und möge von derselben hier nur noch erwähnt sein, dass außen eine eiserne Treppe hinaufführte, welche mit einem Podest die Schleuse von außen umgab und vor der äußeren Thüre endete. Die über je zwei Schächten symmetrisch angeordnete Arbeitskammer ist aus Fig. 3 u. 4, Taf. VI, bis auf den kreisförmigen Querschnitt erkennbar. Es liegt danach zwischen den zwei Schächten ein zur vorläufigen Aufnahme der unten ausgegrabenen Erde dienender, unter 45° geneigter Cylinder, welcher durch eine obere und untere Klappe als eine besondere Luftschleuse eingerichtet ist. Über jener oberen Öffnung befindet sich eine Kettenscheibe von solchem Durchmesser, dass die mit ihren Querbolzen in die Zahnlücken der Scheibe greifende Kette genau mit ihren beiden, je einen Erdkübel tragenden Enden in den Axen der beiden Förderschächte hängt. Wird die Kettenscheibe durch einen hydraulischen Treibapparat bald nach rechts, bald nach links gedreht, so gelangt nach genügender Drehung jedesmal ein leerer Kübel nach unten in den Caisson und ein voller Kübel nach oben bis über jenen schrägen Cylinder. Während alsdann der untere Kübel durch Erdarbeiter gefüllt wird, entleert sich der obere mittels der dortigen Kippvorrichtung in den Cylinder. Das untere Ende der Kette greift nämlich mit einem Querstock in die Klaue eines in schräger Richtung aufgehängten Hebels $\frac{1}{2}$ und gelangt in die punktirt angegebene Lage. Indem aber der Kübel unterhalb seines Schwerpunktes an einem Bügel hängt, hat der in der oberen Arbeitskammer befindliche Mann nur eine eiserne Klinke, welche während des Aufgehens den Rand des senkrecht hängenden Kübels mit seinem Bügel verbindet, loszuschlagen, um sofort das Kippen des Kübels zu bewirken. Dieses Kippen wird jedoch durch die am äußern Umfange des Kübels sitzenden Vorsprünge, die gegen den Bügel schlagen, begrenzt.

Ogleich der auf diese Weise sehr rasch gefüllte Cylinder nur einen mäßigen Fassungsraum besitzt, so bietet er den Vorteil, dass sein Inhalt ausgeschüttet werden kann, ohne die komprimirte Luft aus der Arbeitskammer entweichen zu lassen und den Gang der übrigen Arbeiten unterbrechen zu müssen.

Indem die unten befindlichen Erdarbeiter nur für das Füllen der Kübel zu sorgen haben, genügt ferner bei der Vollkommenheit des Betriebsmechanismus ein einziger Arbeiter in der Arbeitskammer zur Bedienung. Die Bewegung und Steuerung der Kettenscheibe erfolgt nämlich mit Hilfe einer außerhalb der Arbeitskammer befindlichen hydraulischen Maschine. Wie Fig. 13—15, Taf. V, zeigen,

21) Franzius. Pneumatische Fundirung mit hydraulischem Hebeapparat bei dem Bau der Brücke über die neue Maas in Rotterdam. Zeitschr. f. Bauw. 1875. S. 11 bis 18 und 4 Bl. Zeichn.

werden durch zwei, neben dem Pfeiler auf dem Arbeitsgerüste stehende Lokomobilen zwei Druckpumpen *GG* getrieben, deren Wasser zuvor zum Kühlen der durch dieselben Lokomobilen getriebenen Luftkompressionspumpen *FF* gedient hat.

Das Druckwasser gelangt in den bei *H* angegebenen Akkumulator, bei welchem der längere und hohle Kolben unten feststeht, während sich der kürzere nebenbei als Windkessel dienende Cylinder auf ihm auf- und niederbewegt und den Belastungskasten trägt. Letzterer erzeugt einen Druck von 20 Atm. in dem Akkumulator und begrenzt jenen durch ein bei seinem höchsten Stande geöffnetes Ventil. Das Druckwasser gelangt aus dem Akkumulator in den Schieberkasten des hydraulischen Motors, welcher, wie Fig. 12, Taf. V, zeigt, außen an der Arbeitskammer befestigt ist. Dasselbst tritt auch, siehe Fig. 3, Taf. VI, die Drehaxe der Kettenscheibe mittels einer Stopfbüchse nach außen und trägt dort ein kleines Zahnrad, welches von einem sehr viel größeren des Motors getrieben wird, wie Fig. 12, Taf. V, zeigt. Das Verhältnis beider Räder ist so, dass bei einmaliger Umdrehung des großen so viel Umdrehungen des kleinen erfolgen, als nötig sind, um die an der Kettenscheibe hängenden Kübel den größten Weg auf- und abwärts machen zu lassen.

Die Axe des größeren äußeren Rades wird mittels eines auf derselben sitzenden doppelten kleinen Triebrades und einer in dieses eingreifenden doppelten Zahnstange gedreht. Die Zahnstangen sitzen endlich symmetrisch an dem Kopfe des hydraulischen Treibeylinders, welcher sich auf seinem feststehenden Kolben auf und ab bewegen kann. Seine Verschiebung nach oben und unten, und damit die Drehung der Kettenscheibe nach rechts oder links geschieht, sobald aus der hohlen und nur innerhalb des Kolbens massiven Kolbenstange das Druckwasser durch kleine, dicht neben dem Kolben befindliche Öffnungen bald oberhalb bald unterhalb des Kolbens austritt, beziehungsweise wieder in die Kolbenstange eintritt. Um alles dies zu bewirken, hat der in der Arbeitskammer befindliche Mann nur mittels des Steuerungshändels *s* die Schieberstange des hydraulischen Schiebers nach rechts oder links zu bewegen. Trotz der scheinbaren Complicirtheit dieses Mechanismus arbeitete derselbe völlig befriedigend und überhob die Arbeiter in höchstem Maße aller Anstrengung.

Wie die Fig. 4, Taf. VI, zeigt, enthält die Arbeitskammer zu beiden Seiten eine für jede der beiden Schächte dienende Betonschleuse, deren Gebrauch sich aus der oberen und unteren Klappe sofort ergibt. Das leichtere Abgleiten der Betonmasse wird durch eine geneigte Holzfläche bewirkt. Der in Fig. 3, Taf. VI, sichtbare Hahn *t* dient zur Verbindung der Betonschleuse mit der Arbeitskammer und ist mit dem aus letzterer zur freien Luft führenden Hahn *t*₁ durch eine senkrechte Stange verbunden, sodass beide Hähne stets die entsprechende entgegengesetzte Stellung haben. Das Gleiche findet bei den zwei Hähnen der Einsteigschleuse statt.

Von Details sei nur erwähnt, dass übrigens die ganze an zwei Bügeln aufzuhängende Schleuse und Arbeitskammer aus Blech konstruirt ist, während der schräge Cylinder und die sämtlichen Klappen aus Gusseisen bestehen. Die äußere untere Klappe des Erdcylinders besitzt wegen ihres nach außen gerichteten Schlages einen besonderen aus den Figuren nicht weiter ersichtlichen Verschlussapparat, welcher dem in Fig. 12, Taf. VI, dargestellten ziemlich ähnlich ist. Die andern Klappen und Thüren haben alle die in Fig. 17—19, S. 32, dargestellte Konstruktion.

Ähnlich war die bei dem Bau der Margarethen-Brücke²²⁾ über die Donau bei Budapest im Jahre 1872 angewandte Förderschleuse eingerichtet. Es waren hier ebenfalls zwei besondere Schächte zum Auf- und Niedergange der mittels hydraulischer Maschine gehobenen Erdkübel, welche nach Erreichung der nötigen Höhe über eine verschließbare horizontale Öffnung geschwenkt und selbstthätig zum Auskippen gebracht wurden. Während aber bei der Rotterdamer Brücke der Inhalt der Kübel in einen schwach geneigten Cylinder fiel, der nach gänzlicher Füllung außen geöffnet und selbstthätig entleert wurde, gelangte er bei der genannten Donau-Brücke erst in einen kleinen, unter jener Öffnung aufgestellten und in einem besonderen, aus der Luftschleuse hervortretenden Kasten befindlichen Wagen, welcher den Inhalt mehrerer Kübel aufnahm und auf ein Gleis durch eine äußere Thür hinausgefahren werden musste, um in freier Luft entleert zu werden. Es ging also der Luftinhalt jenes Kastens, nach Abzug des Wagens und seiner Füllung, bei jeder Ausschleusung, also circa 3 cbm Luft auf 1 cbm Erde verloren, wogegen bei Rotterdam fast gar kein Luftverlust durch Ausschleusen eintrat.

Eine dem Ingenieur Conrad Zschokke im Jahre 1880 patentirte und bei verschiedenen Fundirungen in Frankreich und Italien²³⁾ mit Erfolg verwandte Materialschleuse löst die Aufgabe bei kleinstem Gewicht und Volumen (die Schleuse wiegt mit allem Zubehör kaum 3000 kg) rasch größere Materialmassen, namentlich auch Steinstücke ausschleusen zu können, ohne dass ein oder mehrere Arbeiter den Schleusungsprozess mitzumachen haben. Sie besteht aus einem, auf ein Steigrohr aufzusetzenden, oben mit einer Decke abgeschlossenen Blecheylinder von 1 m Durchmesser, dessen unterer Rand mit einem nach innen vorspringenden Winkeleisen armirt ist, gegen welches zum Abschluss der Schleuse gegen den Caisson ein flacher Boden mit entsprechender Gummidichtung bei nach außen geöffneter Schleuse durch den Druck der komprimirten Luft angepresst wird und zur besseren Führung im Steigrohr auf der unteren Seite mit über den Rand vorspringenden Leitrollen versehen ist. Auf dieser mit Einschaltung eines Balanciers an zwei Bandseilen aufgehängten Bodenplatte sind zwei Ständer angebracht, welche in Kipp lagern einen blechernen Kübel tragen. Die Hängeseile laufen über zwei Trommeln, welche auf einer im oberen Teile der Schleuse befindlichen, von außen mittels eines Motors oder von Hand drehbaren Welle aufgekeilt sind. Nach außen ist die Schleuse durch eine Schiebethür hermetisch abzuschließen, welche in geöffnetem Zustande das Kippen und Ausleeren des Kübels gestattet.

Soll der Kübel zur Materialaufnahme herabgelassen werden, so wird die Außenthür geschlossen, der Lufthahn geöffnet und nach dem Ausgleich der Luft im Caisson und in der Schleuse die Bodenplatte mit dem Kübel hinabgewunden. Ist der Kübel gefüllt wieder oben angelangt, so öffnet die Querstange der beiden Kübelständer automatisch ein nach außen führendes Ventil und schließt gleichzeitig den Hahn von der Luftleitung, sodass keine komprimirte Luft mehr eintreten

²²⁾ Zeitschr. f. Baukunde. 1880. S. 191.

²³⁾ Nach gef. Mitteilung des Erfinders wurde von dieser Einrichtung erfolgreicher Gebrauch gemacht bei den Quaibauten von Paimboeuf in der Loire-Mündung, bei den Hafenbauten von St. Malo, gegenwärtig bei den unterseeischen Felsensprengungen im Hafen von La Ciotat, bei den Fundirungen der Hafeneingänge von La Rochelle und La Police und bei den Fundirungen der Pfeiler zur Regola-Brücke über die Tiber in Rom, sowie der Quaimauern zum Lungo-Tevere.

kann und die in der Schleuse enthaltene ausströmt. Gleichzeitig wird auch der pneumatische Motor abgestellt und die Bodenplatte durch den Überdruck im Caisson an die vorspringende Winkeleisenflansche gepresst. Die Außenthür kann jetzt ungehindert geöffnet und der Kübel entleert werden.

Als Motor diente eine kleine oscillirende Maschine nach dem System von Schmid in Zürich, die mit komprimirter Luft von 4—5 Atm. betrieben wurde.

Der Kübel enthält $\frac{1}{3}$ cbm und kann in der Stunde 8—10mal gefüllt werden, sodass die ideelle Maximalleistung 80 cbm in 24 Stunden beträgt, also fast dem doppelten der Leistung eines Gebläses gleichkommt.

Wie schon zu Eingang dieses § erwähnt, ist ein besonderer Vorteil der tiefliegenden Förderschleusen, dass die mit der Beseitigung des Bodens beschäftigten Arbeiter zum Teil in ganz freier Luft arbeiten, sodass dieser Vorteil mit dem in § 5 erwähnten, der besseren und leichteren Zugänglichkeit des Caissons für die Arbeiter zusammenfällt, wenn die Förderschleuse zugleich Einsteigeschleuse ist. In § 5 ist schon das Beispiel der Brücke zu Collonges über die Rhone erwähnt und zeigt der Holzschnitt Fig. 15 u. 16, S. 30, dass der eine Arbeiter auf dem Boden des Schachtes, aber in freier Luft stehend, die gefüllten Erdkübel in Empfang nimmt und mit dem Windetau verknüpft, sobald der im Caisson befindliche Arbeiter die mit einem Schieber verschlossene betreffende Förderschleuse öffnet. Nach erfolgtem Aufgange des gefüllten Kübels kommt der leere Kübel über der anderen Schleuse herab und wird nach deren Öffnung durch den unteren Arbeiter von dem oben stehenden Arbeiter in die Schleuse gelassen und vom Windetau losgelöst.

Dasselbe Princip, jedoch mit vervollkommenem Apparat ist im Jahre 1883 bei dem Bau der Straßenbrücke über die Theiss bei Szegedin²⁴⁾ durch die von dem Ingenieur B. Jaumann erfundene und von Professor Radinger speciell ausgearbeitete, in den Fig. 12—17, Taf. VI, dargestellte Einrichtung befolgt. Es ist nach den gefälligen Mittheilungen des erstgenannten Herrn hierbei vorzugsweise das Bestreben maßgebend gewesen, den Erdarbeitern die Förderung der mit Sumpfgas geschwängerten Erde möglichst erträglich zu machen.

Zur Förderung des Materials aus dem Caisson bestehen zu beiden Seiten des mit einer Treppe und unterer Luftschleuse versehenen Einsteigeschachtes, siehe Fig. 17, Taf. VI, und Fig. 11, Taf. V, zwei Förderschächte, deren Boden je zwei kreisförmige Öffnungen von 0,75 m Durchmesser zeigt. Diese Öffnungen werden von oben durch einen Deckel luftdicht verschlossen, indem ein starker Bügel, am einen Ende um ein Scharnir drehbar, am andern Ende durch eine Schraube niedergedrückt wird und auf die Mitte des Deckels drückt. Unter jede Öffnung kann ein um eine vertikale Axe drehbares, hutförmiges Gefäß (der »Hut« oder »Außenkübel«) gebracht werden, welches von unten her durch eine vertikale Schraube luftdicht mit seinem Rande gegen den Rand der Öffnung zu drücken ist. Die Schraube findet ihre Unterstützung in einem unter beiden Gefäßen am Förderschachte befestigten unbeweglichen Bügel. In dem hutförmigen Gefäße steht ein das zu fördernde Material aufnehmender, 0,6 m weiter und ebenso hoher innerer Kübel. Das wie eine Luftschleuse wirkende äußere Gefäß kann entweder nach oben hin durch Lösung des erwähnten Deckelverschlusses geöffnet oder nach Lösung der

²⁴⁾ Vergl. F. Steiner. Zum gegenwärtigen Stande des Brückenbaues. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 19.

unteren Schraube und frei von jedem Luftüberdruck um eine vertikale Axe seitwärts in die in Fig. 5 punktirt angegebene Lage gedreht werden. Nach Öffnung des Deckels kann aus diesem Gefäß der gefüllte innere Kübel hinaufgezogen und dafür ein leerer Kübel wieder in dasselbe niedergelassen werden, wogegen bei seitwärts gedrehtem Gefäße die betreffenden leeren Kübel vom Caisson aus gefüllt und mit dem zurückgedrehten Gefäß wieder unter die Schachtöffnung gebracht werden. Ein an der Bodenplatte des Schachtes angenieteteter Winkel trägt ein Stück Gummi, welches bei jedesmaligem Ausdrehen des Kübels den Winkelring des Hutes zum dichten Anschluss des letztern an den unten mit einem Gummiringe versehenen Boden des Schachtes von dem etwa daraufliegenden Sande befreit.

Durch die beschriebene Art des Verschlusses, wobei also ausnahmsweise der obere Deckel nicht von der komprimirten Luft zugeedrückt wird (vergl. § 5), werden also wie bei allen Luftschleusen zwei Verschlüsse hintereinander notwendig; es fallen jedoch die Ausgleichungshähne ganz fort. Es wird auch zur Durchschleusung eines gefüllten Kübels nur der geringe Zwischenraum zwischen äußeren und inneren Kübeln mit komprimirter Luft gefüllt und verbraucht, während beim Zurückgange eines leeren Kübels auch dessen Volumen an Luft verloren geht. Der zur Bedienung des oberen Deckels und zum An- und Loshaken der Kübel erforderliche Arbeiter steht fortwährend in freier Luft.

Zum Aufziehen und Niederlassen der Kübel dienen die auf dem Gerüste aufgestellten zwei Windwerke, welche von einer Lokomobile getrieben werden. An jeder Winde sind, wie aus Fig. 17 ersichtlich, je zwei Seilscheiben von je einem Drahtseile so umschlungen, dass beim Auflaufen des einen das andere abläuft, mithin beim Aufziehen eines vollen Kübels ein leerer sich abwärts bewegt. Die jeweilige Bewegungsrichtung wird von Hand mittels einer Riemenauslösung gesteuert. Neben dem hierzu dienenden Hebel befindet sich ein zweiter, fixirbarer zum Bedienen einer Bremse. Sobald ein voller Kübel mit etwa 0,3 m sekundlicher Geschwindigkeit so hoch gehoben ist, dass ein kleiner Förderwagen untergeschoben werden kann, genügt eine Vorschiebung des Ausrückehebels, um den antreibenden Riemen auf seine Leerscheibe zu bringen. Gleichzeitig erfolgt das Anziehen der Bremse, durch deren Nachlassen das Senken des Kübels bewirkt wird, bis er auf dem Förderwagen mit seinen in Schwerpunktshöhe befindlichen beiden Drehzapfen aufsitzt. Alsdann wird das Förderseil ausgehängt, der Wagen fortgeschoben und der Kübel durch Umkippen entleert. Darauf werden beide wieder unter das Tragseil gebracht, der Kübel wird angehoben und nach Fortschiebung des Wagens hinabgelassen, wobei, wie oben erwähnt, wieder der benachbarte volle Kübel aufgezogen wird.

Während der oben beschriebenen Entleerung des vollen Kübels hat der in der Förderschleuse befindliche Arbeiter Zeit, um den hinabgelangten leeren Kübel an einen in der Schleuse angebrachten Drehkran zu hängen, den Verschlussdeckel zu öffnen, das Seil mit dem vollen Kübel zu verbinden, während dessen Aufgang den am Krane hängenden leeren einzusetzen und den Deckel wieder zu schließen. Es sind also für jede Förderschleuse vier Kübel erforderlich, wovon zwei an den Seiten hängen, wenn die Winde arbeitet, zwei andere aber in der Förderschleuse stehen.

Bei dieser Fördermethode werden zunächst die Arbeiter möglichst geschont, da nur die im Caisson arbeitenden dem Drucke der komprimirten Luft, sowie in

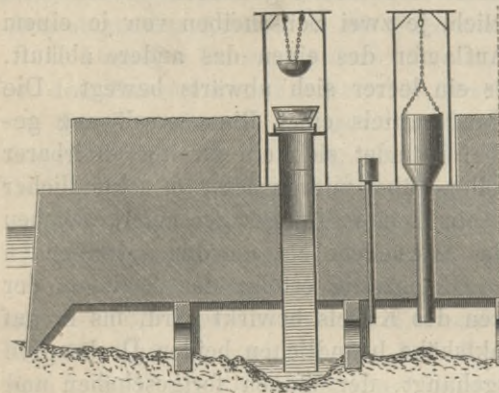
vollem Maße der Gasentwicklung des Erdbodens ausgesetzt sind; ferner findet ein möglichst kleiner Luftverlust statt und geht außerdem durch das geschickte Ineinandergreifen der verschiedenen Operationen möglichst wenig Zeit verloren.

Nach den Angaben des Herrn Jaumann wurden mit den beiden Fördereinrichtungen eines Brückenpfeilers in 24 Stunden 165 cbm harten, mit Lehm vermischten Sandes bei einer Förderhöhe von 18 m und einem Drucke von 2 Atm. gefördert, wobei 8 Mann an jeder Schleuse, im ganzen also 16 Mann im Caisson waren. Die Quadratfläche desselben betrug 163 qm. Bei der Ausführung der genannten Brücke wurden die Schächte wegen ungenügender Dicke und Dichtigkeit des Mauerwerks und wegen der verwendeten Blechschächte während eines Hochwassers unter Wasser gesetzt, was sich jedoch durch wasserdichte Blechwände hätte vermeiden lassen.

Für kleinere Caissons lässt sich eine einfache Förderschleuse verwenden. Dieselben Kübel sind auch zur Ausbetonung des Caissons benutzt worden. Es wurden dazu drei kleinere mit Handhaben versehene Blechgeschirre übereinander in jene eingesetzt, welche in gefülltem Zustande noch bequem von zwei Arbeitern getragen werden konnten, sodass die Ausführung der ganzen Betonierungsarbeit mit großer Bequemlichkeit und Schnelligkeit erfolgte. Es waren anfangs für die Betonung die in Fig. 12 u. 14, Taf. VI, gezeichneten seitlichen Öffnungen an den Hütten vorgesehen, welche sich jedoch nicht so zweckmäßig erwiesen wie jene Blecheinsätze in den Kübeln.

Als Beispiel zu der in obiger Übersicht unter I. A. b. angeführten, nur zum

Fig. 20.



Hinabfördern dienenden Schleuse sei nur das folgende erwähnt. Bei der Fundirung der East-River-Brücke zwischen New-York und Brooklyn²⁵⁾ wurde nach dem Vorbilde des letzten Caissons der Brücke zu St. Louis (vergl. § 5) ebenfalls vorzugsweise Holz statt Eisen verwandt; siehe Fig. 8—10, Taf. V.

Bei dem zuerst erbauten Pfeiler auf der Brooklyner Seite wurden nach nebenstehender Fig. 20 nebeneinander sechs verschiedene Schächte in diesem Caisson aufgeführt. Zwei nur 0,61 m weite cylindrische Schächte dienten aus-

schließlich zum Einbringen der Materialien, insbesondere des zur Ausbetonung des Caissons erforderlichen Cements, Sandes und Steinschlags. Die Fig. 5, Taf. VI, zeigt den oberen und den unteren Verschluss dieser Schächte. Selbstredend muss stets einer der beiden Verschlüsse geschlossen gehalten werden, wozu deutliche Signale von oben nach unten und umgekehrt gegeben werden müssen.

Als einmal die oberen Arbeiter nach Einschüttung einer übergroßen Ladung das Signal zum Öffnen der unteren Klappe früher gegeben hatten, als sie selbst die obere Klappe geschlossen hatten, ist ein heftiges Ausströmen der Luft im Caisson erfolgt, wobei der Überdruck von 1,16 Atm. rasch auf 0,4 Atm. unter starker Entwicklung von Nebel gesunken ist. Nach Befreiung der unteren Öffnung von Material ist es dem unten anwesenden Erbauer der Brücke Roebling jun. gelungen, trotz plötzlicher Finsterniss, die untere Klappe wieder zu schließen, wogegen die oberen Arbeiter durch den mit dem Luftstrom ausgeworfenen Kies am Schließen der oberen Klappe gehindert waren.

²⁵⁾ Malézieux, Travaux publics des États unis. S. 103.

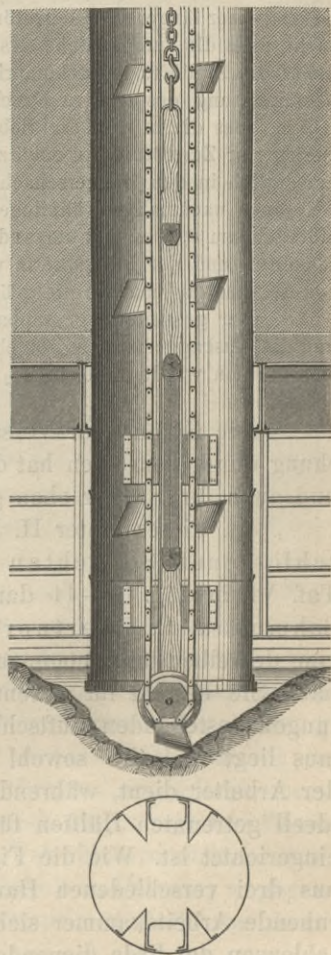
II. Materialförderung mittels Bagger-einrichtungen.

Nach den Beispielen von Förderschleusen mögen einige Beispiele von Bagger-einrichtungen folgen, und kann als Vertreter der in der Übersicht unter II. A. aufgeführten Gruppe zunächst die bei der soeben erwähnten Brücke getroffene Einrichtung gelten. Von jenen sechs Schächten dienten die zwei größten, 2,3 und 2 m weiten, rechteckigen zum Beseitigen des Bodens, indem sie bis 0,5 m unter die Unterkante des Caissons reichten und so durch das darunter befindliche Wasser ihren Abschluss erhielten. Da der Boden unter dem Caisson sehr durchlässig war, so entstand die Gefahr eines ungenügenden Abschlusses. Man fand zwar dazu 0,15 m Eintauchung für ausreichend, fürchtete aber stets die Erschöpfung des Sumpfes unter dem Schachte, welche auch durch Unachtsamkeit eines Tages eintrat, wodurch die komprimierte Luft von unten her direkten Zutritt in den Schacht erhielt und den ganzen Inhalt desselben nach oben plötzlich hinaus schleuderte. Die Aushebung geschah mittels des zweiteiligen Baggerkübels von Morris u. Cumming; vergl. Kap. IV, § 1, S. 339.

Bei dem später erbauten Pfeiler auf dem New-Yorker Ufer wurden die am anderen Pfeiler gemachten Erfahrungen benutzt und statt der rechteckigen Baggerschächte 2,35 m weite cylindrische von 12,5 mm Wanddicke, ferner statt nur zweier Einfüllschächte von Holz deren neun von 0,58 m Durchmesser aus Blech hergestellt.

Zu den unter II. A. angeführten Baggereinrichtungen gehören ferner die bei der Kehler Rhein-Brücke²⁶⁾ und später bei der Königsberger Pregel-Brücke²⁷⁾ angewandten Bagger mit offenen Schächten. Die nebenstehenden Fig. 21 u. 22 geben die wesentlichste Einrichtung der letztgenannten Brückenfundirung an, welche der vorgenannten fast völlig nachgebildet worden war. Der Förderschacht bestand in seinem unteren Teile aus einer 1,57 m weiten Blechröhre und war oben einfach im Mauerwerk ausgespart. Die Röhre ragte um etwa 1 m über die Caissondecke hinaus und war mit derselben luftdicht vernietet. Im Innern der Röhre waren nach beistehenden Figuren in einem Abstände von 1,88 m übereinander zwei Führungen von Eisenblech angebracht, in welchen das hängende Baggergatter mit etwa 15 mm Spielraum auf oder nieder zu bewegen war. Ähnliche Führungen waren auch in dem gemauerten Schachte angebracht.

Fig. 21 u. 22.



²⁶⁾ Rheinbrücke bei Kehl. Zeitschr. f. Bauwesen, 1860. S. 7.

²⁷⁾ Löffler. Die Fundirung der Pregel-Brücke zu Königsberg. Zeitschr. f. Bauwesen. 1866. S. 525.

Das Baggergatter bestand aus zwei senkrecht gestellten Hölzern, die an den drei Führungsseiten mit Flacheisen bekleidet und durch drei Riegel verbunden waren. Zwischen den beiden untersten dieser Riegel befand sich zur Beschwerung des Gatters ein aus Eisenblech konstruierter Rahmen, an welchem zwei 1500 kg wiegende Bleiplatten befestigt waren. Die Eimer fassten 0,031 cbm und waren in Entfernungen von 1,25 bis 1,88 m befestigt. Die obere Trommel hatte zweckmäßiger als bei der Kehler Brücke auf dem Mauerwerk ihr etwa 10 m über dem Wasser hohes und den Bewegungen des Caissons folgendes Auflagergerüst und wurde mittels eines Zahnradvorgeleges und Riemenscheiben von einer auf dem festen Gerüste stehenden Lokomobile getrieben.

Dieser oben offene und unten nur durch eine geringe äußere Wasserschicht gegen das Entweichen der komprimierten Luft geschützte Baggerschacht war übrigens indirekt die Veranlassung einer längeren Arbeitsstörung. Dieselbe wurde zwar zunächst oder direkt dadurch verursacht, dass die zum Betriebe des Kompressors dienende Lokomobile reparaturbedürftig war und daher die Zuführung der komprimierten Luft etwa zwei Stunden lang unterbrochen wurde. Nach Verminderung des inneren Druckes infolge von Undichtigkeiten sank der Caisson so rasch um 0,15 m, dass die in § 3 beschriebene Aufhängevorrichtung ganz gelöst werden musste, um das Gerüst vor Zerstörung zu schützen, und dass außerdem eine Menge Sand in den Caisson und namentlich in den Baggerschacht auftrieb. In letzterem befand sich eine Säule von 2,2 m Sand. Bei einer nachmaligen ähnlichen Unterbrechung der Luftzufuhr sank der Caisson sogar fast plötzlich um 0,77 m und versandete der Schacht auf 3,76 m Höhe. Die Befreiung des Baggerschachtes und der Baggerkette von diesem Sande durch Aufgrabung von unten her, Eingießen von Wasser etc. machte die größten Schwierigkeiten.

Der gesamte Baggerapparat nebst Lokomobile und deren Bedienung kostete 13.950 Mark und die Ausbaggerung von 760 cbm Erdboden einschließlich der Nebenarbeiten kostete 6150 Mark. Der Caisson wurde dabei in $2\frac{1}{2}$ Monaten 15,7 m tief unter Wasser und 7,2 m tief in den Boden gesenkt.

Die Gefahr der Versandung des offenen Schachtes, sowie der Luftentweichung durch denselben hat dazu geführt, in neuerer Zeit von demselben abzugehen und auch für Bagger oben geschlossene Schächte zu konstruieren.

Zu dieser unter II. B. aufgeführten Einrichtung von Baggern mit geschlossenen Schächten und Ausguss durch eine Luftschleuse gehört die auf Taf. VI in Fig. 6—11 dargestellte, von der Ingenieurfirma Gebr. Klein, A. Schmoll u. E. Gaertner²⁸⁾ ausgeführte Anordnung, welche bei verschiedenen von derselben unternommenen pneumatischen Fundirungen Anwendung gefunden hat. Sie besteht im wesentlichen aus einer hochliegenden, aus mehreren Abteilungen bestehenden Luftschleuse, in welcher der eigentliche Bewegungsmechanismus liegt und die sowohl zum Fördern aller Materialien als auch zur Passage der Arbeiter dient, während der bis in den Caisson reichende Schacht in zwei nur ideell getrennten Hälften für die Bewegung der Bagger-Eimer und der Arbeiter eingerichtet ist. Wie die Fig. 6, 8 u. 10 zeigen, besteht die Luftschleuse äußerlich aus drei verschiedenen Hauptteilen, indem in der Mitte die auf dem Schachte ruhende Arbeitskammer sich befindet, an welche rechts und links die zum Ausschleusen der Erde dienenden Behälter angehängt sind. Alle drei Teile sind außen durch drei starke horizontale Bänder fest zusammengehalten und besitzen für sich jeder eine möglichst geringen Inhalt fordernde und widerstandsfähige Form. Der mittlere Hauptteil zerfällt wieder nach Fig. 8 mittels einer vertikalen Blechwand

²⁸⁾ Das pneumatische Gründungssystem von Gebr. Klein, A. Schmoll u. E. Gaertner. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871. S. 631.

in den zur Förderung von Materialien und in den als Einsteigeschleuse dienenden kleineren Teil, welche beide durch eine in der Blechwand befindliche Thüre, siehe Fig. 6, in Verbindung gesetzt werden können. Die äußere vertikale Thüre der Einsteigeschleuse ist aus Fig. 8 links unten zu ersehen, während die innere horizontale Klappe ebendasselbst offen herabhängt, aber in Fig. 10 im Grundriss geschlossen dargestellt ist. Zu ihrer Bewegung dient der in Fig. 8 angegebene einfache Flaschenzug. Unter ihr befindet sich der zum Auf- und Niedersteigen der Arbeiter dienende und mit einer eisernen Leiter versehene Teil des Schachtes.

Der übrigens in gewöhnlicher Weise konstruirte vertikale Bagger ist in dem unteren Teile des Förderschachtes so eingespannt, dass bei zunehmendem Sinken der Caissons und annähernd feststehender Ausgusshöhe leicht eine Verlängerung der Eimerkette erfolgen kann; vergl. Kap. IV (Baggermaschinen) in der 1. Abteilung dieses Bandes. Die obere Trommel des Baggers, welche die Kettenglieder mit acht Zähnen erfasst, wird durch ein großes Zahnrad von der seitlich daneben liegenden und nach außen führenden Triebwelle getrieben. Am äußeren Ende dieser Triebwelle befindet sich eine Riemenscheibe, welche von einer tiefer stehenden Lokomobile bewegt wird. Diese Triebwelle ist vermöge einer lösbaren Kuppelung von innen durch einen Händel ausrückbar. Sobald ein Baggererimer gerade über der oberen Trommel angekommen ist und das Auskippen desselben beginnt, steht ein beweglicher Ausgusskasten, siehe Fig. 6 u. 8, unter dem Eimer und in der Mittellinie der Kammer bereit. Nach erfolgter Kippung des Eimers legt sich dieser Ausgusskasten vermöge seiner Verbindung mit jenem Triebwerke durch ein aus den Fig. 6, 8 u. 10 ersichtliches Hebelwerk beliebig nach rechts oder links, wie beispielsweise in Fig. 6 punktirt angegeben ist, wobei durch seinen Schwung die Erde in den gleichzeitig zur Aufnahme disponirten seitlichen Behälter geworfen wird. In Fig. 6 ist ferner dargestellt, wie der linksseitige Behälter die Erde aufnimmt, dazu innen gegen die mittlere Kammer geöffnet, nach unten aber durch den niederzuschraubenden Schützenapparat geschlossen ist, während umgekehrt der rechtsseitige Behälter zur Ausschleusung der empfangenen Erde bereit, also nach innen durch einen Schützen geschlossen, nach außen aber geöffnet ist. Der nach außen gehende Verschluss dieser Ausgusschleuse bedurfte einer besonderen und etwas complicirten Konstruktion, da er von außen durch Handrad und Schraube zu bedienen ist. Der ganze Baggerapparat kann durch die Einsteigeschleuse aus- und eingebracht werden. Sobald die Senkung mittels Baggers beendet ist, kann zur Ausfüllung des Caissons durch Beton ein Betontrichter eingehängt werden. Derselbe ist in Fig. 7 dargestellt und wird in die aus Fig. 8 am deutlichsten ersichtliche obere Klappe gehängt, wo er also den durch das Baggertriebwerk eingenommenen Raum zum Teil ausfüllt. Er besitzt oben und unten je eine Verschlussvorrichtung und gestattet nach seiner Einbringung eine ununterbrochene Arbeit im Caisson, wogegen allerdings behufs seiner Einsetzung auf kurze Zeit die komprimirte Luft aus demselben entweichen muss.

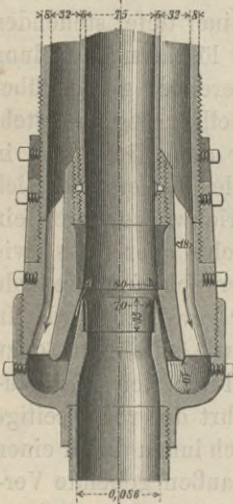
III. Anwendung von Sandpumpen und Sandgebläsen.

Die letzte Gruppe der zur Förderung von Materialien dienenden Apparate bilden nach der Eingangs dieses Paragraphen aufgestellten Einteilung die Sandpumpen, Sandgebläse und ähnliche unter verschiedenen Namen vorkommende Rohr-

leitungen. Sie ersetzen oft in vorteilhaftester Weise andere, viel schwerfälligere und kostspieligere Apparate und ersparen namentlich die teure menschliche Arbeit. Sie können selbstverständlich letztere nicht ganz entbehrlich machen, zum Beispiel in unreinem, mit Holz durchsetztem Boden etc., doch scheint andererseits unter besonderen Umständen, zum Beispiel zu großer Tiefe, mit ihnen noch eine pneumatische Fundirung möglich, die mit menschlicher Arbeit allein kaum noch ausführbar sein würde.

Die in Fig. 6, Taf. XVIII, der 1. Abteilung der Baumaschinen dargestellte sogenannte Sandpumpe wurde bei der Fundirung der Mississippi-Brücke bei St. Louis²⁹⁾ von deren Erbauer Eads zuerst angewandt. Sie ist im Principe völlig dem Giffard'schen Injektor gleich; vergl. Kap. III, § 33, S. 313. Der Betrieb und die Konstruktion dieser auch in Kap. IV kurz beschriebenen Pumpe ist folgender: Aus einem durch Druckpumpen gefüllten Druckreservoir oberhalb der Wasseroberfläche

Fig. 23.



gehen nach den einzelnen Sandpumpen 0,06 bis 0,08 m weite Röhren durch die Decke des Caissons bis etwa 0,5 bis 0,6 m über dessen Unterkante hinab, wo nach einer notwendigen Biegung das Rohr eine Erweiterung von etwa 0,15 m bekommt und ein zweites 0,06 bis 0,08 m weites Rohr umschließt; siehe nebenstehende Fig. 23. Dies letztere ist unten etwas weiter und taucht unbedingt in das Wasser, welches im Caisson durch den Luftdruck meistens tiefer als die Unterkante des Caissons gehalten wird. Das innere Rohr ist mit der Erweiterung des äußeren Rohres durch eine sich nach oben kehrende und sich allmähig verengende ringförmige Öffnung verbunden, durch welche das aus dem Reservoir kommende Wasser mit großer Geschwindigkeit aufwärts strömt, um aus der möglichst niedrig über dem freien Wasserspiegel ausmündenden Öffnung auszuströmen. An jener Verbindungsstelle beider Röhren entsteht für das innere Rohr eine saugende Kraft, welche durch den Luftdruck im Caisson wesentlich verstärkt wird, sodass mit dem vom Reservoir kommenden Wasser das unter dem Caisson befindliche Wasser und mit ihm der dort liegende Sand emporgerissen wird. Je besser die untere Öffnung des Rohres von den dazu angestellten Arbeitern mit Sand umschüttet wird, desto mehr Sand im Vergleich zum Wasser wird emporgezogen.

Mit einer Sandpumpe von 88 mm Weite sind bei genannter Brücke 15 cbm Sand in einer Stunde 36 m hoch ausgeworfen worden, wobei das Treibwasser etwa 10 Atm. Druck besaß. Die aufsteigenden Rohre waren bei der Mississippi-Brücke in besonderen Blechschächten gelagert, die zugleich zur Einführung der komprimierten Luft dienen.

Gleiche Sandpumpen sind bei der Fundirung der Missouri-Brücke bei St. Joseph³⁰⁾ und der schon in § 5 besprochenen Bismarck-Brücke³¹⁾ angewandt, wie dies die Fig. 4 u. 5, Taf. V, erkennen lassen. Es sind dort das niedergehende und das aufsteigende Rohr getrennt in den Caisson geleitet, wo sodann durch geeignete Vorrichtungen die Enden des Saugrohres an verschiedenen

²⁹⁾ Malézieux, Travaux publics des États unis. 1870. S. 87.
³⁰⁾ Engineering. 1872 II. S. 123. — Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1873. S. 242.
³¹⁾ Engineering. 1884 I. S. 87 u. 122.

Stellen der Bodenfläche wirksam gemacht worden sind, sodass das Bewegen des Sandes durch Menschenhand auf ein Minimum reducirt wurde.

Von Th. Hoech³²⁾ wird empfohlen, mittels einfacher Centrifugal-Pumpen, wie bei den hiermit versehenen Pumpen-Baggern, den Erdboden auch bei pneumatischen Fundirungen zu fördern. Das Saugrohr ist dabei in der Caissondecke luftdicht anzubringen und so biegsam und lang zu machen, dass der Saugkopf an allen beliebigen Stellen des Bodens angreifen kann. Die Centrifugalpumpe steht dann oberhalb der Caissondecke in einem von oben offenen Schachte und würde etwa durch Riemen von einer Lokomobile zu betreiben sein. Zweifelloso ist der Nutzeffekt eines Centrifugal-Pumpenbaggers größer als der einer Sandpumpe; auch wird der Druck der komprimirten Luft im Caisson für die Pumpe voll ausgenutzt, sodass die Hubhöhe nicht die für gewöhnliche Centrifugalpumpen gebotene Beschränkung erleidet. Der Vorschlag verdient daher Beachtung.

Noch einfacher als die Sandpumpen sind die noch später als diese eingeführten Sandgebläse. Dieselben bestehen nur in einem engen Rohre (Gasrohr) von etwa 5 bis 10 cm Weite, welches mit seiner unteren Öffnung in den Sandboden gehalten wird, während die obere Öffnung nach außen in freier Luft oder unter Wasser zu enden hat. Solange das Rohr nicht durch einen Hahn verschlossen gehalten wird, muss die komprimirte Luft durch dasselbe ausströmen und Sand und Wasser mit sich reißen. Je geringer der unnütze Hub gegen den äußeren Wasserspiegel ist, desto kleiner braucht auch der Überdruck der komprimirten Luft zu sein. Offenbar muss die untere Mündung stets tief im Sande stecken oder von einem Sandhaufen umgeben sein, damit möglichst viel Sand und wenig Luft entweicht. Die unteren Enden der Sandblasrohre können beweglich gemacht werden, um an verschiedenen Punkten der Grundfläche anzugreifen. Ihre Mündung wird, um das eigentliche Rohr vor der abschleifenden Wirkung des Sandes zu schützen und zugleich eine Verstopfung des Rohres zu verhüten, mit einem etwas engeren besonderen bronzenen Mundstücke, der sogenannten Birne versehen, die von Zeit zu Zeit zu erneuern ist.

Man wendet diese Sandgebläse in neuerer Zeit in großer Zahl nebeneinander an, so zum Beispiel bei dem Bau des Leuchtturms in der Wesermündung, siehe Fig. 7—10, Taf. VII, wo drei Gebläse vorhanden waren, von denen jedoch in der Regel nur eines funktionirte, um die Senkung genau reguliren zu können. Die Rohre waren nur 39 mm weit. Das Material bestand aus feinem scharfen Seesande mit Muschelresten, zuweilen mit etwas Thon (komprimirtem Schlick) durchsetzt und in der größten Tiefe mit größerem Gerölle gemischt. Selbstverständlich blieben alle größeren und festeren Körper auf der Sohle des Caissons zurück. Wie die Fig. 7 u. 8, Taf. VII, zeigen, wurden kleine Haufen von Sand um die Enden der Blasrohre geschaufelt.

Eine genauere Angabe über die Leistung der Gebläse hat nicht gemacht werden können, als dass die ganze Absenkung in der Zeit vom Monat August 1883 bis Ende Mai 1884 im ganzen 650 Arbeitsstunden in Anspruch genommen hat, in welchen, nach der verdrängten Masse gerechnet, 1300 cbm Sand ausgeblasen worden sind. Wie groß das von außen unter den Caisson geratene und für die Ausblasung hinzugekommene Quantum gewesen ist, hat nicht ermittelt werden können. Nach authentischen Angaben soll es nicht erheblich gewesen sein. Wird es bei der Berechnung vernachlässigt, und wird ferner angenommen, dass fortwährend ein Blasrohr

³²⁾ Deutsche Bauztg. 1883. S. 409.

in Thätigkeit gewesen sei, da zuweilen gar keines, zuweilen mehrere zugleich thätig waren, so ergibt jenes Quantum eine Leistung von 2 cbm in einer Arbeitsstunde bei durchschnittlich 20 m Hubhöhe.

Bei dem Bau des Schelde-Kais in Antwerpen³³⁾, Fig. 3 u. 4, Taf. VII, war die zu beseitigende Erde kompakt, ein Gemenge aus Sand und Thon und wäre nicht ohne weiteres wie reiner Sand auszublasen gewesen. Trotzdem wurde sie auch hier seit dem Jahre 1877 ausgeblasen, nachdem die Unternehmer Couvreur & Hersent dasselbe Verfahren schon im Jahre 1875 bei dem Bau der Pfeiler für die Brücken des Kanals von Gent nach Terneuzen angewandt hatten. Die losgegrabene Erde wird nämlich zunächst von zwei Arbeitern in einen Caisson von etwa 150 l Größe geworfen, dort durch einen von außen in den Caisson mittels einer Pumpe zugeleiteten Wasserstrahl genügend verdünnt. Sobald dies geschehen, öffnet ein Arbeiter den Hahn des von dem Boden des Caissons nach außen führenden 10 cm weiten Rohres und sofort wird der Inhalt des Caissons ausgeblasen, wie dies in Fig. 3 links in der Ecke angedeutet ist. Dieses Rohr mündet direkt durch die Caissonwand in das sie umgebende Wasser oder auch selbst unter der Sohle des Flusses, indem sich durch das Ausblasen hier der nötige freie Raum erhält, da die Absenkung des Caissons nur bis zu geringer Tiefe in den Boden geschieht. Bei großer Tiefe der Einsenkung hätte das Rohr eine höhere Ausmündung erhalten müssen.

Außer den unter III. aufgeführten Rohrleitungen, Förderschleusen und Baggerschächten sind bei großen Caissons noch verschiedene andere Rohrleitungen notwendig, wovon das Beispiel der Caissons für die East-River-Brücke in New-York das vollständigste Bild gibt. Zunächst diente das der städtischen Wasserleitung entnommene Wasser zur Speisung des hydraulischen Verschlusses der großen Materialförderschächte, die, wie schon bemerkt, sonst in Gefahr kamen, durch Mangel an Wasser den dichten Verschluss zu verlieren. Das Wasser konnte sowohl von oben als auch von unten dem Schachte zugeführt werden. Außerdem war frisches Trinkwasser für die in der heißen Luft arbeitenden 200 Menschen eine Notwendigkeit. Die zwei Zuleitungsrohre für komprimierte Luft sind bei dem östlichen Pfeiler in der in Fig. 6 u. 10, Taf. V, angegebenen Weise durch den Haupteinsteigeschacht in den Caisson geleitet. Ferner mussten die zur Erzeugung des Hydro-Oxygen oder Calcium-Lichtes (siehe § 7) erforderlichen Gasröhren eingeführt werden. Zur Beseitigung des Schlammes diente ein biegsames Rohr, das, nur mit einem Hahn verschließbar, nach Belieben mit der äußeren Luft in Verbindung zu setzen war. Ähnlich war ein gusseisernes Rohr vorhanden, welches im Caisson unter einem Abortsitz in einen 0,4 m großen kubischen Kasten endigte und zur Entfernung der Fäkalien der Arbeiter diente. Der Kasten war immer mindestens halb mit Wasser gefüllt. Durch Öffnung eines Ventiles schaffte der Luftdruck alles sofort nach außen.

Bei der Erneuerung der Pfeiler und Widerlager zur Brücke über die Thièle bei Yverdon (Schweiz)³⁴⁾ wurde von den Ingenieuren Röthlisberger u. Simons

³³⁾ Nouvelles installations maritimes du Port d'Anvers. Notice sur les travaux projetés et les moyens employés pour leur exécution par A. Couvreur & H. Hersent, entrepreneurs. Bruxelles 1880. S. 3. Vergl. auch Centralbl. d. Bauverwaltg. 1884. S. 129, 135.

³⁴⁾ Ricostruzione del ponte per ferroria sulla Thièle presso Yverdon. Memoria degli Ingegneri Röthlisberger & Simons. Milano 1884. B. Saldini.

zur Materialförderung aus den pneumatisch abgesenkten Caissons ein eigens hierfür von ihnen konstruierter Luftdruckapparat verwendet, der vorteilhaft erscheint bei geringem Überdruck im Caisson Verwendung zu finden.

Die Materialförderung mittels komprimierter Luft sollte bereits bei einer Tiefe von 0,4 m beginnen. Der im Inneren des Caissons herrschende, durch ein Drosselventil in der Zuleitung entsprechend der Wassertiefe regulierte Luftdruck war hierzu zu gering und zur Erzielung eines größeren Druckes als der, welcher der Wassersäule das Gleichgewicht hielt, diente, wie untenstehende Fig. 24 u. 25 zeigen, ein hermetisch abgeschlossener, in der Mitte des Caissons zum Teil mittels der Stange z an die Decke angehängter, zum Teil auf eine Querverstrebung des Caissons aufgestützter cylindrischer Blechkasten von 0,7 m Durchmesser, gleicher Höhe und 7 mm starken Wandungen. Derselbe stand durch das besondere, mit einem Hahn L versehene Luftrohr l mit dem Recipienten der Luftpumpe, ferner durch das gleichfalls mittels eines Hahnes S verschließbare Förderrohr s von 0,8 m Durchmesser mit der freien Luft in Verbindung.

Auf diesem Kasten ruhte, gewissermaßen den Deckel desselben bildend, ein muldenförmiges, durch eine Scheidewand in zwei gleich große Abteilungen A_1 und A_2 geteiltes Gefäß aus Blech von 1,5 m Länge und 1,2 m Breite, dessen Abteilungen jede denselben Kubikinhalte wie der Blechkasten besaßen und durch je ein Ventil V_1 beziehungsweise V_2 von 0,15 m Durchmesser, welche mittels der Hebel v_1 und v_2 leicht zu regieren waren, mit demselben in Verbindung standen.

Fig. 24.

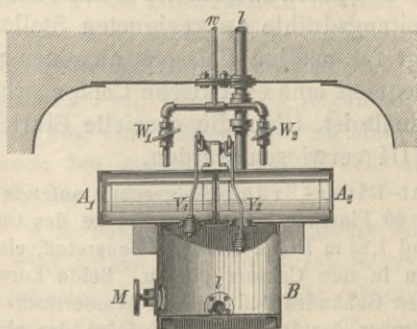
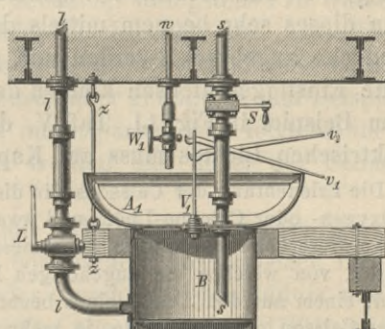


Fig. 25.



War eine der Abteilungen A_1 oder A_2 mit zu förderndem Material gefüllt und war letzteres durch Zuführung von Wasser aus einem der Hähne W_1 oder W_2 in einen breiförmigen Zustand versetzt, so wurde das Ventil V_1 oder V_2 geöffnet und so lange offen gehalten, bis sich der untere Blechkasten gefüllt hatte; sodann wurde das Ventil geschlossen und der Hahn L des Luftrohres l geöffnet, wobei durch die plötzliche Zuströmung der komprimierten Luft das Material zum Rohre s hinausgetrieben wurde. Unterdessen füllten die Arbeiter die benachbarte Abteilung und das Spiel begann von neuem. Der Hahn S blieb gewöhnlich offen, bis die Arbeit unterbrochen wurde, sodass nur die Wasserhähne W_1 und W_2 , die Hebel v_1 und v_2 und der Lufthahn L zu regieren waren.

Diese Vorrichtung konnte innerhalb 24 Stunden 40 bis 50 cbm Sand bewältigen, was einem Einsinken des 80 qm Grundfläche haltenden Caissons auf etwa 0,5 m entsprach.

§ 7. Erleuchtung. Signale. Besondere Vorschriften. Zur Beleuchtung der unter komprimierter Luft befindlichen Räume sind fast alle bekannten Lichtquellen herangezogen worden, aber mit sehr verschiedenem Erfolge.

Als unbedingte Regel muss gelten, dass das Tageslicht so viel wie irgend möglich ausgenutzt werden sollte, da es am billigsten und den Arbeitern am angenehmsten ist. Wie die Taf. V in den Fig. 1—7 zeigt, werden namentlich in die Decke der Luftschleusen oder Arbeitskammern, aber außerdem (siehe Fig. 3—4) in den Seitenwänden Glaslinsen mit fester Umrahmung eingesetzt. Auch bei tiefliegenden Schleusen sind solche Glasfenster sehr angenehm. Da aber die Arbeit fast stets auch bei Nacht getrieben wird, so muss daneben auch für künstliche Beleuchtung gesorgt werden.

Rüböl- und Petroleum-Lampen haben sich wegen zu starken Rußens oder Qualmens unbedingt nicht bewährt, besser schon Stearinkerzen, namentlich mit Alaun getränkte, aber auch sie brennen wegen des starken Sauerstoffgehaltes der sie umgebenden Luft mit einer etwa 0,15 bis 0,03 m hohen Flamme und fallen durch ihren Ruß den Arbeitern sehr lästig.

Gasflammen erhöhen die Temperatur erheblich und verschlechtern die Luft mindestens ebenso wie Kerzen. Durch Anbringung tiefer Schleusen wird es jedoch möglich, Lampen oder Gasflammen in besonderen Räumen außerhalb des untern Caissonraums, aber zu dessen Erhellung zu verwenden, doch kann auch dieses Mittel bei ausgedehnten Caissonräumen nicht genügen.

Die einzige voll befriedigende künstliche Beleuchtung bietet das in neuerer Zeit auf großen und wichtigen Bauplätzen fast allgemein eingeführte elektrische Licht. Es kann dieses sehr bequem mittels der Leitungsdrähte an geeigneten Stellen der Caissondecke angebracht werden und genügt für mäßige Caissons an einer Stelle. Auch die Einsteigeschleusen können dann bequem eine elektrische Lampe erhalten, wie zum Beispiel in Fig. 11, Taf. V, dargestellt ist. Über die specielle Einrichtung des elektrischen Lichtes muss auf Kap. XVIII verwiesen werden.

Die Erleuchtung der Caissons für die East-River-Brücke³⁵⁾ geschah anfangs durch Hydro-Oxygen- oder Calcium-Licht, und zwar mit 60 Flammen. Über der Decke des Caissons waren zwei Reservoirs von 0,53 m Durchmesser und 1,83 m Höhe, eines für Sauerstoff, eines für Wasserstoff, von welchen die zugehörigen Röhren in den Caisson gingen. Beide korrespondierten mit einem auf dem Dache eines benachbarten Gebäudes befindlichen Wasserreservoir. Je tiefer der Caisson gesenkt wurde, je mehr stieg zwar der Druck, aber infolge der ebenfalls zunehmenden Reibungswiderstände blieb die Ausströmungsgeschwindigkeit eine passende. In den Reservoirs war der Druck auf das Gas unbedingt etwas größer als der Luftdruck im Caisson. Später wurde gewöhnliches, etwa um $\frac{1}{5}$ teureres Steinkohlengas gebrannt.

Zur Erleuchtung aller Winkel reichte aber die Gasbeleuchtung nicht aus und machte die Mitbenutzung von Stearinkerzen notwendig, denen zur Verminderung des Rauches Alaun und Seife zugesetzt war.

Nach Collingwood's Meinung wird das Brennen des Gases in komprimierter Luft dadurch gehemmt, dass das Gas eine kleinere Flamme bildet und daher dem Sauerstoff der Luft weniger Oberfläche bietet, während die beim Verbrennen erzeugte Hitze nicht genügt, um in der Umgebung der Flamme die nötige Cirkulation der Luft zu erzeugen. Daher verfliegt ein großes Quantum Kohlenstoff, ohne verbrannt zu werden.

Nach der Erfindung des Telephons kann in erster Linie nur dieses als Signal-Verbindung zwischen Caisson und außerhalb empfohlen werden, da es vollständige und deutliche Mitteilungen gestattet, während die früher üblichen

³⁵⁾ Malézieux, Travaux publics des États-unis. 1870.

Signale durch Klingelzüge, Klopfen etc. sehr mangelhaft waren. Jedenfalls ist aber eine Verständigung nach beiden Richtungen erforderlich.

Außer den in § 2 besprochenen hygienischen Vorschriften sind ferner von Brennecke³⁶⁾ noch technische Regeln aufgestellt, von denen die allgemeineren hier folgen mögen. Es sind Luftschleusen und Schachtrohre ähnlich wie Dampfkessel vor jeder Verwendung einer Druckprobe zu unterwerfen. Um den herrschenden Luftdruck stets richtig beurteilen zu können, müssen an folgenden Stellen Manometer angebracht sein:

1. in der Nähe der Luftpumpe für den Maschinisten;
2. an der Luftleitung in der Nähe des Caissons;
3. außen an der Schleuse, oder noch besser an dem Schachtrohre und zwar in Verbindung mit dem Caisson;
4. endlich sollte an jeder Schleuse ein Stutzen vorhanden sein, um ein Kontrollmanometer anbringen zu können. Auch im Caisson wird oft ein Manometer angebracht. Es sind Manometer von solcher Einrichtung zu wählen, dass der Überdruck der komprimierten Luft über den Druck der Atmosphäre jederzeit sichtbar ist.

Damit nicht der Luftdruck übermäßig werde, muss bei wenig durchlässigem Boden ein Sicherheitsventil in der Luftleitung nahe bei der Luftpumpe und ein zweites in direkter Verbindung mit dem Caisson angebracht sein und jederzeit dem zeitweiligen Wasserdrucke entsprechend regulirt werden.

Wenn der Caisson in tieferem Wasser steht und das Mauerwerk nicht außerordentlich große Dimensionen besitzt, so ist unbedingt wenigstens ein wasserdichter und etwa 2 m hoch über Wasser reichender Blechschacht mit Luftschleuse zur Passage von Arbeitern einzurichten. Bei hochliegenden Luftschleusen ist dies zwar ohnehin der Fall, bei niedrig liegenden Schleusen aber genügt es zum Beispiel nicht, den Zugang zum Caisson nur im Mauerwerk auszusparen, weil letzteres im frischen Zustande bei starkem Wasserdruck undicht werden und dabei der Schacht sich mit Wasser füllen kann.

Alle beweglichen Verschlüsse sollen mit Hilfe des Luftüberdruckes gedichtet sein, weil solche, die nur durch Schrauben oder andere Mechanismen ihre Sicherheit erhalten, entweder leicht versagen oder durch Missverständnis und Unvorsichtigkeit Gefahr verursachen. Es sind aber fast alle Klappen und Thüren, namentlich die horizontalen, außerdem entweder durch Gewichte oder besser durch einen schnell lösbaren Verschlussmechanismus zu sichern. Dies gilt noch besonders da, wo etwa herabfallende Gegenstände, wie Beton etc. oder auch eingedrungenes Wasser den Verschluss aufzuheben suchen. Die Verschlussvorrichtungen in der Arbeitskammer sind am besten an den Stellen anzubringen, wo der Austritt aus jener stattfindet. Alle kleineren Röhren, insbesondere das Luftzuführungsrohr müssen selbstthätige Ventile oder Klappen haben.

Da Schleusen und Schachtrohre zur Erhaltung der Luftdichtigkeit möglichst vor Erschütterungen zu schützen sind, so sind die etwa zur Hebung des Materials anzubringenden Maschinen auf möglichst ruhigen Gang einzurichten. In dieser Hinsicht sind zu empfehlen hydraulische Apparate, auf bestimmten Widerstand

³⁶⁾ Brennecke. Vorsichtsmaßregeln bei Arbeiten in komprimierter Luft. Centralbl. d. Bauverwltg. 1882. S. 442. — Derselbe. Handbuch für Baukunde. Grundbau. S. 300.

eingestellte Friktionskuppelungen, bei Seilen und Riemen geringe Spannungen und zur Vermeidung der Zunahme der Spannung, zum Beispiel beim Niedergehen des Caissons, bewegliche und mit Gewichten belastete Spannrollen, ferner thunlichste Absteifung aller Zugwirkungen von der Schleuse gegen das Mauerwerk.

Im Caisson selbst sollen möglichst alle Hindernisse gegen freie Bewegung vermieden werden, damit bei etwaiger Gefahr oder Panik, zumal bei etwaigem Verlöschen des Lichtes, die Arbeiter im Dunkeln unbehindert zu den Ausgängen flüchten können.

Von einem im Erdboden und zwar bei einer Beschädigung des in Ausführung begriffenen Hudson-Tunnels als Hilfsapparat benutzten Taucherschächte ist im folgenden § die Rede.

B. Taucherglocken und Taucherschächte.

§ 8. **Ältere und neuere Taucherglocken.** Die in ihrem Principe schon in § 1 besprochene einfache Taucherglocke hatte zwar durch ihre Verbindung mit der Luftkompressionspumpe eine erhöhte Bedeutung gewonnen und fand namentlich in England und Frankreich bei Hafenbauten seit jener Zeit häufig Verwendung; sie ist aber in neuerer Zeit durch die geräumigeren Taucherschächte, mehr aber noch durch die vervollkommeneten Apparate für Einzeltaucher so sehr verdrängt, dass sie schwerlich noch irgendwo neu angeschafft werden dürfte.

Ihre Konstruktion und Gebrauchsweise geht aus den Fig. 17—19, Taf. VIII, hervor. Die Glocke selbst ist, wie bereits erwähnt wurde, seit Smeaton's Verbesserungen stets aus Gusseisen mit starker Wanddicke von mindestens 4 cm und am unteren Rande von etwa 7 cm hergestellt worden. Eine Glocke von etwa 1,5 m Höhe, 2 m Länge und 1,3 m Breite wiegt reichlich 5000 kg, während das verdrängte Wasser nicht ganz 4000 kg wiegt. Die Form ist fast stets im Grundrisse ein längliches Viereck, wobei die mit zahlreichen Glasfenstern versehene Decke wesentlich kleiner ist als die offene Grundfläche. In der Mitte der Decke befindet sich ein Stutzen zum Anschrauben des Luftschlauches. Unter der betreffenden Öffnung ist im Innern ein durch eine Feder oder dergleichen gesichertes Ventil vorhanden, welches die Ausströmung der Luft verhindert. An den schmalen Seiten sind im Innern Leisten mit Sitzbrettern für die Arbeiter vorhanden, welche während der Hebung und Senkung darauf Platz nehmen und ihre Füße gegen ein unten angebrachtes Fußbrett stützen müssen. Die Bretter können während der Arbeit entfernt werden. An der Decke sind ferner kleine schmiedeeiserne Haken für Utensilien und größere zum Anhängen von Flaschenzügen für Steinblöcke etc. angebracht. Die Glocken bieten meistens für vier Arbeiter Raum, doch wird bei dieser Zahl die Arbeit durch das nahe Zusammenstehen wesentlich erschwert. Am günstigsten arbeiten zwei Mann darunter.

Die Aufhängung der Glocke geschieht an zwei oder auch an vier äußeren Punkten der Decke mittels angegossener Augen. Die einzelnen Ketten vereinigen sich in einem Ringe, der das Ende einer durch Flaschenzug und Winde gezogenen einfachen Kette bildet. Bei Bauten, für welche ohnehin Laufgerüste vorhanden zu sein pflegen, hängt die Glocke an einem Wagen oder Laufkran. Für vereinzelte Arbeiten, wie Felsensprengungen und dergl. ist dagegen die in Fig.

18 u. 19, Taf. VIII, dargestellte Aufhängung auf einem schwimmenden Fahrzeuge zweckmäßiger oder notwendig, wodurch jedoch noch mehr als unter festem Gerüste die Glocke bei starkem Wellenschlage hin- und herpendelt und zeitweilig unbrauchbar wird. Heftige Strömung ist ebenfalls unbequem und thunlichst zu vermeiden.

Die wie für Einzeltaucher eingerichtete Luftpumpe (siehe § 11) pflegt in geringer Entfernung von dem Aufhängepunkte der Glocke zu stehen, damit die etwaigen Kommandos sicher verstanden werden. Die Signale von der Glocke aus werden im wesentlichen durch Hammerschläge gegen die Wand gegeben, die oben deutlich zu hören sind. Außerdem aber besteht eine gegenseitige Verbindung durch Signalleinen, mit Klingeln und hin- und herbeförderten Schreibräufelchen etc.

Die mit Taucherglocken ausgeführten Arbeiten bestehen vorzugsweise in Bearbeitung des Grundes zur Aufnahme irgend welcher Gegenstände, im Versetzen von Quadern, die vorher anderweitig versenkt worden sind, aber mit Hilfe des inneren Flaschenzugs unter der Glocke genau gerichtet werden sollen.

Die Arbeiter müssen während der Arbeit mehr oder weniger mit den Beinen im Wasser stehen, können übrigens gewöhnliche Anzüge tragen. Das Aus- und Einsteigen geschieht bei hochgehobener Glocke von einem Boote aus. Das Heben und Senken darf nicht zu rasch geschehen. Bei regelrechter Bedienung sind Unfälle kaum zu befürchten; gefährlicher ist das Aufsitzen einer Kante der Glocke bei raschem Senken. In der Regel wird die Luft so zugepumpt, dass ein Teil der inneren mehr oder weniger verunreinigten Luft unter der Kante der Glocke entweicht, doch schadet ein kurzer Stillstand der Pumpe nicht. Beim Niedersenken füllt sich oft die Glocke etwas mit Wasser, weil dabei der Luftdruck unter der Glocke nicht fortwährend genau der Wassertiefe entsprechend zu halten ist. Zur Luftzuführung dienen übrigens dieselben Luftpumpen und Schläuche, wie die bei den Einzeltauchern beschriebenen.

Die besprochenen Mängel, insbesondere die geringe Leistungsfähigkeit der gewöhnlichen Taucherglocke haben seit etwa 20 Jahren zu verschiedenen gelungenen Versuchen geführt, Glocken zu konstruiren, in denen die Arbeiter wesentlich freier und besser operiren können und welche außerdem eine von den Arbeitern ausgehende Bewegung gestatten. Das wesentlichste Princip dieser verschiedenen neueren Glocken ist, dass in einen ringförmigen, durch doppelte Wandungen gebildeten Behälter nach Belieben Wasser oder komprimirte Luft gelassen werden und dadurch das selbstthätige Senken und Heben der Glocke bewirkt werden kann. Die horizontale Bewegung geschieht daneben durch verankerte Windekettten oder durch selbstständige Motoren.

Toselli's Taucherapparat (Taupe-marine).

Um von den mehrfachen neueren Versuchen, die Taucherglocke selbstbeweglich zu machen, ein möglichst vollständiges Beispiel zu geben, ist eine solche von Toselli in Paris konstruirte Glocke³⁷⁾, vom Erfinder Taupe-marine (See-maulwurf) genannt, in Fig. 16, Taf. VIII, in einem Vertikalschnitt darge-

³⁷⁾ Les Engins sous-marins de J. B. Toselli. Paris 1878.

stellt. Durch Ein- oder Auslassen von Wasser in den ringförmigen Raum *AA* kann die ganze Glocke zum Untersinken gebracht werden, wogegen durch Einlassen von komprimirter Luft in diesen Raum das Wasser ausgetrieben wird und die Glocke steigt. Ein fester mit 14 Glasfenstern versehener Boden trennt sodann den unteren offenen Raum *B* von dem oberen Raume *C* für die Bedienungsmannschaft, welche vor dem Niedersinken der Glocke von oben durch einen Deckel einsteigt und auf einer Leiter zu jenem Boden niedersteigt. Die Erhellung des oberen Raumes geschieht durch zahlreiche Glaslinsen. Der untere Raum kann außerdem durch eine elektrische Lampe stark erhellt werden, welche durch die unteren Glaslinsen ihr Licht auch dem oberen Raume genügend mittheilt. Die senkrechte Stellung wird durch festen Bleiballast im unteren Teile von *AA* gesichert. Außer jener Lampe gehen mit Stopfbüchsen durch den Boden vier andere Apparate, welche um ein gewisses Maß herabgelassen werden können, sodass sie unter dem untersten Rande der Glocke genügend hervortreten. Es ist dies zunächst und zwar genau in der Axe des Cylinders ein Treibapparat in Gestalt einer kleinen Schiffsschraube, die durch eine innere senkrechte Welle mittels konischer Übertragung gedreht wird. Die äußere, jene umgebende senkrechte Welle kann unabhängig von ihr gedreht werden und bewegt alsdann das Steuerruder. Neben der Lampe befindet sich ferner eine Greifzange. Nachdem deren äußerer Schaft, in welchem die beiden Arme ihre Drehpunkte haben, herabgelassen ist, kann durch Bewegung einer inneren Axe ab- oder aufwärts den Armen eine öffnende oder schließende Bewegung erteilt werden. Auf der anderen Seite des Bodens befindet sich sodann eine meißelartige Schneide, welche namentlich zum Abschneiden von Leitungsdrähten etc. dienen soll, und endlich eine scharfe konische Schraube, welche in hölzerne Gegenstände gebohrt und, sodann durch Rückwärtsdrehen von ihrer Axe losgelöst, den Holzkörper mit einem Seile in Verbindung setzt. Der so an dem Seile hängende Gegenstand kann entweder mittels einer Kurbel und Welle von der Glocke aus aufgezogen oder von einem besonderen Fahrzeuge aus gehoben werden.

Toselli's Taucherapparat Neptun.

Einen nach Toselli's Vorschlägen neuerdings erbauten Taucherapparat Neptun, welcher zur Erreichung bedeutender Seetiefen geeignet ist, zeigen Fig. 24 u. 24 a, Taf. VIII.³⁸⁾

Die Außenkonstruktion ist ein Cylinder von 3 m Durchmesser und 6,5 m Höhe bis zum Halse; letzterer hat 1,310 m Durchmesser und 1,680 m Höhe und trägt einen Balkon, einschließlich dessen der Apparat Taucher eine Gesamthöhe von ungefähr 10 m hat.

Das Gehäuse hat doppelte Stahlblechwandung von 12 mm Dicke mit Laschenverbindung. Der Höhe nach besteht er aus drei Stockwerken, durch Stahlblechscheiben von 25 mm Dicke von einander getrennt, welche durch Winkeleisen getragen werden und gegen einander durch Säulen und Streben, gleichfalls von Stahl, versteift sind.

³⁸⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884. S. 715. Nach Bulletin de la société de l'industrie minérale. Mai 1884.

Der Berechnung der Wandstärke ist eine Wassertiefe von 200 m und eine Beanspruchung des Stahles mit 12,6 kg pro qmm ohne Berücksichtigung der inneren Verstärkungen zu Grunde gelegt. Bei der Berechnung der Böden ist angenommen, dass durch die inneren Versteifungen die Drücke derselben gegen einander angenommen werden; da der Druck auf den Boden 1413000 kg beträgt und die Stützen einen Gesamtquerschnitt von 0,226 qm haben, so beträgt die Beanspruchung hier 8,250 kg pro qmm. Bei den Proben haben die Stahlbleche eine mittlere Zerreißfestigkeit von 49,4 kg und eine mittlere Dehnung von 20% gezeigt.

Der Apparat hat bis zum Halse 46 cbm Inhalt, derjenige des Halses beträgt 2 cbm; er wiegt vollständig ausgerüstet und mit den Fahrgästen 46000 kg, wird demnach etwa bis zur halben Höhe des Halses eintauchen, und etwa 1000 l Wasser, in die Ballastkammer eingeführt, werden ihn zum Sinken bringen.

Zu den drei Abteilungen im Innern führt durch den Hals des Cylinders die zum Einsteigen dienende Treppe. Das erste Stockwerk ist für die Mannschaft, Maschinen und Geräte zur Bedienung des Ganzen bestimmt, insbesondere für den Behälter für die auf 30 bis 40 Atm. gepresste Luft zur Versorgung des Raumes für die Fahrgäste mit frischer Luft, zum Austreiben des Wassers aus dem Ballasträume zum Zwecke der Erleichterung des Neptun, zum Antriebe der den Schlussdeckel des Halses bewegenden Pumpe; ferner enthält diese Abteilung die telegraphischen und telephonischen Geräte, welche den Taucher mit dem ihn begleitenden Boote verbinden, die Manometer, Thermometer etc.; in den Wänden und der Decke desselben sind sechs Glasaugen zur Beobachtung angebracht.

Die folgende Kammer ist für die Fahrgäste bestimmt; sie enthält an ihrem Umfange 14 Sitze, an denen sich Glasaugen zur Beobachtung der Umgebung befinden; eine große Glasscheibe inmitten des Bodens gestattet, den Meeresboden zu besichtigen. Diese und die obere Abteilung sind elektrisch beleuchtet.

Die unterste Kammer, der wichtigste Teil der Konstruktion, ist für den Ballast und die Beleuchtung bestimmt; sie ist so eingerichtet, dass man zum Senken des Apparates nach Belieben Wasser hineintreten lassen kann; zum Aufsteigen wird das Wasser, wie oben erwähnt, durch gepresste Luft ausgetrieben. Fünf kräftige elektrische Lichter erleuchten weithin die Umgebung. An dem Apparate sind außen Bleigewichte angebracht, welche von innen abgelöst werden können, um im Falle einer Störung an den Maschinen etc. eine rasche Auffahrt zu ermöglichen; geschlossen wird derselbe durch eine Stahlplatte von 60 mm Dicke und 700 kg Gewicht, welche durch Gummiringe abgedichtet und mittels Pumpwerkes bewegt wird.

Der Neptun soll Verwendung finden zu Sondirungen, beim Bau von Leuchttürmen und Hafenanlagen, zum Flottmachen von Schiffen, zur Beförderung von Torpedos, zur Untersuchung versoffener Schächte; außerdem soll er naturwissenschaftlichen Untersuchungen in ausgedehntem Maße dienen.

Mit einem solchen Apparat ist Toselli bis zu 70 m Tiefe niedergegangen; der vorstehend beschriebene von größeren Abmessungen ist für eine Tiefe bis zu 200 m bestimmt und der Bau eines solchen für 1000 m Tiefe ist beabsichtigt.

§ 9. Taucherschächte und Taucherschiffe. Nach der in § 1 gegebenen Übersicht ist der Unterschied der Taucherschächte von den mit ihnen am meisten verwandten Taucherglocken, sowie von den pneumatischen Fundirungscaissons angegeben. Das unterscheidende Merkmal des Taucherschachtes von jenen in mancher Hinsicht oft nur wenig anders eingerichteten Apparaten möge sein, dass der Taucher-

schacht stets von oben zugänglich ist und dass er beliebig an verschiedenen Stellen verwandt werden kann, so weit die Wassertiefe nicht zu groß ist. Aus beiden Bedingungen der steten Zugänglichkeit und der Transportabilität ergibt sich, dass die Taucherschächte meistens nur für mäßige Wassertiefen eingerichtet sind und nicht entfernt die für Taucherglocken und Einzeltaucher noch erreichbaren großen Tiefen von 30 m und darüber zugänglich machen.

Dass Taucherhächte auch Taucherschiffe genannt werden, hat seinen Grund darin, dass meistens der Schacht in einem Schiffe oder schiffsartigen Körper angebracht ist, in oder unter welchem er auf- und niedergelassen werden kann, und dass solche Schiffe nebenbei wohl noch anderen Zwecken dienen.

Die älteste, nur Projekt gebliebene Form, die nach Hagen³⁹⁾ von Coulomb aus dem Jahre 1778 stammt, bestand aus einem schwimmenden Holzkasten von etwa 8 m Länge und 3 m Breite, in dessen mittlerem Teile ein nach oben und unten vorragender Schacht sich befand, der unten offen war und oben eine luftdichte Decke hatte. Durch diese sollten die Arbeiter einsteigen, während durch Luftpumpen das Wasser hinausgedrückt werden sollte. Diese schon vor einer Verbindung der Taucherglocke mit der Luftpumpe projektirte Einrichtung wurde erst 60 Jahre später mit einigen konstruktiven Verbesserungen zur Ausführung gebracht, um neben der Loire-Mündung bei dem Hafen Croisic⁴⁰⁾ Felsen zu sprengen und zu beseitigen.

In vollkommenerer Weise wurde sodann bei dem Bau des Wehres im Nil⁴¹⁾ nach den Principien von Cavé in Paris ein eisernes Schiff mit einem an Flaschenzügen hängenden versenkbaren Schacht von 8 m Länge, 6 m Breite und 6,5 m Tiefe ausgeführt, unter welchem zeitweilig 40 Arbeiter zugleich arbeiten konnten. Der Schacht hatte eine Luftschleuse und wurde von einer auf dem Schiffe befindlichen Dampfmaschine mit komprimirter Luft versehen.

Zum Beseitigen von Felsmassen werden auf dem Rhein⁴²⁾, sowie auf der Mosel⁴³⁾ verschiedene Taucherschächte angewandt, von denen Fig. 11 u. 12, Taf. VII, ein Bild geben. Es ist dabei zwischen zwei flachen Fahrzeugen ein etwa 5,5 m hoher und 2,5 m weiter cylindrischer eiserner Schacht aufgehängt, welcher je nach der Tiefe des Wassers um einige Meter gehoben und gesenkt werden und mittels zwei Luftschleusen von der Seite aus bestiegen werden kann. Die Fahrzeuge sind überdeckt und zusammengehalten von einer 8 m breiten Plattform, welche das Maschinenhaus mit der Luftpumpe trägt und die aus dem Schachte durch die Luftschleusen herausgeschafften Steine einstweilen aufnimmt. Der obere Teil des Schachtes dient vorzugsweise zur Ausschleusung der Steine, während im unteren Teile die mit der Lösung und Hebung der Steine beschäftigten Arbeiter sich befinden. Um dort die Steine bequemer handhaben zu können, sind bei den neueren bis 3,6 m weiten Schächten noch auf lösbaren Eisenstangen Bretter zu einer kleinen Plattform zusammenzulegen. Diese Schächte bewegen sich zwischen

³⁹⁾ Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. 1874. II. Teil. Die Ströme. Bd. 3. S. 70.

⁴⁰⁾ Ann. des ponts et chaussées. 1848 I. S. 261.

⁴¹⁾ Taucherschiff zur Ausführung von Mauerwerk unter Wasser. Förster. Allgem. Bauzeitg. 1858. S. 110. Mit Abbildung.

⁴²⁾ Taucherschacht am Rhein. Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. 1874. II. Teil. Bd. 3. S. 75.

⁴³⁾ Taucherschacht von der Mosel. Zeitschr. f. prakt. Baukunst. 1864. S. 291.

Führungsrollen. Die älteren Schächte dienten auch zur Anbringung der Bohrlöcher, während da, wo besondere Bohrmaschinen vorhanden sind, die Schächte nur zum Heben der bereits gesprengten Felsen benutzt werden.

Hersent's Taucherschacht zu Brest.

Weil wegen der gegenseitigen Beweglichkeit der Hauptteile solche von Schiffen ab versenkbare Schächte nur für eine sehr geringe Wassertiefe brauchbar sein können, so ist man in neuester Zeit zur Überwindung größerer Tiefen dazu gekommen, den den Schacht zeitweilig tragenden Schwimmkörper mit zu versenken und beide fest miteinander zu verbinden. In dieser Weise ist der in den Fig. 1 u. 2, Taf. VII, dargestellte, für den Hafen von Brest bestimmte Taucherschacht im Jahre 1879 durch Hersent ausgeführt, mit welchem von dem vor jenem Hafen befindlichen Felsen »La Rose« in bedeutendem Umfange für den vorher bedungenen Totalpreis von 50 Mk. für 1 cbm Abräumungen bewirkt worden sind. Der ganze Apparat⁴⁴⁾ besteht aus fünf Hauptteilen: der eigentlichen Arbeitskammer oder Glocke, dem darüber befindlichen Schwimmkasten, dem Einsteigeschacht mit Treppe und zwei unten befindlichen Luftschleusen, den vier Förderschächten und endlich der oberen stets über Wasser befindlichen Plattform.

Die Arbeitskammer kann bei 10 m Länge, 8 m Breite und 2 m Höhe 20 bis 25 Arbeiter aufnehmen. Ihre 0,75 m hohe Decke und die Seitenwände sind wie bei Fundirungscaissons verstärkt und zur Belastung und größeren Dichtigkeit zum Teil mit Beton ausgefüllt, während auch der untere Rand eine Schneide besitzt, um etwas in den weichen Boden eindringen zu können. Der Schwimmkasten ist kräftig durch Winkeleisen und Streben ausgesteift und namentlich in seiner Decke mit starken Balken versehen. Die beiden Luftschleusen sind unabhängig von einander zu gebrauchen und enthalten zwischen sich einen cylindrischen Raum, in welchem unten ein elektrisches Licht angebracht ist, welches durch Glaslinsen in die Arbeitskammer scheint.

Die Förderung des losgelösten Felsmaterials geschieht durch die vier aus Stahl mit völlig glatter Innenfläche hergestellten Schächte von 0,45 m Durchmesser, in welchen mittels Gummiringen dichtschießende Blechtafeln sich auf- beziehungsweise abwärts bewegen. Die Bewegung der einzelnen Tafeln, auf welche in Eimern die Steinstücke gelegt werden, geschieht wie bei einem Vertikalbagger durch Kette ohne Ende, sodass von je zwei Schächten einer zum Aufsteigen, der andere zum Absteigen der Platten dient. Die linke Hälfte der Figur zeigt einen Schacht mit allen Tafeln im Vertikalschnitt, die rechte Hälfte dagegen die äußere Ansicht. Bei beiden erscheint oben und unten je eine Tafel in senkrechter Stellung. Die zum Treiben der Ketten und ihrer Umlenkung dienenden Teile sind nicht specieller dargestellt, aber ähnlich wie bei senkrechten Baggern und Paternosterpumpen zu denken. Die obere 7,5 m lange und 5 m breite Plattform besteht aus gerillten Blechen und besitzt ebenso wie der zeitweilig unter Wasser liegende Schwimmkasten ringsum ein Geländer.

Die komprimierte Luft wird von dem Kompressor nach der Glocke mit einem 0,1 m weiten Rohre hingeleitet, welches in üblicher Weise ein Sicherheitsventil hat.

⁴⁴⁾ Revue industrielle. 1879. S. 133.

Zwei bronzene Schützen dienen zum Auslassen des Wassers aus dem Schwimmkasten, sobald dieser entleert werden soll. Damit derselbe sich nicht bei tiefer Stellung der Glocke mit der etwa durch die Decke derselben dringenden komprimierten Luft nach und nach fülle und so zur Unzeit und in gefährlicher Weise den ganzen Apparat zum Auftreiben bringe, ist noch in der Decke des Schwimmkastens ein Ventil angebracht, das während der Arbeit am Grunde dauernd offen zu halten ist. Endlich dient noch ein 70 mm weites Rohr zum Ausblasen des flüssigen Schlammes; vergl. § 6 am Schlusse.

Die Manipulationen zum Senken, zum Niederhalten, sowie zum Auftauchen des ganzen Schachtes sind nun folgende:

Der mit Hilfe des luftgefüllten Schwimmkastens hoch schwimmende Apparat, wie Fig. 1 zeigt, wird durch Schleppdampfer oder durch befestigte Taue etc. an die Arbeitsstelle geschafft; sodann wird durch ein tiefliegendes Ventil der Schwimmkasten gefüllt bis zum Aufstehen der Glocke auf den Boden. Zum Heben dient nur das Einlassen von komprimierter Luft in den Schwimmkasten, wodurch jenes eingelassene Wasser wieder durch die erwähnten Schützen ausfließt. Der ganze Schwimmkasten ist in 15 bis 20 Minuten zu entleeren.

Zum Angriff des Felsens setzt man die Glocke gerade auf die vorspringenderen Teile des Felsens, arbeitet diese ab und erreicht so allmählich das Aufstehen auf einer horizontalen Basis. Dabei wird die Stabilität der Glocke durch Einfügen von Ballast zwischen die Streben der Seitenwände und die Balken der Decke gesichert. Sobald der Rand der Glocke überall aufsteht, dichtet man den Anschluss an den Boden mit Thon und verstopft einzelne größere Löcher des Felsens mit Sandsäcken. Alsdann arbeitet man zunächst vorzugsweise am Rande, den Felsen weg und senkt die Glocke möglichst so tief, dass man im Innern der Glocke Schichten von etwa 1 m Dicke auf einmal in Angriff nehmen kann, wobei Bohrlöcher hergestellt und mit schwachen Patronen besetzt werden, deren Anzündung und Abschießen wie in freier Luft geschieht.

Das ganze Gewicht des Apparates einschließlich des nötigen Ballastes beträgt 330 t, während das Displacement des Schwimmkastens und des Apparates bei wassergefüllter Glocke 450 t beträgt. Es liegt daher die Wasserlinie des schwimmenden Apparates bei luftgefülltem Schwimmkasten 1,5 m unter dessen Oberkante und etwa 5,5 m über dem unteren Rande der Glocke. Sobald der Apparat gesenkt und die Glocke mit Luft gefüllt ist, wird das Displacement der letzteren, der Luftschleuse und des Schachtes bei 12 m Tauchungstiefe zu 312 t. Indem alsdann der Schwimmkasten keinen Auftrieb mehr ausübt, bleibt das ganze wirksame Gewicht aber nur noch 18 t während der Arbeit. Dasselbe kann höchstens auf 331 t steigen, sobald die Glocke sich mit Wasser füllt. Aber selbst bei diesem größten Gewicht von 331 t wird die untere 25 mm starke Kante oder Schneide nicht durch den Druck beschädigt, da bei nur etwa 1 m langer Berührung des Bodens 13 kg Druck auf 1 qmm kommen.

Fundierungs-Taucherschacht von Moreau und Montagnier.

Als ein anderes lehrreiches Beispiel eines zur Fundierung von Brückenpfeilern angewandten Taucherschachtes ist der in Fig. 17 u. 18, Taf. VII, dargestellte Schacht zu erwähnen, welcher für die Fundierung der Brücke von Mareuil über

die Dordogne⁴⁵⁾ in der Eisenbahn von Montauban nach Brive von der Ingenieurfirma Moreau & Montagnier zu Paris benutzt worden ist. Hierbei wurden die zwei Widerlagerpfeiler unter einem 128 qm großen Caisson und die fünf Strompfeiler unter einem 95 qm großen Caisson teils auf klüftigem Kalkfelsen, teils auf Kiesboden fundirt. Die Schächte waren ähnlich wie die in § 3 besprochenen Caissons an einem schwimmenden Gerüste zwischen zwei Prahmen mittels acht Schrauben aufgehängt, welche sowohl zum ersten Hinabsenken als auch zum späteren allmählichen Heben des Caissons dienten. Mit jeder Schraube konnte ein Gewicht von 15—20000 kg gehoben werden. Zum Heben wurden außer diesen hängenden Schrauben aber auch noch die im Innern unter der Decke aufgestellten acht Kopfschrauben gebraucht, weil wegen des Reibungswiderstandes des Caissons an dem umgebenden Boden der Widerstand gegen Heben viel größer war als das bloße Gewicht des Caissons. Auch der Auftrieb der komprimirten Luft wurde bei der Hebung mitbenutzt, sowie endlich das Aufsteigen der Luft an den äußeren Seiten die Reibung verminderte. Die größte Absenkungstiefe im Boden betrug nur 2,5 m und die größte Pfeilerhöhe von der Fundamentsohle bis zum höchstem Wasser 6 m.

Der Caisson bestand aus zwei durch die Decke getrennten Teilen, wovon der untere den Arbeitsraum von 2,5 m Höhe und der obere den Behälter für die aus Kies bestehende künstliche Belastung bildete. Diese Belastung war zunächst zur Überwindung der Widerstände bei der Absenkung notwendig und durfte nach geschehener Senkung höchstens soweit vermindert werden, dass sie dem Gewichte der verdrängten Wassermenge entsprach. Dieser Belastung wegen ist die Decke der starken eisernen Balken versehen und mit der unteren Seitenwand durch Konsolen verbunden, die sich gegen senkrechte Ständer der Wand stützen. Sobald der Caisson für die Widerlager bis über den Wasserspiegel nach entsprechender Vollendung des Mauerwerks gehoben werden konnte, wurde er in zwei Teile geteilt, auf Schienen ans Ufer gebracht und auf Böten wieder an die Stelle des andern Widerlagers gebracht. Drei Schächte mit Luftschleusen dienten zur Passage für Arbeiter sowie zum Durchbringen von Materialien. Der mittlere gestattete das Einbringen von 1,0, 0,8 und 0,6 m großen Quadern.

Zerlegbarer Taucherschacht.

Ein in Fig. 6, Taf. VII, dargestellter Taucherschacht, welcher nach Belieben auseinandergenommen und namentlich auch als Senkkasten zum Fundiren von Pfeilern in offenem Wasser, aber ohne komprimirte Luft gebraucht werden kann, ist von Montagnier im Jahre 1880 zuerst hergestellt und von Liébeaux mit mehreren pneumatischen Fundirungen ausführlich beschrieben. Er ist gebraucht bei dem Bau einer Brücke, bei welcher die Wassertiefe gewöhnlich 2 m betrug und der Untergrund felsig war. Bei einer mäßigen Anschwellung von kaum 1 m wurde aber die Strömung so reißend, dass Einzeltaucher nicht mehr brauchbar erschienen. Unter diesen Umständen war ein Caisson sehr erwünscht, jedoch die dauernde Anwendung komprimirter Luft nicht unbedingt geboten.

Der bei ähnlichen Gelegenheiten völlig wiederzubenutzende Schacht besteht

⁴⁵⁾ O. Möllinger. Über pneumatische Foundationen ausgeführt mit beweglichem Caisson, System L. Montagnier. Schweiz. Bauzeitg. 1883. S. 43. Vergl. auch Ann. d. ponts et chaussées. 1881 I. S. 323.

aus einem, den zu erbauenden Pfeiler mit einigem Spielraum umgebenden Blechkasten von etwa 5 m Höhe. Der Spielraum erleichtert die Anwendung wegen der Absteckung, indem die genaue Bestimmung des Pfeilers erst nach der ungefähren Anbringung des Schachtes erfolgt. Derselbe hängt dabei in üblicher Weise mit Schraubenspindeln an einem zwischen zwei Fahrzeugen befindlichen Gerüste, wobei das Gewicht unter Umständen vermindert werden kann entweder durch Abnahme der beweglichen Decke oder aber durch vorheriges Einpumpen komprimierter Luft in den oben abgeschlossenen Schacht. Die an den beiden Pfeilerenden abgerundete und so eine kontinuierliche Fläche bildende Seitenwand des Schachtes oder der Glocke besteht aus einzelnen vertikalen, etwa 2 m breiten Streifen von Blech, welche an ihren Kanten von innen mit Winkeleisen versehen sind und mittels Schraubenbolzen zusammengehalten werden. Die Dichtung jeder Fuge erfolgt durch 10 mm starke Gummistreifen. Die einzelnen Stücke sind außerdem durch vertikale und horizontale Rippen versteift. Das Dach oder die Decke wird durch circa 0,5 m hohe Balken und zwischengespannte Bleche gebildet. Zwischen jedem Balken und der korrespondierenden Wandrippe wird ferner eine Strebe eingespannt. Auch zwischen Dach und Wand, wie überhaupt in allen Fugen befindet sich eine Gummidichtung. Im Innern werden endlich nach der Zusammensetzung des ganzen Caissons noch verschiedene Querversteifungen angebracht.

In der Wand befinden sich oben ringsum zwei Reihen von Glaslinsen, die bei Tage genügend Licht ins bedeckte Innere fallen lassen. Die Decke trägt drei Schleusen für Arbeiter- und Material-Förderung. Der mit komprimierter Luft gefüllte Schacht bedarf einer starken Belastung mit Ballast, wozu an allen geeigneten Stellen Eisenbarren verwandt werden. Bei der genannten Brücke wurden während einer Anschwellung 130 t Eisen auf das Dach gepackt.

Nachdem die Pfeiler unter Anwendung von komprimierter Luft fundirt und etwas über den Boden aufgeführt waren, wurde die Decke des Schachtes entfernt und die Arbeit in freier Luft fortgesetzt. Es waren vorher von Innen zwischen den Rand des Caissons und den Felsboden fortlaufende Holzstücke eingetrieben. Man hoffte, dass durch das Gewicht des abgedeckten Caissons die Holzstücke genügende Dichtung geben würden. Dies geschah zwar nicht, aber durch eine schwache Betonschüttung von 0,10 bis 0,15 m rund um den Caisson wurde die Dichtung in dem Maße erreicht, dass das eindringende Wasser sehr leicht von Zeit zu Zeit auszuschöpfen war. Hierzu war an geeigneter Stelle eine kreisförmige Öffnung in der Wand angebracht, durch welche das Rohr der Pumpe gesteckt wurde. Die Maschine, welche vorher die Luftpumpe getrieben hatte, trieb nach geringer Veränderung mittels Treibriemen die Pumpe. Übrigens genügt es, nur an den Enden des Caissons die Decke abzureißen und die Schleusen stehen zu lassen, sobald in freier Luft gearbeitet werden soll. Alsdann ist nach Versuchen in $\frac{1}{2}$ Stunde Zeit die Arbeit abwechselnd nach Belieben mit komprimierter Luft oder in freier Luft zu betreiben. Bei einer starken Anschwellung von 5 m wurde während der Ausführung des einen Pfeilers der oben geöffnete Schacht unter Wasser gesetzt und hat durch starke Belastung der heftigen Strömung ohne Schaden widerstanden. Die Kosten des ganzen Schachtes und die Verwendung desselben bei dem Bau zweier Pfeiler haben 33600 Mk. betragen.

Indem dieser Apparat bei verschiedenen Bauausführungen in beliebigen Entfernungen wiederholt angewandt werden kann, verbindet er bei Wassertiefen

von einigen Metern und geringer Fundirtiefe die Vorteile der Fundirung mit komprimierter Luft und derjenigen mit gewöhnlichem Senkkasten⁴⁶⁾.

Ein Taucherschacht zur Erbauung der Wehre zu Coudray und Evry an der oberen Seine ist in den Ann. d. ponts et chaussées. 1884 II., ferner in Nouv. ann. de constr. 4. Sér. 1884. und auszüglich in dem Wochenbl. f. Baukunde. 1885. S. 4. mitgeteilt, welcher nach dem System Montagnier im Jahre 1882—83 angewandt worden ist. Zu dem 79,29 m langen Wehre ist derselbe Schacht von rund 20 m Länge und 7 m Breite viermal verwandt. Er hat der Länge nach drei Einsteige- und Förderschächte.

§ 10. Tauchertunnel und ähnliche Vorrichtungen. Nach den vielseitigen und großartigen Erfolgen, welche die Benutzung der komprimierten Luft zur Fundirung im Wasser oder zur Herstellung von Taucherglocken und Taucherschächten sowie auf dem Gebiete der Einzeltaucherei in kurzer Zeit errungen hat, kann es fast auffallen, dass speciell zur Herstellung von Tunneln unter Flüssen oder in schwimmendem Gebirge erst so wenig Anwendung von komprimierter Luft gemacht worden ist, zumal da der erste gelungene Versuch von Triger bei bergmännischen Arbeiten ausgeführt wurde.

Es scheint aber bei den sich mehrenden Projekten für Unterwassertunnel und nach der weiter unten zu besprechenden Ausführung des Hudson-Tunnels bei New-York die komprimierte Luft sich auch für alle Arten unterirdischer Arbeit geltend machen zu wollen.

Neben komprimierter Luft ist endlich das Gefrierenmachen des Wassers als ein Mittel erkannt worden, unterirdische Arbeiten trotz Wasserandrang zu bewerkstelligen.

Bei den wenigen allgemeineren Erfahrungen mögen einige thatsächliche Beispiele oder bestimmte Vorschläge hier folgen. Über alle Einzelheiten des Tunnelbaues muss übrigens auf den 1. Band des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, Abteilung Tunnelbau, und auf die Tunnelbohrmaschinen in Kap. X der Baummaschinen Bezug genommen werden.

Taskin's Tauchertunnel.

Für die Herstellung von Tunneln unter Flüssen oder Gallerien in Bergwerken bei sogenanntem schwimmendem Gebirge ist nach einem in der Pariser Ausstellung von 1878 ausgestellten Projekt von Taskin⁴⁷⁾ folgender auf Benutzung komprimierter Luft beruhender Apparat erfunden worden, der dem von Barlow bei dem im Jahre 1869 unter der Themse in London ausgeführten zweiten Tunnel benutzten »Schilde« einigermassen ähnlich ist. Er besteht in einem, das innere Ende des Tunnels (den Ort) bis auf ein unteres kleines Segment absperrenden Schild, welcher die Stirnfläche eines liegenden Cylinders bildet. Dieser mit komprimierter Luft gefüllte Cylinder gleitet mit einem stopfbüchsenartigen Verschluss als Futteral auf einem etwas engeren Cylinder und kann mittels mehrerer, zwischen beiden Cylindern angebrachten hydraulischen Pressen vorgetrieben werden. Der hintere engere Cylinder dient zugleich als Luftschleuse, deren vordere Thür nach dem vorderen Cylinder, die hintere nach dem fertig gestellten Tunnel führt. In ihr liegt eine Bahn für Transportwagen, die durch jene Thüren hindurch gelangen können. Im Mittelpunkte

⁴⁶⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1881 I. S. 323.

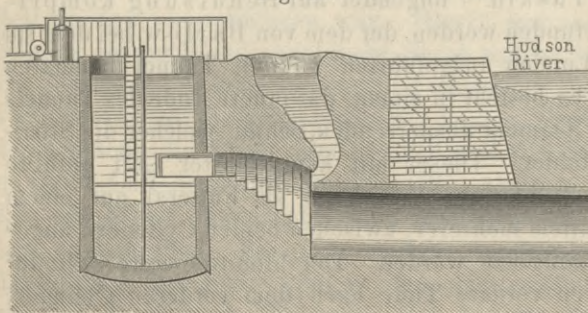
⁴⁷⁾ Revue univers. 1880 II. Tome VIII, S. 264. — Vergl. auch Baummaschinen. 2. Abteilung. S. 402.

des Schildes befindet sich die horizontale Axe eines Bohrers oder mit Zähnen versehenen Flügels, welcher vor dem Schilde den Erdboden auflockert. Durch die untere Segmentöffnung des Schildes reicht ein schrägliegender Eimerbagger, welcher den von dem Bohrer gelockerten Boden in die Transportwagen fördert. Der Bohrer und der Bagger werden durch eine einzige Maschine mit komprimierter Luft getrieben. Das Ganze ist im Princip als ein horizontal liegender Taucherschacht anzusehen, wobei nur der Boden durch einen Schild gegen das Einrutschen der Erde abgeschlossen ist.

Pneumatischer Tunnelbau zwischen New-York und New-Jersey.

Die erste größere Anwendung komprimierter Luft für Tunnelbau wurde seit 1880 bei dem Bau des Tunnels unter dem Hudson zwischen New-York und New-Jersey gemacht.⁴⁵⁾ Der Tunnel ist für Eisenbahnverbindung beider Städte bestimmt, um namentlich im Winter die Schwierigkeiten des Fährbetriebs durch Eis und Nebel zu vermeiden. Die Länge unter dem eigentlichen Flusse allein beträgt rund 1700 m. Der Hudson ist an der New-Jersey Seite seicht, in der Nähe des New-York-Ufers aber 18,3 m tief, besitzt dort ein Bett aus Thon, hier dagegen aus Sand und Gerölle, welches an einigen Stellen von Felsen durchsetzt wird. Der Tunnel soll mit seinem Scheitel 9 m unter der Sohle des Flusses bleiben und annähernd derselben parallel laufen. Er ist ein sogenannter Zwillings-Tunnel mit zwei gleichen elliptischen Röhren von 4,73 m Weite und 5,49 m Höhe im Lichten. Seine Wandung besteht im wesentlichen aus nur 0,61 m dickem Ziegelmauerwerk in bestem Cement mit einer äußeren Umhüllung von 76 mm dickem Eisenblech. Die Platten sind mit Ausnahme einzelner in 0,61 m Breite und 1,83 m Länge (nach der Peripherie des Tunnels) an allen vier Seiten mit 62 mm breiten aufstehenden Rändern untereinander zusammengeschrubt und direkt gegen den sorgfältig abgestochenen Erdboden verlegt. Dabei sind die Platten im Scheitel des Tunnels zuerst und zwar an dem vorhergehenden Ringe befestigt, indem die Erde in drei Absätzen an der Stirn abgegraben wird. Die Maurer folgen den Eisenarbeitern auf dem Fuße nach, wobei der Raum durch elektrisches Licht erhellt wird.

Fig. 26.



Der ganze Tunnelraum steht dabei unter dem Druck komprimierter Luft, der an der New-Jersey-Seite nur $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Atm. betrug, aber ausreichte, um den Tunnel frei von Wasser zu halten.

Wie an anderen Flusstunneln wurde auch hier und zunächst am New-Jersey-Ende ein großer senkrechter Brunnen, siehe Fig. 26, von 9 m Weite und

etwa 18 m Tiefe gebaut in cirka 30 m Entfernung vom offenen Wasser, welches mit einem aus Holz und Stein erbauten Bollwerk eingefasst ist. Der Brunnen hat

⁴⁵⁾ Scient. American, 1880 und folgende Jahrgänge.

1,22 m Wandstärke und sollte mit seiner Sohle gerade so tief liegen wie die demnächstige Fahrbahn des Tunnels. Doch wurde er schon bei halber Tiefe benutzt, um von dort aus mittels einer in seiner Wandung angebrachten Luftschleuse die Arbeiten des Tunnels beginnen zu können.

Die Luftschleuse ist wie ein liegender Dampfkessel gestaltet, 1,83 m im Durchmesser, 4,57 m lang und kann 20 Mann zugleich aufnehmen. Sie ist ferner durch ein horizontales Schienengleis für kleine Wagen passierbar, welche das Material nach dem Tunnel hineinschaffen. Die Mannschaft verständigt sich von der Schleuse aus durch geschriebene Zettel, die gegen ein Fenster gehalten werden, vorzugsweise aber durch ein Telephon. Die Zuführung der frischen komprimierten Luft geschieht von einem in dem Brunnen stehenden Kompressor, von dem aus das Zuführungsrohr am jeweiligen Ende des Tunnels an der Decke mündet, um eine Cirkulation der Luft zu bewirken.

Nachdem vom Frühjahr 1880 bis zum 21. Juli glücklich gearbeitet war, brach auf der New-Jersey-Seite das zwischen dem vorläufigen Anfangspunkt des Tunnels und dem Brunnen liegende lose und nur durch Blechplatten gestützte Erdreich ein. Die Erde bestand hier hinter dem Uferbollwerk aus angeschütteter Masse, durch welche sich zunächst die komprimierte Luft einen Weg suchte und danach dem mit Wasser durchzogenen Boden Gelegenheit gab, plötzlich in jenen Zwischenraum hinabzustürzen. Bei dieser Katastrophe verloren von 28 Arbeitern 20 ihr Leben, während sich nur 8 in die Luftschleuse retteten.

Zur Beseitigung des entstandenen Schadens und zur Fortsetzung der Arbeit wurde zunächst die eingestürzte Stelle der Oberfläche mit einer etwa 12 m tief reichenden starken Spundwand eingefasst und der eingeschlossene Raum unter Wasserschöpfen ausgehoben. Der starke Wasserandrang vereitelte aber ein genügend tiefes Vordringen, weshalb beschlossen wurde, einen Taucherschacht abzusenken; derselbe war im Inneren 12,5 m lang, 7,6 m breit und fast 6 m hoch im Scheitel. Er war aus starken Hölzern zusammengesetzt, im Inneren mit Bohlen bekleidet, mit Beton in den Zwickeln angefüllt und hing mit seiner eisernen Schneide an den beiden Schmalseiten an je drei Schraubenspindeln, die auf der vorhin erwähnten Spundwand ihre Unterstützung fanden. Die beiden Langseiten waren geradlinig aus starken Balken hergestellt, welche durch die inneren Hölzer abgesteift waren. Durch den Scheitel ragte ein eiserner Schacht, dessen oberer Teil eine Arbeitskammer mit seitlich angebrachter Luftschleuse enthielt; vergl. § 5 und 6.

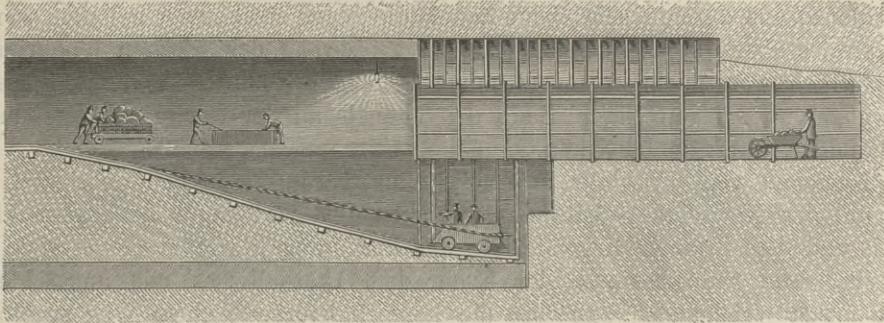
Zur Beseitigung der Erde aus dem Innern diente ein in § 7 beschriebenes Blasrohr, wobei die Erde vorher in einem Gefäße mittels Wasser aufgeweicht wurde. Gegen Anfang Oktober 1880 war der Taucherschacht bis auf die Scheitel der Tunnelrohre abgesenkt, woselbst die Leichen der verunglückten Arbeiter gefunden wurden. Durch weitere Senkung des Schachtes, wobei die unteren Teile der Langwände abgeschnitten werden mussten, wurde eine massive Stirnmauer auf beiden einzelnen Tunnelrohren ermöglicht, sowie die Fortsetzung eines einheitlichen Tunnels bis zu dem senkrechten Endschacht.

Im Dezember 1880 entstand freilich infolge einer Senkung des Uferbollwerks, dessen Untergrund und Füllerde ausgewaschen waren, für das eine der beiden erst bis zu jenem Bollwerk fortgeschrittene Tunnelrohr eine weitere Störung. Der daselbst entstandene Hohlraum wurde jedoch von der Landseite aus dadurch aus-

gefüllt, dass durch ein 15 mm weites Rohr Thonklumpen mittels der komprimierten Luft hineingeblasen wurden.

Für die spätere glücklich verlaufene Fortsetzung der Tunnel sind jedoch vom Jahre 1881 an in jedem Tunnelrohr nach Art der sogenannten Firststollenenge, aus Blechen konstruierte Tunnel vorgetrieben worden; siehe Fig. 27. Auf

Fig. 27.



deren Außenseite stützten sich hölzerne Spreitzen, die die Bleche des Haupttunnelrohrs trugen, bis das Mauerwerk desselben von unten herauf genügend vorgeschritten war. Ferner wurden stets nahe den jeweiligen Enden der Tunnelrohre solide Wände mit zwei Luftschleusen eingefügt, sowie auch die untere Hälfte des Endes stets von einem dichten Schilde gedeckt wurde.

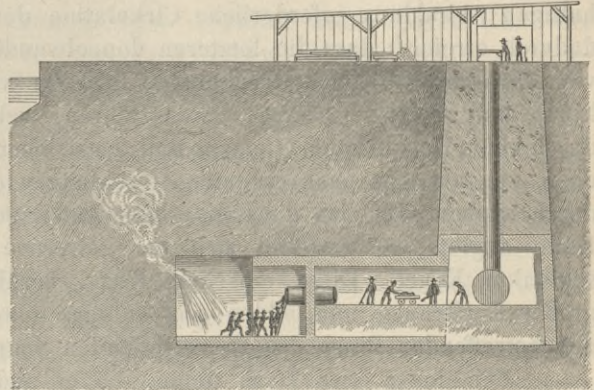
Bei einer im Sommer 1881 angestellten Probe des vorgetriebenen und noch im Bau begriffenen Teiles ergab sich, nach allmählicher Abnahme des Luftdrucks, nur in der letzten Strecke auf etwa 10 m Länge ein Eindringen von Schlamm und Verbiegen der noch nicht ausgemauerten äußeren Blechplatten. Dieser Versuch zeigte deutlich den Nutzen der komprimierten Luft für die Ausführung dieses Tunnels.

Bis zum April 1883 waren die zwei Tunnelrohre von der New-Jersey-Seite um beziehungsweise 473 und 271 m vom Endpunkte aus ohne Unfall vorgeschritten. Schwieriger als auf der New-Jersey-Seite war der erst gegen Ende des Jahres 1881 begonnene Bau auf der New-York-Seite; sowohl wegen der größeren Tiefe als auch namentlich wegen des sandigen und wasserdurchlässigeren Bodens. Es wurden zwar verschiedene Vervollkommnungen infolge der jenseitigen Erfahrungen getroffen; so wurde der Anfangspunkt durch einen großen Taucherschacht gebildet, welcher im Boden 17,7 m lang und 8,8 m breit und im Inneren 7 m hoch ist. Er gestattete nach Wegnahme der vorderen Breitseite die Fortführung der beiden Tunnelrohre nach der Mitte des Flusses hin.

Die Erde wurde beim Absenken und bei dem weiteren Fortschreiten der Tunnel in verschiedener Weise herausbefördert und zwar die thonigen Massen nach Aufweichung, die Sandmassen aber direkt durch ein starkes Blasrohr, die größeren Massen endlich durch eine Luftschleuse mittels Kübeln. Der Arbeitsraum im Taucherschacht war in der Unterkante der Luftschleuse durch einen hölzernen Boden in zwei Teile geteilt. Der Luftdruck hat meist $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Atm. betragen.

Im August 1882 ereignete sich jedoch ein durch Fig. 28 dargestellter Einbruch des vorderen Schildes. Es wurde nämlich auf dieser Seite jedes Tunnelrohr in Sektionen von 4,57 m allmählich von oben nach unten mit den äußeren Blechtafeln ausgekleidet und am vorderen Ende mit einer völlig senkrechten Blechwand verkleidet, welche erst wieder weggeräumt wurde und zwar stückweise von oben her, sobald fast die ganze Sektion ausgemauert war. In dieser Blechwand oder dem Schilde entstand ein Leck durch Ausspringen einer Platte, wodurch zunächst ein Luftverlust in diesem vordern Raum und sodann ein Einbruch von Wasser, Sand und Schlamm erfolgte. Die gegen solche Fälle getroffene Sicherheitsmaßregel, dass in dem fertigen Tunnel nahe dem Ende eine feste Wand mit einer Luftschleuse aufgeführt war, bewährte sich dabei vollkommen, indem sämtliche Arbeiter sich durch jene Luftschleuse in den hinteren Teil des Tunnels retteten und nur der vordere Teil sich unten mit Steinen und Sand, oben mit Wasser füllte. Später wurde durch die Luftschleuse ein Einzeltaucher in den vorderen Raum geschickt, welcher genau konstatierte, dass die ganze Vorderwand an verschiedenen Stellen beschädigt war.

Fig. 28.



Nach Ausfüllung der beschädigten Stellen mit Sandsäcken und Austreibung des Wassers mit komprimierter Luft wurde weiter gearbeitet und zur größeren Sicherheit jede vordere, nur mit Blechen ausgekleidete Sektion auch mit einem starken Holzgerüste ausgesteift, welches von oben nach unten stückweise eingebaut und umgekehrt wieder beseitigt wurde⁴⁹⁾. Der ganze Tunnel ist noch unvollendet.

Gefrierverfahren von Poetsch.

Zu den in der Überschrift dieses § zusammengefassten Vorrichtungen möge auch die im Jahre 1883 bekannt gewordene Methode von Poetsch⁵⁰⁾, mittels künstlichen Gefrierens des umgebenden wasserhaltigen Erdbodens einen Schacht abzusenken, gezählt und hier kurz besprochen werden. Es hat dieses Verfahren bereits mit Erfolg in Kohlengruben bei Aschersleben etc. Anwendung gefunden und zwar nachdem eine beliebig große obere Tiefe in trockenerem Boden durch übliche Auszimmerung oder in anderer Weise überwunden war. Um nun die wasserhaltigen Sand- oder Schlammsschichten ebenso sicher und in beliebiger Ausdehnung

⁴⁹⁾ Scient. American. 1880. 7. Febr. 8. Mai. 7. Aug. 18. Sept. 9. Oct. 1881. — 4. Juni. 3. Sept. — 1882. 28. Jan. 2. Sept. — 1883. 28. April.

⁵⁰⁾ L. Brennecke. Das Gefrier-Verfahren von F. H. Poetsch und seine Anwendbarkeit im Bau-Ingenieurwesen (Gefrier-Gründung). Centralbl. d. Bauverwltg. 1883. S. 461. — Handbuch für Baukunde. Grundbau. S. 307.

zu durchdringen, werden an dem Umfange des Schachtes Gefrierrohren eingetrieben, in denen eine Chlorcalcium-Lauge von niedriger Temperatur cirkulirt. Der Gefrierpunkt dieser in Eis- oder Kaltluftmaschinen angewandten Flüssigkeit liegt auf -40°C ., braucht jedoch bei weitem nicht erreicht zu werden, um durch die dünnwandigen eisernen Röhren dem im Erdboden enthaltenen Wasser soviel Wärme zu entziehen, dass sich um jedes Rohr ein erheblicher Eiskörper bildet. Die zur nachhaltigen Abkühlung erforderliche Cirkulation der Flüssigkeit in den Röhren wird dadurch erreicht, dass die letzteren doppelwandig sind, und zwar tritt die Lauge von oben mittelst einer Druckpumpe in 3 cm weiten Röhren ein, geht in diesen hinab und steigt in 20 cm weiten Röhren, welche nach ihrem Eintreiben unten durch einen Holzpfropfen, Cement und dergleichen geschlossen werden, wieder nach oben, um von dort nach erneuter Abkühlung wieder durch jene Druckpumpe hindurchzugehen. Da sich die Lauge beim Aufsteigen erwärmt, also unten die meiste Kälte abgibt, so gestaltet sich der gefrorene Körper um jedes Rohr wie ein schlanker Kegel. Diese einzelnen Kegel berühren sich zunächst bei nicht zu großer Entfernung und bilden die Anfänge einer einheitlichen Eiswand, welche den betreffenden Raum des zu vertiefenden Schachtes umgibt.

Bei einem etwa 70 m tiefen, 4,7 m und 3,14 m weiten Schacht, in dem unten eine 5,5 m mächtige Triebandschicht zu durchdringen war, wurden 23 solcher Röhren von dem unteren Ende des übrigens ausgezimmerten Schachtes eingetrieben und an ihren oberen Enden mit der gemeinschaftlichen Zu- und Ableitung verbunden, welche durch den Schacht aufsteigend an der Oberfläche mit der Kältemaschine in Verbindung standen. Die Lauge war in dieser Maschine nur auf -25° abgekühlt und zeigte bei dem Heraustreten aus der gefrorenen Erdschicht noch -19° , während die ursprüngliche Temperatur dieser Schicht $+11^{\circ}\text{C}$. betrug. Der gefrorene Trieb sand hatte die Härte des Flußspates, muscheligen Bruch und verhielt sich übrigens ganz wie hartes Gestein, abgesehen von der Einwirkung der Wärme.

Nach diesem ausgezeichneten Erfolge der Methode von Poetsch empfiehlt Brennecke, sie auch zu Gründungen unter Wasser zu verwenden. Sein durch Zeichnungen veranschaulichter Vorschlag geht dahin, von Taucherschächten der neueren Art aus, nach Durchsenkung des offenen Wassers, in schräger Richtung den weichen Boden mit Gefrierrohren zu durchsetzen, um innerhalb des geräumigen Eismantels eine Schachtzimmerung von der nötigen Weite aufzuführen und im Schutze dieser das Fundament etc. aufmauern zu können. Zwischen der Schachtzimmerung und dem Eismantel denkt sich Brennecke nötigenfalls einen mäßig kalten Raum, damit weder der innere Raum des Schachtes mit Rücksicht auf das Mauern zu kalt, noch auch das Abtauen des Eismantels durch die Wärme dieses Raumes zu bedeutend werde. Auch nimmt er eventuell statt Mörtel mit Wasser andere Mischungen von Teer, Pech etc. in Aussicht, um den Frost unschädlich zu machen.

Die weiteren Einzelheiten dieses Vorschlages siehe an angegebenem Orte; vergl. auch Deutsche Bauzeitg. 1884. S. 482.

C. Apparate für Einzeltaucher.

§ 11. Luftbeschaffung und Zuführung. In § 1 ist bereits kurz mitgeteilt, dass die Elemente der jetzigen mannigfaltigen Apparate schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts bekannt und in Anwendung waren. Aber es fehlte an einer für größere praktische Leistungen genügenden Sicherheit in der Kombination der einzelnen Stücke und an der soliden Herstellung der letzteren. Erst die Konstruktion tüchtiger Luftdruckpumpen und sicherer Schläuche, sowie die Beschaffung absolut wasserdichter Stoffe für Taucheranzüge mittels Gummi (Kautschuk) gestattete es, dass Taucher in sicherer Ausrüstung stundenlang in großer Tiefe arbeiten können.

Die erste wirklich zweckmäßig und in größerem Umfange brauchbare Verbindung von Luftpumpe und Taucheranzug lieferte im Jahre 1850 Cabirot⁵¹⁾ in Paris unter dem Namen Skaphander, welcher Apparat sich noch bis auf die neueste Zeit erhalten hat. Es wird dabei die Luft direkt von der Luftpumpe in den Helm des Tauchers gedrückt, freilich unter Anwendung eines kleinen Zwischenreservoirs, welches dem Taucher die Luft nicht so stoßweise wie bei direkter Zuführung mitteilt und im Notfalle noch 5 Minuten nach Stillstand der Pumpe zur Speisung dient.

Wenngleich diese einfachere Anordnung noch an manchen Stellen Anwendung findet, so ist doch durch die Einschaltung des von dem französischen Bergingenieur Rouquayrol zu Firmy erfundenen und im Jahre 1867 zuerst auf der Pariser Ausstellung bekannt gemachten Regulator-Apparates eine so wesentliche Verbesserung eingeführt, dass die folgenden specielleren Beschreibungen diesen Apparat voraussetzen.

Derselbe ist von den Gebrüdern Denayrouze in Paris längere Zeit hindurch fabricirt worden, bis L. v. Bremen in Kiel anfangs als Teilhaber dieser Fabrik auftrat und seit einiger Zeit in den Alleinbesitz des Patentes und der Fabrikation gekommen ist. Die specielle Beschreibung erfolgt in § 12, doch ist eine Hinweisung auf diesen Apparat, welcher den Taucher von der Luftpumpe möglichst unabhängig macht, schon vor Beschreibung der letzteren notwendig.

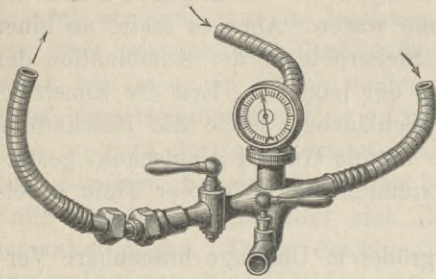
Luftpumpen.

Die jetzt zum Betriebe der Einzeltaucherei gebräuchlicheren Luftpumpen sind zunächst die in Fig. 1 u. 15, Taf. VIII, dargestellten zweistiefeligen Druckpumpen mit feststehendem Kolben und beweglichen Cylindern. Die beiden Figuren unterscheiden sich insofern, als die erstere eine Pumpe für mäßigen Druck von etwa 4—5 Atm. darstellt, welche ausreicht, um direkt die Taucher mit einer der größten Tauchungstiefe entsprechenden Luft zu versehen, während die in der letzteren Figur dargestellte Pumpe für Hochdruck eingerichtet ist, worunter diejenige Kompression verstanden wird, welche zur ausgiebigen Füllung möglichst kleiner Reservoirs dient. Bei der ersteren ist die Konstruktion der beiden Cylinder

⁵¹⁾ Über den Taucherapparat Skaphander von Cabirot. Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1859. Bd. V. S. 393.

eine völlig gleiche, indem die von unten in den offenen Cylinder bei dessen Niedergang durch das Kolbenventil, Fig. 2, eingelassene Luft in dem oberen Teil des Cylinders komprimirt wird und durch die Öffnung *o* des Luftdruckventils, Fig. 3, in den Schlauch ausströmt. Die an dem Luftdruckventil jedes Cylinders sitzenden Schläuche vereinigen sich in einiger Entfernung von der Pumpe zu dem nach dem Taucher führenden Hauptschlauche; siehe nebenstehende Figur 29.

Fig. 29.



Durch entsprechendes Pumpen kann die Spannung der Luft allerdings beliebig, zum Beispiel auf 40 Atm. gesteigert werden, doch ist zu so hohem Druck die in der Fig. 15, Taf. VIII, dargestellte Hochdruckpumpe geeigneter. In dieser gelangt die äußere Luft zunächst unten in den großen Cylinder, der ganz ähnlich, nur größer wie die Cylinder der vorigen Pumpe ist, geht bei dem Niedergange durch das Luftdruckventil *k* und durch den daran befestigten Schlauch in den unteren Teil oder den hohlen Kolben des kleinen oder eigentlichen Hochdruckcylinders. Indem aber oben in diesem Kolben ein Saugventil, Fig. 13, sich befindet, welches sich bei dem Aufgange des kleinen Cylinders öffnet, so gelangt die bei dem Niedergange des großen Cylinders in diesem schon etwas komprimierte Luft gleich in den eigentlichen Raum des kleinen Cylinders, dessen oberes Druckventil *k*₁ alsdann geschlossen ist. Geht nun der kleine Cylinder nieder, so wird bei sofortigem Verschluss des Saugventils in seinem Kolben die aus dem großen Cylinder in den kleinen gelangte Luft weiter komprimirt, wobei sie jedoch durch das erwähnte Druckventil des kleinen Cylinders und den daran befindlichen Schlauch entweichen kann. Selbstverständlich entspricht der Grad der Kompression dem Gegendrucke der Luft in dem Behälter, wohin sie durch die Pumpe gefördert wird.

Im einzelnen wiederholen sich übrigens die meisten Teile der beiden Pumpen, nur sind sie bei der letzteren fast sämtlich stärker als bei der ersteren. Sie haben beide eine gusseiserne Grundplatte, welche mit vier Schrauben auf eine entsprechende Unterlage geschraubt werden kann. Aus einem Stücke mit der Grundplatte besteht die hohle Säule, deren Kopf die Axe des schmiedeisernen Balanciers trägt. Denselben können zur bequemeren Verpackung die äußeren Enden der Arme abgeschraubt werden. Die Arme tragen in Ösen hohle eiserne Querstangen für einen bis vier Arbeiter.

In geringem Abstände vom Drehpunkte des Balanciers sind die Scharnire für die fast ganz aus Bronze bestehenden Cylinder angebracht; genau unter ihnen liegen, bei mittlerem Ausschlag des Balanciers, die Scharnire für die Kolben. Diese bestehen ebenfalls aus Bronze und besitzen an ihrer oberen Fläche eine Ledermanschette zur Liderung, welche mit einem Pressring niedergehalten wird. Bei dem großen Kolben der Hochdruckpumpe und den zwei Kolben der anderen Pumpe sind hierzu vier Schrauben, siehe Fig. 2, neben dem besonderen Ventil-sitz eingezogen, während bei dem Kolben des Hochdruckcylinders, Fig. 13, der in den Kolbenkopf eingeschraubte Sitz des Ventils zugleich den Pressring der Liderung bildet.

Das Spiel der Ventile wird in beiden Kolbenarten durch eine untere Schraubenmutter begrenzt. Die Ventilkörper haben zur Führung drei Rippen, zwischen denen die unten eintretende Luft bei gehobenem Kopfe entweicht.

Auf allen Cylindern werden in ähnlicher Weise die Druckventile an den Cylinderdeckeln mit Lederflansche abgedichtet und mit zwei Schrauben befestigt. Das sich bei dem Niedergange des betreffenden Cylinders öffnende Ventil hat einen konischen Sitz und wird in seinem Spiel durch das Anstoßen seiner oberen Stange gegen die im Deckel des Ventilkastens sitzende und durch eine Schraube zu regulierende Stange begrenzt. Die Ausströmungsöffnung trägt ein Gewinde zum Anschrauben des Schlauches, der zum Taucher oder bei der Hochdruckpumpe zunächst vom ersten Cylinder zum zweiten führt. Die Ventilgehäuse sind, wie nur auf der rechten Seite der Fig. 1 und in Fig. 15 gezeichnet ist, mit Kühlvasen umgeben, welche den Zweck haben, die komprimierte Luft abzukühlen. Das in dieselben durch beliebige Vorrichtung eingegossene Wasser läuft durch einen Ablasshahn wieder ab. Gegenüber dem Druckventil sitzt auf jenem Cylinderdeckel ein Metallbecher *o* nebst Hahn zum Einlassen von Wasser in den Cylinder; dasselbe dichtet die Liderung durch Aufquellen des Leders. Ist dieser Zweck erreicht, so wird durch Heben des Ventils das Wasser entfernt oder durch einige Pumpenhübe von der komprimierten Luft fortgerissen und durch das Druckventil mit ausgestoßen.

Die in Fig. 1 gezeichnete Pumpe liefert bei 10 cm Weite der Cylinder wegen der beschränkten Hubhöhe nur 81 bis 85 l in 35 Kolbenhüben.

Mit der Hochdruckpumpe, Fig. 15, können vier Mann in 2½ bis 3 Stunden das in Fig. 8 u. 9 dargestellte, 430 l fassende Reservoir mit 20–24 Atm. Spannung füllen, wenn sie nicht, wegen des nötigen Kühlens der Pumpenkolben und Ventile, Pausen machen müssten, sodass im ganzen 4–4½ Stunden Zeit dazu nötig sind.

Siebe and Gormans⁵²⁾ in London haben eine Luftpumpe für Taucher konstruiert, siehe Fig. 31, Taf. VIII, die bei direkter Luftzuführung gewisse eigentümliche Vorzüge hat. Sie kann gleichzeitig zwei unabhängig von einander und in verschiedener Tiefe arbeitenden Tauchern die ihrer Tiefe entsprechende Luft geben, indem je ein Taucher mit je einem der zwei Pumpencylinder durch einen besonderen Schlauch in direkter Verbindung steht. Nur bei Tiefen über 28 m gehören beide Cylinder zur Speisung eines Tauchers. Die ganze Pumpe befindet sich gewöhnlich in einem starken Teakholzkasten und wird durch eine mit einem Schwungrade versehene Kurbelwelle getrieben. Die zwei Cylinder stehen in einem kupfernen Gefäß *G* und werden durch das darin enthaltene kalte Wasser gekühlt.

Jeder Cylinder hat ein besonderes Manometer, welches die Tiefe des betreffenden Tauchers erkennen lässt. Die Cylinder sind doppelwirkend und haben oben und unten je ein Saugventil und ein Druckventil. Die beiden ersteren lassen die äußere Luft hinter dem sich entfernenden Kolben einströmen, die beiden letzteren verhindern, dass die in einen gemeinschaftlichen und am Ende in den Schlauch übergehenden Kanal gepresste Luft wieder zurück in den Cylinder tritt. Die Kolbenstange bewegt sich im oberen Cylinderdeckel in einer Stopfbüchse und ist mit der gekröpften Kurbelwelle durch eine Pleuelstange verbunden.

Die beiden Ausströmungsöffnungen jedes Cylinders können untereinander nach Belieben in Verbindung gesetzt werden. Es ist zu diesem Zwecke der Ausströmungskanal des einen Cylinders mit einem Dreiweghahn *H* versehen, von

⁵²⁾ Siebe and Gormans. Manual for divers etc. London 1880.

dessen Mittelpunkt aus ein Verbindungsrohr nach dem Ausströmungsrohr des anderen Cylinders geht und sich mit demselben in sanfter Krümmung vereinigt. Durch entsprechende Drehung des Hahnens kann die Luft jedes einzelnen Cylinders entweder je einem Taucher nach verschiedenen Punkten oder vermittels des Verbindungsrohres gemeinschaftlich einem einzigen mit dem Ausflussrohr des zweiten Cylinders verbundenen Taucher zugeführt werden. Jeder Cylinder nimmt bei einem Kolbenspiele 0,022 cbm frische Luft. Der Grad ihrer Verdichtung hängt von dem Gegendruck im betreffenden Taucheranzuge ab, kann also in jedem Cylinder bei zwei gleichzeitig arbeitenden Tauchern sehr verschieden sein.

Luftschläuche.

Die Luftschläuche verbinden den Taucher mit der Luftpumpe. Sie müssen absolut dicht, möglichst biegsam, gegen den inneren Luftdruck wie gegen äußere Angriffe (Berührung mit scharfen Steinen, Blechkanten etc.) widerstandsfähig sein und sich in bequemen Längen untereinander, sowie mit den beiden genannten Endpunkten verbinden lassen. Die Schläuche werden daher jetzt fast stets aus mehreren Schichten Zeug und Gummi mit eingelegtem Spiraldraht hergestellt. So bestehen die von v. Bremen & Co. gelieferten Schläuche aus drei Gummi- und zwei Leinwandwichen, mit einem in der mittleren Schicht liegenden spiralförmig gewundenen Stahldraht. Sie werden mit einem gewissen Überdruck nach der größten Zahl Atmosphären geprüft, für welche sie dienen sollen, zum Beispiel die für gewöhnliche Niederdrucktaucherei mit 10 Atm. An den Enden tragen die Schläuche je eine bronzene bewegliche Schraubenmutter und einen festen Konus. Die Schraubenansätze oder Stutzen an den Pumpen sowie an dem weiter unten zu beschreibenden Lufttornister oder bei direkter Zuführung an dem Helm sind außen mit Gewinden und innen mit konischen Ausbohrungen versehen, welche zu den entsprechenden Teilen der Schlauchenden passen. Durch das Aufschrauben der erwähnten Mutter werden beide konische Enden fest in einander gedrückt und luftdicht miteinander verbunden.

Bei der Niederdruckpumpe geht, wie oben beschrieben ist, von jedem Cylinder ein Schlauch aus, welche beide zusammen als sogenannter Gabelschlauch sich in etwa 1,5 m Entfernung von der Pumpe in einem bronzenen kreuzförmigen Rohrstück vereinigen. An der Vereinigungsstelle befindet sich ein Manometer (Luftmanometer von Bourdon), dessen Skala die jeder Wassertiefe entsprechende Kompression anzeigt und von der Mannschaft an der Pumpe genau beobachtet werden muss. Die beiden anderen Arme dieses Kreuzes dienen zum Anschrauben der eigentlichen Taucherschläuche und können jeder durch einen Hahn luftdicht abgesperrt werden. So zeigt Fig. 29, S. 68, dass nur ein Taucherschlauch angeschraubt und im anderen offenen Arm der Hahn zuge dreht ist.

Luftreiniger.

Der Luftreiniger, Fig. 14, Taf. VIII, wird namentlich bei Hochdruckpumpen wohl noch zwischen Pumpe und Taucher eingeschaltet, um diesen oder auch nur sein Luftreservoir vor mitgerissenen Wasserteilchen und Staub zu schützen. Er besteht im wesentlichen aus einem Stahlblechcylinder mit zwei Schraubenansätzen, wovon der untere mit dem Zuführungsschlauche, der obere mit dem Taucher-

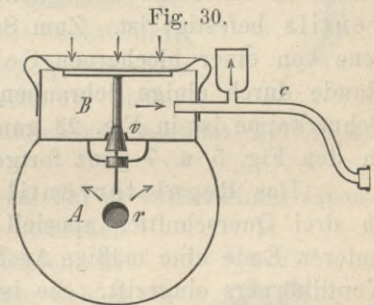
schlauche verbunden wird. Der untere Ansatz enthält ein Ventil, welches die Luft verhindert, wieder zurückzuströmen. Die Luft streicht im Innern durch zwei Flanellscheiben. Am Boden befindet sich ein Ablasshahn für das Wasser, an der Decke ein Manometer, welches alsdann das vorher beschriebene ersetzt und mit einer Einteilung bis zu 30 Atm. versehen ist.

§ 12. **Taucheranzüge und Luftreservoir.** Nach Erfindung der eigentlichen Taucheranzüge (Skaphander), wovon erst später die Rede sein wird, war also eine geschlossene Verbindung zwischen der Luftpumpe und den Respirationsorganen des Tauchers hergestellt. Es begnügen sich auch noch jetzt manche Taucher, namentlich in England, wegen der etwas größeren Einfachheit mit dieser direkten Luftzuführung von der Luftpumpe. Dieselbe hat aber die unverkennbaren Nachteile, dass der Taucher, wenn er mehrfach in der Tiefe unter dem Wasserspiegel wechselt, nicht stets diejenige Luftverdichtung bekommt, welche der Tiefe entspricht, dass er namentlich von den einzelnen Spielen der Pumpe belästigt wird und hinsichtlich der Sicherheit von der Bedienung der Pumpe und der guten Verbindung mit derselben abhängt.

Lufttornister mit Regulator.

Der von den beiden Franzosen Rouquayrol und Denayrouze erfundene und jetzt, nach Erwerbung deren Patente, nur von der Firma L. v. Bremen & Co. in Kiel hergestellte sogenannte Lufttornister beseitigt alle diese Nachteile, indem er dem Taucher eine genau der Tiefe entsprechende Luftverdichtung und eine lediglich von dessen Atem abhängige Luftzuführung sichert und ihn endlich für eine zur Rettung genügende Zeit unabhängig von der Pumpe und ihrer Zuleitung macht. Dieser im Principe ziemlich einfache, in der Konstruktion jedoch komplizierte Apparat ist in den Fig. 4—7, 11 u. 12, Taf. VIII, im wesentlichsten dargestellt.

Die principielle Anordnung ist in nebenstehender Fig. 30 angedeutet und besteht danach aus einem cylindrischen Reservoir *A* (von 8 l Inhalt), welches einen bedeutenden Luftdruck aushalten kann und direkt von der Luftpumpe mit Luft von einem in der Regel nur um 1 Atm. höheren Druck, als das umgebende Wasser ausübt, gefüllt wird. Aus diesem wie ein Tornister auf dem Rücken getragenen Reservoir kann die Luft nicht auf demselben Wege, auf welchem sie gekommen ist, entweichen, weil hiergegen das Zuleitungsrohr *r* durch ein Absperrventil geschlossen gehalten wird; sie gelangt dagegen alsdann in den oberen, ebenfalls cylindrischen Raum *B*, den sogenannten Regulator, sobald das diese beiden Cylinder verbindende Regulirungsventil *v* abwärts bewegt wird. Die Bewegung dieses Ventils abwärts erfolgt, wenn der elastische Deckel des oberen Cylinders durch den Druck des Wassers niedergedrückt wird, also wenn der Wasserdruck in der Höhe des Deckels den Luftdruck unter dem Deckel übersteigt. Sobald aber der Luftdruck den Wasserdruck übersteigt, hebt sich der Deckel und schließt das Ventil.



Indem nun der mit seinem Kopf in gleicher Höhe mit dem oberen Cylinder sich befindende Taucher, Fig. 23, Taf. VIII, aus diesem Regulator mittels Rohr *c* seine Luft entnimmt, so bewirkt er zunächst durch den Luftverbrauch eine Verdünnung der Luft im Regulator, ein Sinken des Deckels, Öffnen des Ventils und Nachströmen der komprimierten Luft aus dem Reservoir. Trotz dieser Verbindung mit dem Reservoir bekommt er aber immer nur so stark komprimierte Luft, wie der Wasserdruck auf den Deckel des Regulators es verlangt und gestattet.

Die Konstruktion des Tornisters nebst Regulator ist folgende: Das Reservoir wird aus Stahl- oder Eisenblech durch Schweißung mit größter Sorgfalt hergestellt, ist gegen Rostbildung innen und außen verkupfert. Der bronzene Ansatz, durch welchen die Luft von der Pumpe her eintritt, enthält nach außen zum Anschrauben des herabhängenden Schlauches *r* ein Schraubengewinde und nach innen ein Absperrventil. Die zum Tragen des Apparates dienende Rückenplatte ist angeietet, siehe Fig. 4, 5 u. 7. Sie hat an geeigneten Ansätzen einen an zwei kleinen Ketten hängenden Ring, welcher hinten an den Kragen des sogenannten Helmes, Fig. 23, Taf. VIII, gehakt wird, während sich an ihrer unteren Kante ein Querstück mit zwei Augen befindet, die mit dem um den Leib geschnallten Gurt verbunden werden. In der Mitte der Rückenplatte wird ein etwa 7 kg schweres Bleistück angebracht, um den Auftrieb des Apparates zu kompensieren.

Der Regulator besteht aus dem senkrechten Cylinder, welcher sich auf seinem unteren Rande der äußeren Mantelfläche des liegenden Reservoir-Cylinders anschmiegt und mit derselben durch Schweißung luftdicht verbunden ist. Der obere etwas nach außen geschweißte Rand ist horizontal begrenzt und wird von einer den Deckel bildenden Gummikappe, Fig. 5 u. 6, umfasst, welche an ihrem unteren Rande mit einem bronzenen Klemmringe fest an die äußere Fläche des Regulators gepresst wird. Die obere und untere Fläche dieser Gummikappe ist, wie Fig. 5 u. 6 zeigen, mit zwei gleichen durchbrochenen eisernen Scheiben ausgesteift, an deren Mitte die bewegliche Stange des Luftverteilungs- oder Regulirventils befestigt ist. Zum Schutze der Gummikappe und des Regulirventils ist jene von einer blechernen Schutzkappe bedeckt, welche mit ihrem unteren Rande durch einige Schrauben mit dem Regulatorgehäuse verbunden ist. Diese Schutzkappe ist in Fig. 23 ganz und in Fig. 4 teilweise dargestellt, während sie in den Fig. 5 u. 7 ganz fortgelassen ist.

Das Regulatorventil ist in den Fig. 11 u. 12 im Vertikalschnitt und in drei Querschnitten speciell dargestellt. Die erwähnte Stange hat an ihrem unteren Ende eine mäßige Ausbohrung, in welche der obere Stift des eigentlichen Ventilkörpers eingreift. Sie ist in Fig. 11 auf ihrem tiefsten, durch den kugelförmigen Wulst bedingten Stande gezeichnet und spielt nach Bedürfnis in dem an der Decke des Ventils befestigten Ventilgehäuse auf und ab. Die Luft tritt in dieses unten durch kreisförmige, fein vergitterte Öffnungen ein, dringt durch eine sternförmige Öffnung durch die den Ventilkörper tragende Scheibe, siehe Schnitt *e—f* in Fig. 12 rechts unten, und umgibt diesen frei, bis derselbe bei genügender Füllung des Regulators auf seinen obersten Stand kommt und dann mit seinem Konus sich dicht an die konische Wand des Gehäuses presst, um jede weitere Ausströmung der komprimierten Luft aus dem Reservoir in den Regulator zu verhindern. Dies geschieht etwas früher, als bis auch die an dem Regulatordeckel sitzende Stange ihren höchsten Stand erreicht, damit nicht zu viel Druck im Regulator

entsteht. So lange aber der Ventilkörper jenen Stand nicht erreicht, dringt die ausströmende Luft durch sechs feine, in dem Umfang der Stange eingeschnittene Kanäle, die mit fünf anderen Kanälen des oberen Teiles des Gehäuses, der sogenannten Regulirungshülse, siehe Schnitt *a—b* in Fig. 12, in eine bestimmte Kombination gebracht werden können, in den Raum des Regulators.

Von dem Regulator gelangt die Luft durch ein bronzenes Rohr *c*, siehe Fig. 4, dessen Einströmungsöffnung nach oben gekehrt ist und dessen äußeres Ende mit dem zum Taucherhelm führenden Schlauch verschraubt wird. Außerdem trägt aber dieses Rohr noch an einem Ansatz das sogenannte Ausatmungsventil, welches aus zwei dünnen Gummiblättern besteht, die sich wie Lippen dicht schließen, so lange nicht zwischen ihnen ein den äußeren Wasserdruck übertreffender Luftstrom ausgeht. Wie weiter unten zu beschreiben ist, muss der Taucher aus seiner Lunge diesen Strom beim Ausatmen bilden.

Der Taucheranzug mit Helm.

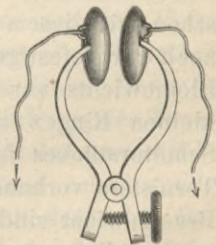
Eine der gebräuchlichsten und besten Formen des Helmes, wie ihn zum Beispiel die Firma L. v. Bremen & Co. in Kiel liefert, zeigt Fig. 23. Der Helm steht zunächst mit dem von dem Regulator des Tornisters kommenden Rohre *c* in Verbindung; vergl. Fig. 4, Taf. VIII. Die Luft kann sich nun zwar in dem ganzen Inneren des Helmes und des luftdicht damit verbundenen Anzuges, soweit dieses nicht vom Taucher selbst ausgefüllt wird, verbreiten, sie gelangt aber in der Regel zum Munde des Tauchers durch ein besonderes Rohr, siehe nebenstehende Fig. 31, welches die innere Fortsetzung des außen am Helm sichtbaren Rohres *c* bildet. Der Zweck davon ist, dass der Taucher stets möglichst reine Luft erhalte, die also nicht schon durch die Ausdünstung seines Körpers verunreinigt ist. Jenes innere Rohr legt sich mit einem aus Gummi bestehenden Mundstück gerade vor den Mund des Tauchers. Derselbe nimmt die rechtwinklig zum Rohre stehende, in der Mitte mit einer Öffnung versehene Platte in den Mund zwischen Zähne und Lippen, packt zur Sicherheit die kleinen daransitzenden Lappen mit den Zähnen und schließt die Lippen fest um das Rohr.

Fig. 31.



Um das Einatmen durch die Nase zu verhindern, hat er vorher einen Nasenklemmer aufgesetzt; siehe Fig. 32. Einige Taucher schließen auch die Ohren durch einen ölgetränkten Baumwollpfropfen. Er atmet also nur durch den Mund ein und aus und zwar beides mit Hilfe des am Regulator befindlichen Rohres. Dabei ist nun nicht zu vermeiden, dass ein Teil der ausgeatmeten Luft, statt aus dem Ausblaseventil ins Wasser, wieder in den Regulator geht und dass somit der Taucher auch immer von dieser Luft wieder einen Teil einatmen muss.

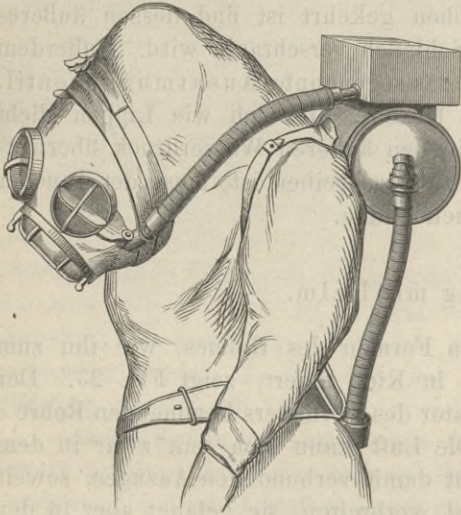
Fig. 32.



Es möge hier eingeschaltet werden, dass mit Hilfe eines direkt vom Regulator nach dem Munde des Tauchers führenden Rohres und des Nasenklemmers geübte Taucher in wärmerem Wasser auch ohne Helm und Anzug imstande sind, Taucherarbeiten zu verrichten. In heißen Klimaten wird diese Methode sogar vorgezogen.

In kälterem Wasser würde auch ein abgehärteter Mensch nicht stundenlang arbeiten können, wenn nicht eben die im Helm und Anzuge enthaltene komprimierte Luft ihn warm hielte und die direkte Berührung mit dem Wasser unmöglich machte. Nur die Hände sind von diesem Schutze gewöhnlich ausgeschlossen.

Fig. 33.



Die Einzelheiten des Helmes und Anzuges sind nun gewöhnlich folgende: Der aus getriebenem Kupfer bestehende, aber innen verziinte Helm besitzt vier Fenster, sodass dem Taucher, wenn er sich vorwärts bewegt, fast alles vor ihm befindliche in's Auge fallen wird. Es gibt namentlich für Bernsteinfischer, die fast nur am Boden zu suchen haben, abweichend von dieser Form, sogenannte Masken, siehe nebenstehende Fig. 33, bei denen das Hauptfenster nach unten gerichtet ist. Dieses Hauptfenster kann losgeschraubt werden und wird erst zugegeschraubt, wenn der Taucher ganz zum Untertauchen fertig ist. Es ist auch bei einigen Helmen als Klappe um ein Scharnier drehbar und muss dann eine Gummidichtung ringsum haben.

Vor dem Gesicht befindet sich ein mit einem kurzen Hebel drehbarer Hahn zum Auslassen überflüssiger Luft; siehe Fig. 23, Taf. VIII. Durch das Öffnen dieses Hahnes einerseits sowie umgekehrt dadurch, dass der Taucher jenes Einatemrohr aus dem Munde lässt und dann bei dem Ausatmen alle Luft in den Helm und Anzug bläst, kann er sich nach Belieben schwerer oder leichter machen. Mit letzterem muss jedoch vorsichtig verfahren werden, damit nicht etwa der Taucher gegen seine Absicht an die Oberfläche treibt, was sehr gefährlich werden kann.

Der Helm besteht übrigens aus zwei Hauptteilen, dem bis auf die Anbringung des Hörrohres, siehe weiter unten, beschriebenen Kopfstück und dem darunter befindlichen Schulterstück. Beide sind mit breiten Flanschen versehen, welche den besonders dicken Gummikragen des Anzuges zwischen sich fassen. Durch drei oder bei anderen Helmen auch mehrere Schrauben werden beide Flanschen mit diesem Kragen fest zusammengepresst. Das Schulterstück dient sodann noch zur Befestigung eines in Fig. 23 herzförmig angegebenen, etwa 10 kg schweren Bleigewichts vor der Brust, welches auch unter Umständen noch an den zwei kleinen Ringen unter dem Mittelfenster angehängt wird. An der Rückseite des Schulterstückes ist, wie schon oben erwähnt wurde, ein Haken zum Tragen des Tornisters vorhanden. Das an dessen Rückenplatte befindliche Gewicht und das Brustgewicht sind erforderlich, um den Auftrieb von Tornister, Helm und Anzug grobenteils aufzuheben. Hierzu sind aber außerdem noch die an den Schuhen befindlichen Bleisandalen nötig.

Der übliche Taucheranzug wird durch die Fig. 23 u. 30 veranschaulicht, wobei jedoch in letzterer Figur die vor dem Bauche befindlichen Schläuche

und Hähne nicht zu dem gewöhnlichen Taucheranzuge, sondern nur zu dem weiter unten zu beschreibenden Hochdrucktaucheranzuge gehören.

Der am Anzuge befindliche Kragen muss so weit sein, dass der Taucher von oben mit seiner ganzen Figur hindurchsteigen kann. Um namentlich alle Biegungen zu ermöglichen, ist der Anzug weit, an den Füßen geschlossen und besteht aus zwei Lagen eines dicht gewebten Stoffes mit einer Einlage von reinstem Gummi. Am Kragen und an den Manschetten der Handgelenke sind noch durch äußere Gummistücke Verstärkungen angebracht. Über jene Manschetten werden zur Dichtung des Anschlusses noch Gummibänder gezogen. Etwaige gegen Kälte schützende Handschuhe werden gleichfalls durch Gummibänder versichert. Vor den Knien wird der Anzug durch aufgelegte Flicke verstärkt. Um den Leib ist ein Gurt angebracht, der sowohl den Tornister tragen hilft (siehe oben) als auch verhindert, dass der Anzug sich zu sehr aufbläst. Um den Druck des Helmes auf die Schultern zu mildern, werden im Anzuge auf jene Pferdehaarkissen gelegt. Endlich gehört noch ein um den Hals des Tauchers gebundener Spucksack aus Leinwand zum Anzuge.

Die Unterkleider bestehen in der Regel aus Wolle und werden solche oft noch über dem gewöhnlichen Unterzeuge des Tauchers der nötigen Wärme wegen und zum Schutze des eigentlichen Taucheranzuges gebraucht.

Die Taucherschuhe sind auch dann, wenn der Taucher ohne Anzug und Helm taucht, ein unentbehrlicher Teil des Apparats und zwar der Stabilität wegen. Sie bestehen aus Rindsleder mit Riemen und Schnallen und haben 10 kg schwere Bleisohlen.

Am Gürtel trägt der Taucher ein zum Aufschlagen mit breitem Rücken versehenes Messer in bronzener Scheide mit Lederlinderung, welches ihm als vielfaches Werkzeug dient, ferner ein messingenes Ohr, wodurch der Taucherschlauch gezogen und zum Tornister geführt wird. Ferner schlingt der Taucher ein biegsames Manilla-Hanfseil um den Leib, welches ihm als Signalleine zur Verbindung mit den an der Luftpumpe arbeitenden Leuten, sowie zum etwaigen Heraufholen oder Herablassen durch andere Arbeiter dient. Die Leine ist wie eine Lotleine von Meter zu Meter mit Zeichen versehen; sie wird mit einem Bindfaden am linken Handgelenk befestigt, damit sie zur Abgabe von Zeichen gleich zur Hand ist. Der Arbeiter über dem Wasser muss ebenfalls die Leine stets in der Hand halten. Durch einfache kräftige Rucke von bestimmter Zahl können verschiedene verabredete und meist feststehende Zeichen gegeben werden.

Eine weitere, jedoch seltener gebrauchte Signalverbindung gewährt das Sprach- und Hörrohr. Es wird hergestellt durch einen oben an dem Helm angeschraubten Schlauch, welcher bis über Wasser reicht und dort ein Mundstück oder Ohrstück trägt. Der zum Anschluss des Hörrohrs an den Helm dienende Rohrstutzen ist in Fig. 23, Taf. VIII, oben angegeben. Zur Verstärkung des Tones in beiden Richtungen dient aber ferner eine im oberen Teile des Helmes unterhalb der Einmündung des Hörrohrs befestigte, aber freihängende und schwingende Membran aus dünnem Blech. Wenn nach gehöriger Einübung mit deutlicher Betonung gesprochen wird, so gelingt damit eine Verständigung bis auf 30 m Tiefe.

Hochdruck-Taucherapparat.

Bei dem sogenannten Hochdruck-Taucherapparat wird dem Taucher das für eine gewisse Zeit erforderliche Luftquantum in einem bestimmten Behälter mitgegeben und jener somit von der direkten Verbindung mit der Luftpumpe befreit. Damit diese aus Stahlblech hergestellten Reservoirs klein und bequem zu handhaben sind, muss die Luft thunlichst stark komprimirt werden, was mit Hilfe der bereits beschriebenen stärkeren Luftpumpe auf 20 bis 30 Atm. geschieht. Die Reservoirs werden jedoch auf einen noch höheren Druck, zum Beispiel auf 45 Atm. geprüft. Trotzdem sind sie stets mit größter Vorsicht zu behandeln, da ihre Explosion für in der Nähe befindliche Menschen stets lebensgefährlich ist. Der äußerst schwierigen Fabrikation wegen besitzen diese Behälter keine großen Dimensionen und bestehen aus mehreren einzelnen, äußerlich sowie innerlich mit einander verbundenen Gefäßen. Indem der Taucher mit dem Reservoir durch einen zunächst nach seinem Tornister geführten Taucherschlauch in Verbindung steht, dabei den Luftzufluss zum Tornister nach Erfordernis reguliren, auch nöthigenfalls die Luft zum Füllen seines doppelten Anzuges verwenden kann, so ist er nicht allein imstande, beliebig seinen Ort unter Wasser zu verändern, sondern auch sich selbst mit dem Kopfe bis über die Oberfläche zu erheben.

Das von v. Bremen & Co. in Kiel konstruirte Hochdruck-Reservoir, Fig. 8—10, Taf. VIII, besteht aus drei mit einander kommunizirenden, innen und außen verzinneten Stahlblecheylindern, welche durch Eisenbänder äußerlich fest mit einander verbunden sind und, bei je 2 m Länge und 0,3 m Durchmesser, zusammen 430 l Inhalt haben. Zum Tragen dienen die mit einer Öse oder Kausche versehenen Hanfstricke an den beiden Enden. Die beiden unteren Cylinder haben je eine Flansche zum Anschrauben der kupfernen Kommunikationsrohre *e*, siehe Fig. 8, welche beide nach dem oberen Cylinder gehen und dort je eine gleiche Verschraubung erhalten. Der obere Cylinder besitzt bei *a* eine Füllungsöffnung mit angeschraubtem Schlauche, bei *b* ein aufgeschraubtes Manometer, bei *c* den in Fig. 18 specieller dargestellten Regulator, welcher durch sein Regulirungsventil mit dem Reservoir in Verbindung steht, in seiner Luftkammer einen der Tiefe des Tauchers entsprechenden Druck mit einem gewissen, beliebig zu regulirenden Überdruck erhält und von dieser Kammer aus mit dem am Regulatorgehäuse angebrachten Schlauche den Tornister des Tauchers mit Luft versieht. Es ist dieser Regulator dem auf dem oben beschriebenen Rouquayrol'schen Tornister befindlichen Regulator analog in Konstruktion und Funktion. Nur die Details des Ventils, insbesondere die Vorrichtung, um jenen Überdruck im Tornister zu erzielen, sind etwas abweichend. Die kreisförmige Decke der Gummikappe *k* drückt mittels des an ihr befestigten Ventilschaftes, der bei *h* seine Führungshülse und unten einen feinen, in einem etwas weiteren Kanal sich bewegenden Stift hat, durch diesen auf eine kleine Gummikugel. Diese wird von der stark komprimirten Luft umspült und lässt bei ihrem Niedergange die Öffnung, durch welche jener Stift auf sie drückt, frei, sodass jene Luft den Ventilschaft entlang in die Luftkammer *i* treten kann, bis diese wieder genügend gefüllt ist und sich die Gummikappe wieder hebt. Damit das Spielen des Ventils und der Gummikappe nachhaltig richtig erfolge und sich in der Luftkammer des Reservoir-Regulators

sowie in dem Tornister ein bestimmter, den jeweiligen Wasserdruck übertreffender Druck ergebe, ist zwischen der Gummikappe und dem darüber befestigten Schutzdeckel eine im Sinne des Wasserdrucks wirkende Spiralfeder *s* eingespannt, welche mit Hilfe einer Schraube niedergedrückt oder ausgedehnt werden kann.

Während der Tornister nebst Regulator übrigens ganz wie der oben beschriebene ist, nur mit der Abweichung, dass an jenem noch ein zweiter Ansatz für einen zur unterseeischen Lampe führenden Schlauch sich befindet, ist der besonders für den Hochdruckapparat gebildete Anzug auch dem vorher beschriebenen ähnlich, nur von den Oberschenkeln an nach oben hin doppelhäutig. In den Zwischenraum beider Häute mündet das in Fig. 30, Taf. VIII, erkennbare, durch einen Hahn abschließbare Rohr. Das hervorragende Ende teilt sich in zwei Stränge, wovon das mit einem Hahn versehene vom Reservoir herführt, das andere zum Tornister hinaufgeht. Durch geeignete Stellung der beiden Hähne kann der Taucher die vom Reservoir kommende Luft entweder in den Tornister oder in den doppelten Anzug und aus diesem wieder in den Tornister leiten. Es kann jedoch statt dieses Anzuges mit dem Hochdruckapparate auch der vorhin beschriebene gewöhnliche Anzug gebraucht werden, sowie auch alle anderen Teile des Anzugs dieselben bleiben. Nur muss unter Umständen der Hochdrucktaucher mit einem Kompass, den er an einer Leine um den Leib trägt, ausgerüstet sein. Auch sind für diesen Taucher besonders die im folgenden Paragraphen beschriebenen Signalfener von Bedeutung.

Taucheranzug von Tasker.

Der in Fig. 25 u. 26, Taf. VIII, dargestellte Taucheranzug von Tasker⁵³⁾ in Philadelphia sucht die für alle Taucheranzüge geltende Schwierigkeit der gleichzeitigen Biegsamkeit und Stärke des Materials durch eine dem Ritterharnisch nachgeahmte Metallkonstruktion zu erreichen. Es kann dabei der Taucher eine weniger komprimierte Luft genießen, als sie der Wassertiefe entspricht, weil der Anzug durch seine Steifigkeit vor dem Zusammendrücken gesichert ist. Der Anzug besteht aus zwei Schichten, einer wasserdichten äußeren Schicht aus Gummizeug und einer inneren metallenen Schicht, welche den Wasserdruck genügend ertragen kann. An den Hauptgelenken des Körpers sind, wie aus Fig. 25 ersichtlich, faltige Gelenke angebracht, die dem Taucher die größte Beweglichkeit gestatten.

Zum bequemen An- und Ausziehen ist der Rumpf in schräger Richtung, von der rechten Schulter bis unter den linken Arm durchschnitten und mit festen Flanschen versehen. Außerdem kann der Helm allein in der üblichen Weise abgenommen werden. Der Luftschlauch hat ein inneres Rohr zum Zuführen der frischen Luft, während die ausgeatmete Luft durch den Zwischenraum beider Rohre entweicht. Der an seiner Verbindungsstelle mit dem Helm in Fig. 26 dargestellte Schlauch ist so stark, dass der Taucher an ihm hängen kann und mit seiner Hilfe gehoben und gesenkt wird. Am Anzuge sind zu diesem Zwecke an gewissen Punkten vier Drahtseile befestigt, welche über dem Helm an dem Luftschlauche sich vereinigen.

⁵³⁾ New Diving Apparatus of Mr. Stephan Tasker. Scient. American. 1881 II. Oct. 29. S. 278.

Apparate von Schwann und von Fleuß.

Die Apparate von Schwann⁵⁴⁾ und von Fleuß, ersterer auf der Ausstellung zu Paris 1878, letzterer zu London 1880 zuerst ausgestellt, haben beide im Principe gemeinsam, dass sie den Tauchenden ganz unabhängig von jeder Verbindung mit anderen Personen stellen und dass eine mehrstündige Versorgung mit Luft nicht durch Zuführung frischer komprimierter atmosphärischer Luft geschieht, sondern im wesentlichen nur durch Entnahme von Sauerstoff aus einem tragbaren Reservoir.

Der in der angeführten Quelle näher beschriebene Apparat von Schwann hat zwei nacheinander erfundene Varianten. Bei der älteren atmet der Tauchende noch wirkliche atmosphärische Luft aus einem Behälter, welchen er auf der Brust trägt. Die ausgeatmete Luft geht durch einen auf dem Rücken getragenen Behälter, der mit Kalk und Soda gefüllt ist. Die ausgeatmete Kohlensäure wird dort absorbiert und die gereinigte Luft kehrt zum ersten Behälter zurück. Um den durch das Atmen verloren gegangenen Sauerstoff zu ersetzen, sind oberhalb und unterhalb jenes Absorptionsbehälters zwei 15 l große Reservoirs vorhanden, in denen sich reines, auf 4 bis 6 Atm. komprimiertes Sauerstoffgas befindet. Dieses strömt fortwährend und trotz des immer abnehmenden Druckes gleichmäßig durch einen Regulator, sodann mit der ausgeatmeten Luft durch den Absorptionsbehälter und kommt so in das auf der Brust getragene Reservoir und zum Munde.

Die zweite Variante beruht auf der später von Schwann gemachten Erfahrung, dass Menschen wie Thiere ohne Nachteil reinen Sauerstoff atmen können. Demnach vereinfacht sich der Apparat auf den Absorptionsbehälter und ein Reservoir von Gummi, welches mit etwa 30 l Sauerstoff gefüllt ist. Beide Behälter werden auf dem Rücken getragen.

Der Taucher, Fig. 20, Taf. VIII, atmet durch den Schlauch *o* ein, durch den Schlauch *p* aus. Im Kasten *mm*₁ wird die Kohlensäure ausgeschieden und das gereinigte Gas geht durch das Rohr *q* in das Reservoir *n*.

Bei beiden Arten ist das Mundstück dasselbe; siehe Fig. 21 u. 22, Taf. VIII. Zwei eine unveränderliche Öffnung umschließende Metallblättchen *aa* liegen annähernd horizontal zwischen den Lippen und mit ihrem hinteren Rande nahe an den Zähnen, während zwei aufrecht auf jene geschweißte Blättchen *bb* die Lippen von vorn umschließen. Der Taucher presst mit einem um den Nacken geschnallten Riemen dieses Mundstück fest gegen seinen Mund. Die erwähnte Öffnung mündet in ein quer vor dem Munde liegendes Rohrstück, in welchem zwei Ventile von Gummi spielen, sodass stets eines geöffnet, das andere aber geschlossen ist, je nachdem der Taucher ein- oder ausatmet. Die Nase muss selbstverständlich durch einen Kneifer geschlossen werden, der ebenfalls durch einen Riemen am Kopfe festgehalten wird.

Durch geeignete Vorrichtung lässt sich nach etwaiger Entleerung durch längeres Atmen das Reservoir für Sauerstoff aus einem anderen, nicht fortwährend zu tragenden, aber in der Nähe gehaltenen Reservoir nachträglich wieder füllen, sodass die Selbständigkeit des Tauchers noch erhöht wird.

⁵⁴⁾ Note sur deux appareils permettant de vivre dans un milieu irrespirable, par Th. Schwann. Revue univ. d. mines. 1880 I. Tome VII. S. 601.

Es ist in der angeführten Quelle nicht besonders gesagt, dass der Schwann'sche Apparat bereits zu wirklichen Taucherarbeiten benutzt sei. Dagegen hat Fleuß⁵⁵⁾ mit seinem auf gleichem Principe beruhenden Apparat sich auf der Ausstellung zu London 1880 über zwei Stunden unter Wasser aufgehalten und unter anderem daselbst geschrieben.

Außerdem wird bei der Beschreibung des Severn-Tunnels⁵⁶⁾ erwähnt, dass nach vergeblichen Versuchen mit gewöhnlichen Tauchern (die englischen Taucher arbeiten meist ohne Tornister; vergl. § 11) ein mit dem Fleuß'schen Apparat versehener Taucher in einen ersoffenen Schacht hinabgestiegen, in ungemauerten Stollen unter 15,2 m Wasserdruck und über Rollwagen kletternd über 300 m vorgedrungen sei und den Schluss einer Thür glücklich bewerkstelligt habe, worauf erst der Stollen habe ausgepumpt werden können.

§ 13. Hilfsapparate und Bedienung des Tauchers. Wenn nicht ausnahmsweise von festen Objekten oder einem größeren Schiffe aus die Bedienung des Tauchers geschieht, so ist zu diesem Zwecke ein geräumiges und recht stabiles Boot erforderlich, in dessen Mitte die Luftpumpe mit Schrauben befestigt wird. Die Aufstellung der Pumpe muss so geschehen, dass die Querschwankungen des Bootes möglichst vermieden werden. Die zweiarmigen Hebel der Pumpe, Fig. 1 u. 15, Taf. VIII, müssen also in der Längenrichtung des Bootes liegen, während bei der mit Kurbeln bewegten Pumpe, Fig. 31, Taf. VIII, die Drehaxe quer zum Boote liegen muss. Das Boot muss gegen Strömung meistens vorn und hinten verankert werden.

Ein zweites Boot muss für etwaige Hilfsleistung in der Nähe bemannt sein. Alles Geräusch, unter anderem Sprechen der Mannschaft, ist zu vermeiden. Es gehören bei mäßiger Tiefe vier Mann zum Pumpen, bei größerer sechs bis acht Mann, einer zur Beobachtung des Manometers, einer zur Bedienung des Luftschlauches, einer desgleichen der Signalleine und einer für etwaiges Sprach- und Hörrohr.

Zum Nieder- und Aufsteigen des Tauchers dienen gewöhnlich das Grundtau, die Strickleiter oder die eiserne Leiter. Das Grundtau, Fig. 23, Taf. VIII, hat meistens nur den Zweck, dem auf der Leiter niedersteigenden Taucher den kürzesten und sichersten Weg bis an den Grund und zu seinem Arbeitsorte zu weisen. Es genügt dazu ein starkes Hanftau, welches auf je $\frac{1}{2}$ Meter mit einem Knoten, ferner etwa von Meter zu Meter mit Zeichen zur Markirung der Wassertiefe und am unteren Ende mit einem birnförmigen Ballasteisen versehen ist. Das obere Ende wird im Boote sicher befestigt. Es kann vom Taucher ebenfalls zum Hinaufsteigen benutzt werden, da sein Gewicht durch Abwerfen der Bleistücke oder durch Aufblasen so vermindert werden kann, dass er kaum soviel wiegt wie das verdrängte Wasser.

Da Strickleitern unbequem und unsicher für den mit Bleisandalen behafteten Taucher sind, so werden zum eigentlichen Steigen fast nur hölzerne oder noch besser eiserne Leitern gebraucht. Jedenfalls ist das erste Hinabsteigen vom Boot aus damit zu bewirken, weil der Taucher dasselbe mit geöffnetem Helmfenster

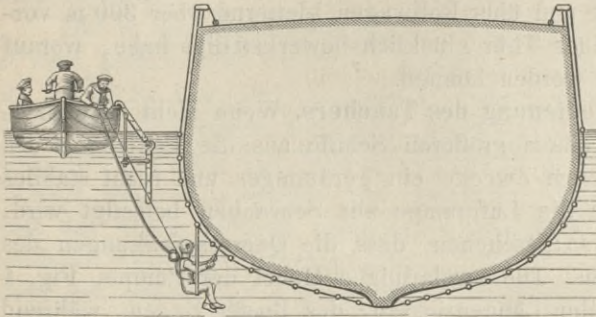
⁵⁵⁾ The Fleuß-apparatus for breathing in noxious gases. Transactions of the North of England Institute of Mining and Mechan. Engineers. New-Castle upon Tyne. 1881—82. Vol. XXI. S. 197—203.

⁵⁶⁾ Forchheimer. Englische Tunnelbauten etc. Aachen 1884.

beginnt und dieses erst nahe über der Wasseroberfläche schließen lässt, als auch bei etwaiger Mangelhaftigkeit des Apparates nach geringer Tauchung sofort wieder an die Oberfläche zu kommen hat. Eine solche aus zwei Teilen bestehende Leiter, Fig. 27, Taf. VIII, wird oben an den Rand des Bootes gehakt und bringt mittels ihrer beiderseitigen Sperrstangen den Taucher in eine passende Entfernung vom Boote.

Wie Taucher, ohne auf dem Grunde des Wassers zu stehen, Arbeiten ausführen können, wird durch die

Fig. 34.



nebenstehende Fig. 34 anschaulich gemacht. Es ist dort zur Reinigung oder Reparatur eines Schiffes eine Strickleiter unter dasselbe hindurchgezogen, an welcher der Taucher hinabgehen und sich mit einem Hängeseile an jeder beliebigen Stelle anhängen kann.

Taucher, die an einer bestimmten Stelle zu arbeiten haben, kann man gegen heftige

Strömung schützen, indem ein senkrechter Schirm von keilförmiger Grundrissform versenkt wird. Derselbe muss mit seiner Spitze entweder direkt verankert oder mit einem festliegenden Fahrzeuge verbunden werden und über seinem Schwerpunkt in Flaschenzügen hängen, außerdem zur Vermeidung des Auftriebes gehörig belastet sein⁵⁷⁾.

Verhaltensmaßregeln für Einzeltaucherei.

In Anknüpfung an das, was in § 2 über die Bedingungen für die Zulässigkeit des Arbeitens unter starkem Luftdruck gesagt ist, mögen hier noch für die Einzeltaucherei einige besondere Verhaltensmaßregeln folgen, soweit sie zur Beurteilung des Tauchereibetriebes im allgemeinen notwendig sind. Für die praktische Ausübung und Überwachung des Tauchens muss unbedingt noch auf die von jedem Fabrikanten seinen Taucherapparaten beigegebene Gebrauchsanweisung, sowie auch auf die für verschiedene Verwaltungen bestehenden Vorschriften (siehe Litteratur) verwiesen werden.

Die Zeit des Tauchens muss stets möglichst beschränkt und darf nicht unnütz durch mangelhafte Disposition verlängert werden, weil das Tauchen in größerer Tiefe selbst ohne weitere Arbeit schon eine bedeutende Anstrengung ist.

Der Luftverbrauch ist durchschnittlich $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ l für jeden Atemzug, aber nach der auszuübenden Arbeit verschieden. Es müssen also pro Minute ungefähr 15 bis 20 l zugepumpt werden, wenn etwa in je zwei Sekunden ein Atemzug erfolgt. Nach der Beschreibung der Pumpe, Fig. 1, Taf. VIII, werden hierzu etwa neun Kolbenhübe erforderlich sein. Hiernach sowie nach der wegen der Wassertiefe erforderlichen Spannung könnte allenfalls das mindestens erforderliche Quan-

⁵⁷⁾ Siehe: Felsprengung an der Mosel. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884. S. 375.

tum Luft sowie die Leistung der Arbeiter berechnet werden. Dies hat jedoch keinen praktischen Nutzen, weil die Taucher nebenbei vielfach Luft aus dem Anzuge entweichen lassen und zu dessen Füllung aufs neue Luft verbrauchen.

Die hinreichend starke Bedienungsmannschaft hat durch Beobachtung der Manometer etc. immer für die nötige Füllung des Reservoirs oder bei direkter Zuführung für die nötige Luftversorgung des Tauchers zu sorgen.

Wie schon in § 12 bei Beschreibung des Lufttornisters erwähnt ist, beträgt in der Regel der Überdruck im Tornister 1 Atm. gegen den in der Umgebung des Tauchers herrschenden Wasserdruck. Dieser Überdruck genügt zum guten Funktionieren des Regulators; ein größerer würde dem Taucher unbequem werden. Die Arbeiter an der Pumpe müssen langsam und mit langen Hüben pumpen, um Stöße und starke Schwankungen des Manometers zu vermeiden.

Ungeübtere Taucher dürfen bei größerer Tiefe nur kurze Zeit tauchen, während geübtere bei 30 m Tiefe noch 3—4 Stunden tauchen können. Mit dem Hochdruckreservoir kann bei einer Füllung von 12—15 Atm. Spannung ein Taucher $3\frac{1}{2}$ —4 Stunden, mit 21—24 Atm. 5—6 Stunden tauchen. Unbedingt muss das Hinauf- und Hinabsteigen langsam geschehen, damit die Ausgleichung des Luftdruckes im Regulator vor sich gehen und namentlich der Taucher selbst sich dem veränderten Druck anbequemen kann. Man rechnet auf 2—3 m Höhe eine Minute Zeit. Bei eintretender Ermüdung ruht der Taucher sich am besten auf dem Rücken liegend aus, füllt dabei den Anzug etwas mit Luft und lässt das Mundstück aus dem Munde.

Arbeiten mehrere Taucher zusammen, so muss einer davon die Leitung haben und müssen alle thunlichst in Verbindung bleiben. Vor allen Dingen müssen sich die Taucher vor Verwicklung ihres Schlauches und der Signalleine sichern. Letztere darf im Notfalle abgeschnitten werden, um hinaufkommen zu können. Auch werden dazu unter Umständen die Bleigewichte abgeworfen.

Über die Anbringung der Signalleine am Anzuge des Tauchers ist schon im vorigen Paragraphen die Rede gewesen. Die verabredeten Zeichen sind nicht überall gleich. Auf der deutschen Marine gelten zum Beispiel die in nachstehender Tabelle enthaltenen Signale als Vorschrift:

Zahl der Züge	Bedeutung, wenn von unten gegeben	Bedeutung, wenn von oben gegeben
1	Alles wohl!	Ist alles wohl?
2	Mehr Luft!	Mehr Luft?
3	Zu viel Luft!	Zu viel Luft?
4	Holt mich hinauf!	Hinaufkommen!
5	Ich will mit dem Sprachrohre sprechen!	Es soll mit dem Sprachrohre gesprochen werden!

Für jedes Signal gilt die Wiederholung als verstanden.

Ist die Signal- und Sicherheitsleine unklar oder gerissen, so werden die Signale mit dem Luftschlauche gegeben.

Über Sprach- und Hörrohre siehe den vorigen Paragraphen.

Unterseeische Fernrohre.

Die sogenannten unterseeischen Fernrohre sind weniger für den Taucher selbst als vielmehr zu seiner Kontrolle sowie zur Vorbereitung und Unterstützung der Taucherarbeiten von Nutzen und daher hier anzuführen.

Die einfachsten älteren Apparate bestehen aus einem etwa 0,75 m langen, oben 0,15 m, unten etwa 0,3 m weiten und daselbst mit einem ebenen Glase geschlossenen Blechrohre. Dasselbe wird etwa mit einem Drittel seiner Länge in's Wasser getaucht, während in die engere Öffnung von oben mit beiden Augen hineingesehen wird. Indem dabei die von der Oberfläche des Wassers reflektirten Lichtstrahlen von dem Beobachter abgehalten werden und nur die in der Richtung des Rohres von unten her zurückgeworfenen Strahlen zu ihm gelangen, kann derselbe bei mäßig klarem Wasser noch bis auf 15 m den Taucher oder andere größere Gegenstände erkennen.

Nach einer Mitteilung von Stahl⁵⁸⁾ hat derselbe zur genauen Untersuchung von Spundwänden etc. bis auf 5 m Tiefe ein gewöhnliches, unten mit Fensterglas verschlossenes, 4 m langes Zinkrohr von 0,12 m Weite benutzt, welches zur bequemen Handhabung oben mit Handgriffen versehen und unten mit Bleigewichten beschwert war. Er empfiehlt für größere Tiefen Rohre mit eisernen Flanschen und Gummidichtung zusammzusetzen und ferner eine dünne Wasserschicht im Innern des Rohres auf dem Fenster zu halten, damit der sich wegen Temperaturdifferenz auf demselben bildende feine, aber die Durchsichtigkeit beeinträchtigende Niederschlag vermieden werde.

Das von Stahl ebendasselbst und im Archiv f. Seewesen⁵⁹⁾ beschriebene Rohr von Boisseau muss zur Untersuchung eines Gegenstandes bis zu dessen Wassertiefe hinabgelassen werden und bringt das Bild desselben mittels eines Spiegels in das Auge des Beobachters. Der Boden des Rohres ist geschlossen; unmittelbar über demselben befindet sich ein seitliches Fenster und ein unter 45° geneigter Spiegel. Es gestattet also dieses Rohr, die Gegenstände namentlich von den Seiten aus zu betrachten, und vermeidet die Entstellung durch Refraktion, woran alle nur von oben gesehenen Bilder der im Wasser befindlichen Körper leiden. Auch ist selbst trübes Wasser bei diesem Rohre weniger hinderlich, da die zwischen dem Fenster und dem betreffenden Gegenstande liegende Entfernung meist sehr gering sein kann. Zum Eintauchen eines längeren Rohres gehört eine genügende Belastung.

Der patentirte sogenannte Submarinegucker von H. Hädicke endlich hat wieder unten ein Fenster und oben einen abwärts gekehrten Hohlspiegel, in dessen Fokus sich eine Flamme oder ein elektrisches Licht befindet. Durch den Spiegel ragt ferner ein nach unten gerichtetes Fernrohr. Diese künstliche Beleuchtung lässt sich für die anderen Rohre freilich durch besondere unterseeische Lampen ersetzen.

⁵⁸⁾ B. Stahl. Das Wasserfernrohr. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1879. S. 103.

⁵⁹⁾ Die unterseeische Brille von Boisseau. Archiv f. Seewesen. 1878.

Unterseeische Lampen.

Die unterseeischen Lampen haben den Zweck, dem Taucher das Arbeiten bei Nacht, in finsternen Räumen, wie Schächten, Schiffen etc. oder in großer Tiefe und trübem Wasser zu ermöglichen. Es sind außer den im Anhang dieses Werkes im Kapitel »Elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung« beschriebenen elektrischen Lampen nach der Art der Luftzuführung im wesentlichen zwei Arten von Öl- oder Petroleumlampen zu unterscheiden, nämlich die Lampen mit direkter Luftzuführung und solche mit Luftdruckregulator.

Eine von v. Bremen & Co. in Kiel konstruirte Lampe mit direkter Luftzuführung ist in Fig. 28 u. 29, Taf. VIII, dargestellt. Sie hat ein messingenes, unten den Ölbehälter tragendes Gehäuse, welches vorn mit einer aufschraubbaren Glaswand abgeschlossen ist und immer an der Rückwand einen neusilbernen Reflektor trägt. An der Rückwand befinden sich außen ein Handgriff und zwei Augen, womit die Lampe am Gürtel des Tauchers vor dessen Leib befestigt werden kann. Der Brenner ist mit einem Glascylinder versehen. Der einfache runde Draht kann durch eine mit einer Stopfbüchse gedichtete Schraube regulirt werden. Die Luft wird von der Luftpumpe direkt oder aus dem Reservoir des Luftornisters mittels eines an dem Rohrende *a* angeschraubten Schlauches zugeleitet und gelangt durch das Rohr *b* und dessen gekrümmte Fortsetzung *d* in die den Brenner umgebende Kapsel, von wo aus sie den Docht innen und außen umspielt.

Der Luftzufluss kann in dem Rohre *b* durch eine mit einer konischen Spitze endigende Schraubenspindel beliebig regulirt werden. Die Verbrennungsgase strömen aus dem Cylinder in das doppelt gekrümmte, sich allmählich verjüngende Rohr *g*, dessen aufwärts gekehrtes Ende einen mit enger Öffnung versehenen aufgeschraubten Knopf *h* trägt. Die Ausströmung der Gase in Verbindung mit dem Druck der zugeführten Luft verhindern das Eindringen des Wassers in diese enge Öffnung in der Regel genügend. Kleine Mengen trotzdem eindringenden Wassers werden durch die abwärts gehende Krümmung des Rohres *g* unschädlich gemacht.

Diese verhältnismäßig einfache und nur nach einer Richtung scheinende Lampe besitzt aber nur mäßige Leuchtkraft, die durch Aufrühren von Schlamm noch vermindert wird. Ist letzteres unvermeidlich, so muss der Taucher bis zur wieder eintretenden Klärung mit wichtigeren Arbeiten warten.

Die ebenfalls von v. Bremen & Co. konstruirte Lampe mit Luftdruckregulator erleuchtet in klarem Wasser eine Sphäre von 15 m Durchmesser nach allen Richtungen, kann dabei unabhängig vom Taucher oder mehreren derselben aufgestellt werden, ist aber wesentlich complicirter als die vorige. Das eigentliche Gehäuse besteht bei ihr aus einem starken und weiten Glascylinder, dessen obere und untere Grundflächen durch mit Gummiringen abgedichtete und mit vier Schraubenstangen zusammengehaltene Messingplatten gebildet werden. Die obere Platte, an welcher ein Aufhängebügel befestigt ist, ist etwas gewölbt und zieht sich zu einem engen Rohr zusammen, dessen Ausströmungsöffnung (wie bei dem Tornister-Regulator) durch ein Lippenventil von Gummi gebildet wird. Der im Glascylinder auf der unteren, zugleich das Petroleumgefäß tragenden Platte sitzende Brenner wird von einer sich über dieser Platte erhebenden messingenen Halbkugel

umgeben und zwar bis nahe an die Dochtöffnung. In diese Halbkugel tritt die komprimierte Luft durch einen abzdrosselnden Kanal, welcher aus dem mit einer Gummikappe bedeckten Regulator ausmündet. Dieser Regulator ist dem in Fig. 10, Taf. VIII, dargestellten Regulator des Hochdruckreservoirs sehr ähnlich und empfängt seine mit einem gewissen Überdruck der Wassertiefe angepasste Luft aus einem unter ihm befindlichen kleinen Reservoir, welches mit dem Luftornister des Tauchers oder einem Hochdruckreservoir durch einen Schlauch in Verbindung steht. Die Zuleitung zu dem kleinen Reservoir sowie von der Luftkammer des Regulators nach dem Brenner geschieht durch zwei hohle Beine des die ganze Lampe tragenden vierbeinigen Gestelles. Dasselbe kann nach der vorsichtig zu geschehenden Absenkung der Lampe auf den Boden oder einen sonst geeigneten Gegenstand gesetzt werden.

Signalfeuer.

Signalfeuer dienen dem Taucher dazu, seinerseits auf größere Entfernungen Zeichen geben zu können. Sie bestehen aus dem an der Oberfläche des Wassers sichtbaren farbigen Blickfeuer mit zugehöriger Bickford'scher Zündschnur und Zündvorrichtung. Das Blickfeuer wird von einer in der Längenrichtung durchbohrten birnförmigen und an der unteren Spitze mit Blei beschwerten Korkboje an die Oberfläche des Wassers emporgetragen, sobald der Taucher die bis dahin von ihm mitgeführte Boje steigen lässt. Das Signalfeuer ist nebst Zündschnur und Zündvorrichtung in einer Gummihülse oben in der Boje angebracht und entzündet sich durch die vom Taucher beim Beginn des Aufsteigens bewirkte Reibung eines in der Zündvorrichtung enthaltenen Phosphorstückchens, dessen Feuer sich der Zündschnur mitteilt.

Die Zündvorrichtung besteht aus einer kleinen bronzenen cylindrischen Büchse, in deren einer Grundfläche eine kleine Schraube sitzt, deren mit einem Reiber versehenes inneres Ende den Phosphor entzündet, wenn die Schraube außen mit Hilfe einer kleinen Scheibe gedreht wird. Die den Phosphor berührende Zündschnur geht durch die andere Grundfläche der Büchse zum Signalfeuer und muss so lang sein, dass zwischen Entzündung des Phosphors und des Blickfeuers genügende Zeit zum Aufsteigen der Boje vorhanden ist. Der Taucher merkt die Entzündung des Phosphors durch eine geringe Detonation. Das Feuer wird am Tage vorzugsweise durch den Rauch wahrgenommen und zeigt mindestens den Standort des Tauchers an.

Schließlich mögen einige Angaben über Kosten von Taucherapparaten nach dem System L. v. Bremen in Kiel Platz finden. Ein vollständiger Apparat für einen Taucher, dazu unter anderem eine Luftpumpe von 100 mm Durchmesser, Fig. 1, Taf. VIII, nebst 15 m Schlauch, der ganze Anzug nebst Helm und Unterzeug, der Regulator, sowie viele kleine Gegenstände in Reserveexemplaren, kostet 1800 Mk., einer desgleichen für zwei Taucher, wobei eine Pumpe von 120 mm Durchmesser und die Anzüge doppelt etc., kostet 2850 Mk. Die erwähnten Luftpumpen allein kosten 630 beziehungsweise 800 Mk. Ein Regulator aus verzinnem Stahlblech kostet 435 Mk., der wasserdichte Anzug 150, der Helm 255 Mk. Eine unterseeische Lampe (Fig. 29, Taf. VIII) kostet 220, eine größere Art 400 Mk.

D. Hebung schwerer Gegenstände, insbesondere gesunkener Schiffe aus dem Wasser.

§ 14. **Allgemeines.** In nahem Zusammenhange mit den Aufgaben der Taucherei und oft unter Voraussetzung der letzteren stehen die hier bezeichneten Aufgaben der Hebung unter Wasser. Die sehr mannigfachen Umstände, unter denen solche Hebungen zu geschehen haben, bedingen verschiedenartige Mittel und zwar oft recht primitive, weil es in vielen Fällen gilt, ein gesunkenes Schiff ohne allen Zeitverlust zu heben. Denn wenige Tage Zeit genügen zuweilen, um ein Schiff entweder in nachgiebigen Boden (Sand, Schlamm etc.) so tief zu begraben, dass eine Hebung unmöglich wird, oder auf festerem Boden so durch Strom oder Wellen zu beschädigen, dass die Hebung des Wrackes unnütz oder verhältnismäßig teuer sein würde. Man kann deshalb im allgemeinen die am raschesten zu ergreifenden Mittel als die wertvollsten bezeichnen, welche auch dementsprechend am häufigsten Anwendung finden werden. Im Folgenden soll übrigens eine Bergung des gehobenen Gegenstandes vorausgesetzt werden, wogegen die unter gewissen Umständen genügende Beseitigung durch Sprengen (siehe Litteratur S. 94) hier nicht in Frage kommt.

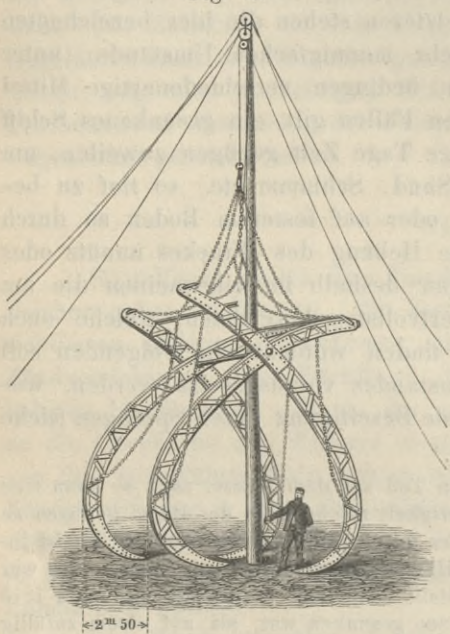
Wenn der zu hebende Gegenstand nicht zum Teil aus dem Wasser ragt, so kann eine genaue Bestimmung des Ortes oft einige Schwierigkeit machen. In der Regel genügen zu diesem Zweck Peilungen und Bezeichnungen des Ortes durch schwimmende Körper. Es ist jedoch auch unter gewissen Umständen von anderen Hilfsmitteln Gebrauch zu machen. So war seit vielen Jahren vergeblich versucht worden, die Stelle zu finden, an welcher im Jahre 1843 ein mit Kupferbarren beladenes Schiff auf dem Erie-See gesunken war, als auf einem zufällig über jene Stelle kreuzenden Schiff, welches einen zur Entdeckung von Metallen dienenden elektrischen Apparat hatte, dieser Apparat plötzlich Anzeichen gab, welche auf das Vorhandensein großer Metallmassen unter Wasser schließen ließen. Bald darauf, im Jahre 1881, wurde durch Taucher an der bezeichneten Stelle das Schiff gefunden und die wertvolle Ladung geborgen.

Indem die zur Hebung dienenden Vorrichtungen meistens rasch für einen besonderen Fall zusammengesetzt werden, so kann weniger eine systematische Beschreibung derselben im allgemeinen als vielmehr eine kurze Beschreibung einzelner thatsächlich gebrauchter Mittel hier erfolgen. Es mögen dabei die Mittel zum Fassen denen zum eigentlichen Heben vorangehen.

§ 15. **Greifapparate.** Zum Fangen kleinerer Gegenstände, wie Steine und dergleichen, konstruiert man eine der Größe des zu fassenden Körpers entsprechende Zange, deren Maul mit wiederhakigen kräftigen Zähnen versehen sein muss. Zum Heben von Steinen ist eine gute Verstählung des Maules notwendig. Da das Fassen unter Wasser meist nur nach dem Gefühl, welches der die Zange von oben dirigierende Mann zu erhalten vermag, geschehen kann und deshalb selten genau in der Schwerpunktsvertikalen des Körpers geschieht, so empfiehlt sich zur Vermeidung einer Drehung des angehobenen Gegenstandes, die unteren Schenkel der Zange mit zwei gabelförmigen Zinken zu versehen, sodass der Körper an mehreren Punkten zugleich gefasst wird. Eine größere Anzahl Zinken nützt wenig. Die oberen einfachen Schenkel sind am besten recht lang und mit weitem Abstände der Enden zu nehmen, damit die an denselben befestigten und sich vereinigenden

Ketten eine um so kräftigere Wirkung auf die unteren Enden ausüben. Bei großer Wassertiefe sind die oberen Schenkkelenden jedoch mit leichten Stangen zu versehen, welche aus dem Wasser ragen und nur zum Ansetzen der unteren Schenkel dienen. Hat man sich von einem Angreifen der letzteren überzeugt, so erfolgt die Hebung durch Anziehen einer in dem Vereinigungspunkt jener Ketten angebrachten

Fig. 35.



einfachen und über eine Rolle (Flaschenzug) geschlungenen Kette. Selbstverständlich sind die Stärken aller Stücke auf Grund von Berechnung genügend sicher zu nehmen.

Mit der in nebenstehender Figur 35 dargestellten und speciell zu dieser Arbeit konstruirten Zange ist im Jahre 1880 der bei einem Gewittersturm auf dem Neuenburger See verunglückte 10 m lange, 2 m breite und 3 t schwere Schraubendampfer Neptun aus einer Tiefe von etwa 75 m gehoben worden⁶⁰⁾. Die Zange wurde nach den Angaben Favre's in der Werkstätte von J. Chappuis & Co. in Nidau hergestellt und besteht aus zwei parallelen, 2,5 m von einander durch eine gemeinsame Queraxe und zwei obere Querstangen gehaltene Scheren. Die Schenkel derselben sind aus leichten Façoneisen zusammengesetzt. Die größte Greifweite der unteren Spitzen beträgt 6 m, das Gewicht der ganzen Zange 1453 kg. Sie wurde zwischen zwei Prah-

men an einem dieselben verbindenden Gerüst aufgehängt. Das Öffnen der Zange geschieht durch das gleichzeitige Anziehen der vier oben vereinigten Ketten, welche an den längeren unteren Schenkeln an deren Außenseite befestigt sind. Das Schließen erfolgt umgekehrt durch das Anziehen der vier an den obersten Punkten der kürzeren Schenkel befestigten und ebenfalls vereinigten Ketten. Von den beiden Vereinigungspunkten der Ketten gehen starke Taue über je eine Rolle und darnach über eine Windtrommel. Nachdem mit einem zwischen zwei Kähne gespannten und beschwerten Seile die Stelle, wo das Schiff lag, genau aufgefunden und bezeichnet war, wurde in kurzer Zeit dasselbe durch die Zange gefasst und gehoben. Die Gesamtkosten der Hebung betragen 2400 Mk.

Die in Fig. 36 u. 37 dargestellten beiden Zangen von Toselli⁶¹⁾ sind automatisch gemacht. Bei der ersteren ist jeder Arm um ein besonderes Scharnier drehbar und wird solange ausgespreizt gehalten, bis das in der Mitte befindliche Gewicht auf den zu fassenden Gegenstand aufstößt und alsdann eine die kurzen Schenkel der Greifarme bis dahin zusammenhaltende Glocke oder Klammer nach oben schiebt. Die Greifarme fallen dann sofort hinab und werden vermöge ihrer Krümmung unter den zu hebenden Gegenstand fassen.

⁶⁰⁾ Die Eisenbahn. 1880. S. 96.

⁶¹⁾ Toselli. Les engins sousmarins. 2. Partie. Paris 1878.

Da aber hierbei wohl häufig das Fassen nicht genügend geschieht und ein mehrmaliges Niederlassen der jedesmal nur über Wasser wieder anzuspreizenden Arme nötig wird, so sucht die andere Zange, Fig. 37, letzteres dadurch zu vermeiden, dass sich die Arme jedesmal selbstthätig öffnen beziehungsweise schließen, wenn die Zange gesenkt oder nach dem Aufstoßen des Gewichtes gehoben wird. Dieses wird durch die auf der oberen Seite jedes Armes befestigten Blechplatten bewirkt, welche beim raschen Niedergange der Zange durch den Widerstand des Wassers die Arme heben.

Außer den Zangen benutzt man, namentlich zum Heben von Steinen und ähnlichen Körpern, netzartige Schlingen, deren Form und Anordnung sich nach den Umständen zu richten hat. Es müssen mindestens drei Zipfel dabei vorhanden sein, von welchen Zugseile oder Ketten bis über Wasser reichen. Man sucht dann zunächst mit Hilfe zweier derselben die eine Seite des Netzes soweit unter den Gegenstand zu ziehen, dass nach Vereinigung aller Zipfel der letztere angehoben werden kann. Das Netz selbst muss eventuell aus einzelnen Kettenstücken zusammengesetzt sein.

Fig. 36.

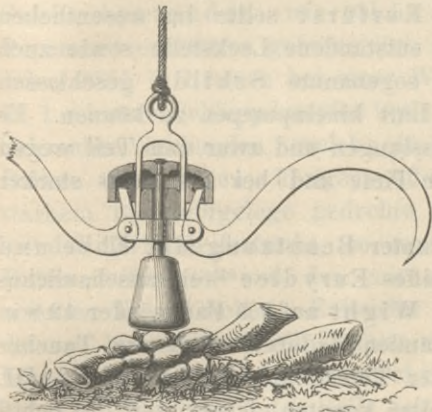
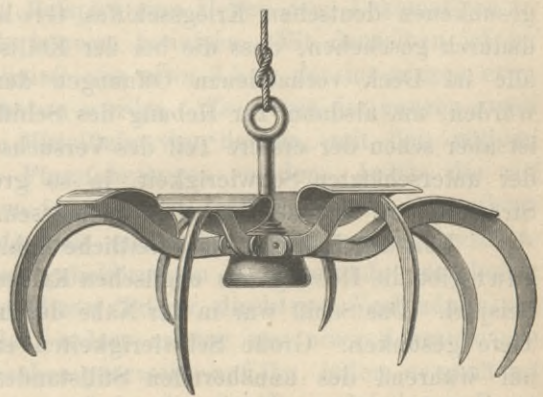


Fig. 37.



Für größere Körper, wie Schiffe, werden dagegen vorzugsweise Taue, besser Ketten oder Drahtkabel zum Fassen angewandt und, ähnlich wie jenes Netz, soweit als möglich von einem Ende des Körpers her unter denselben gezogen. Bei Schiffen wird fast stets von beiden Enden her mindestens eine solche Schlinge angelegt; siehe weiter unten.

§ 16. Hebungsverfahren. Die Mittel zum Heben bestehen vorzugsweise in Schiffen, zu beiden Seiten des Gegenstandes gelagert, oder sonstigen schwimmenden Körpern von großer Tragfähigkeit, besonderen Kasten oder Ballons. Dabei kann die hebende Kraft in manchen Fällen durch die Schwankung der Wasseroberfläche, also namentlich durch Ebbe und Flut, gewonnen werden, während sie in anderen Fällen durch besondere Vorrichtungen geschaffen werden muss.

In jedem Falle muss dabei der Auftrieb oder das Tragvermögen der zum Heben dienenden Körper größer sein als das Gewicht des zu hebenden Körpers und zwar wesentlich größer wegen zeitweiliger ungleicher Belastung der zu beiden Seiten des letzteren liegenden Teile. Schiffe, die zur Hebung dienen, müssen

vor einer solchen Belastung gesichert sein, die sie selbst zu stark seitlich neigen würde; es muss also entweder das tragende Seil oder die Kette um das hebende Schiff ganz herumgeschlungen werden oder es sind die sich einander gegenüberliegenden Schiffe mit einander zu verkuppeln. Letzteres ist schon deshalb fast stets notwendig, damit die tragenden Schiffe nicht einander so sehr genähert werden, dass zwischen ihnen nicht mehr der nötige Platz bleibt⁶²).

Eines der nächstliegenden Mittel zum Heben, wenn das Schiff ohne äußere Verletzung in nicht tiefem Wasser gesunken ist oder wenn man bei tiefem Wasser die Öffnungen des Schiffes schließen kann, ist Auspumpen des Wassers oder Vollpumpen mit Luft, damit sich das Schiff durch den eigenen Auftrieb hebe. Von dieser ersteren Methode ist in Band III dieses Werkes, Kap. XVII, S. 107 u. 108, als Beispiel die Hebung des Dampfers *Austral* beschrieben, wobei eine 125 m lange, 8,2 m hohe, bis über Wasser reichende hölzerne Wand um den Hauptteil des Schiffsdecks herum angebracht und darauf durch Centrifugalpumpen der Schiffsraum vom Wasser befreit wurde. An derselben Stelle sind auch die Vorrichtungen angegeben, welche die sogenannten Bergungsdampfer besitzen, um gestrandete oder beschädigte Schiffe flott zu machen.

Die Hebung des im Jahre 1878 im englischen Kanal auf etwa 30 m Tiefe gesunkenen deutschen Kriegsschiffes *Großer Kurfürst* sollte im wesentlichen dadurch geschehen, dass die bei der Kollision entstandene Leckstelle sowie auch alle im Deck vorhandenen Öffnungen durch sogenannte Schilde geschlossen würden, um alsdann zur Hebung des Schiffes Luft hineinpumpen zu können. Es ist aber schon der erstere Teil des Versuchs misslungen und zwar zum Teil wegen der unterschätzten Schwierigkeit, in so großer Tiefe und bei fast stets starker Strömung mit Tauchern arbeiten zu müssen.

Von der Hebung durch seitliche Schiffe unter Benutzung der Ebbe und Flut gibt die Hebung des englischen Kriegsschiffes *Eurydice*⁶³) ein anschauliches Beispiel. Das Schiff war in der Nähe der Insel Wight auf 7,5 Faden oder 12,8 m Tiefe gesunken. Große Schwierigkeiten entstanden dadurch, dass die Taucher nur während des annähernden Stillstandes der Tideströmungen (vergl. Bd. III. Kap. XVI. § 16.) und bei ruhigem Wetter arbeiten konnten, ferner weil das Schiff in etwa 2,5—3 m tiefem Schlamm eingebettet war. Nachdem endlich Drahtseile an der Innenseite der Stückpforten mit Klötzen befestigt waren, wurden die freien Enden derselben an vier großen alten Schiffen befestigt, welche über der *Eurydice* lagen. Bei niedrigstem Wasser wurden die Seile möglichst straff gespannt. Nach Eintritt der Flut wurden die Leichterschiffe anfangs zum tieferen Eintauchen gezwungen, bis sie bei Hochwasser das gesunkene Schiff frei trugen. Durch zwei Schleppdampfer wurden die Schiffe in flaches Wasser gezogen, wo bei Niedrigwasser die *Eurydice* mit dem Deck aus dem Wasser ragte. Von hier wurde sie mittels quer unter ihrem Rumpf hindurchgespannte Stahldrahtkabel völlig flott gemacht.

Die Hebung durch abwechselndes Füllen und Leerpumpen von seitlich liegenden Schiffen oder besonderen schiffsartigen Körpern, an welchen der zu hebende Gegenstand zuvor befestigt wird, ist bei mangelnder Ebbe und Flut das

⁶²) Siehe auch »Schwimmende Gerüste und Pontons.« in Kap. XIV dieses Bandes.

⁶³) *Scient. American*, 1878 II. 28. Sept. S. 198. Mit Abbildung.

gewöhnlichste Mittel. Ein Beispiel hierfür bietet die im Jahre 1884 geschehene Hebung des bei Sassnitz an der Rügen'schen Küste gestrandeten dänischen Transportdampfers Christiansund.⁶⁴⁾ Derselbe war 54 m lang, 7,1 m breit und lag in 13,5 m Wassertiefe. Die Hebung geschah mit Hilfe von zehn zu beiden Seiten gleichmäßig verteilten Hebeprahmen, welche bei 1,2 m Bordhöhe je 100 t Auftrieb hatten. In der Mitte jedes Rahms befanden sich zwei trichterförmige Räume, durch welche zwei an Gangspillen befestigte Drahtseile hinab und unter das gesunkene Schiff hindurch bis zum gegenüberliegenden Prahm gingen, sodass das Schiff von zehn solchen Seilen getragen wurde. Der steinige Meeresboden erleichterte das Anbringen dieser Seile. Die Hebeprahme wurden zunächst mit Wasser gefüllt und nach Anspannung der Seile wieder von den Pumpen dreier Bergungsdampfer (vergl. Bd. III. Kap. XVII. § 10.) leergepumpt. Nach der alsdann erfolgten ersten Hebung wurde das Schiff mit den Prahmen 8 km weit an eine flachere Stelle der Küste geschleppt, wobei ein auf dem Meeresgrunde gehender Taucher die Richtung angab. Die Hebung wurde dort und sodann an immer seichteren Stellen wiederholt, bis das Schiff selbst leergepumpt und sein Leck gedichtet werden konnte.

In ruhigem Wasser lassen sich auf seitlich liegenden Schiffen stehende Schraubenwinden, wie solche zum Beispiel zum Heben von Lokomotiven in Reparaturwerkstätten gebräuchlich sind, bequem benutzen. Mit denselben ist im Jahre 1885 in Bremen bei einer Wassertiefe von etwa 3,5 m der im ganzen etwa 72 t schwere Schleppdampfer Sylt gehoben worden. Es waren im ganzen zwölf Schrauben vorhanden, welche in der Mittellinie von flachen, mit den nötigen Balken überdeckten, übrigens offenen Flussfahrzeugen standen. Indem die mit starkem Rädervorgelege gedrehte, etwa 8 cm starke und 2 m hohe Schraubenspindel übrigens feststeht, so muss die mit einem Kreuzkopf seitlich geführte Mutter aufsteigen und den mit einem gabelförmigen Auflagerende versehenen eisernen Träger heben. Entweder kann dieser Träger direkt zur Verbindung mit dem zu hebenden Schiffe benutzt werden, sodass er nur von einer Schraube gehoben wird, oder es wirken zwei Schrauben paarweise auf ihn, indem er zunächst einen durch Ketten oder Seile mit dem zu hebenden Schiffe verbundenen Baum trägt. Zur leichten Anbringung der Ketten empfiehlt es sich, solche Balken paarweise nebeneinander zu legen und die Ketten an kurze Eisenstücke zu befestigen. Doppelte Balken bedürfen auch an ihren Enden keiner Gabel, um gleichmäßig zu beiden Seiten der Mutter aufzuliegen. Bei der genannten Hebung wurden die Schrauben in beiderlei Weise benutzt. Nachdem das Schiff um nahezu 2 m gehoben war, reichte das Deck soweit aus dem Wasser, dass ein Leerschöpfen möglich wurde.

Eine schon seit alter Zeit zum Leichten tiefgehender Schiffe angewandte Methode, die auch zum Heben gesunkener Schiffe in neuerer Zeit mehrfach Anwendung gefunden hat, ist die Anbringung zahlreicher mit Luft gefüllter Ballons.⁶⁵⁾ Carstens in Hamburg verwendet große Gummibeutel, in denen ein Gerippe steckt, welches jene in aufgeblähtem Zustande absteift. Die Beutel werden in genügender Anzahl an dem Schiffe mit Ketten gut befestigt und durch eine

⁶⁴⁾ Wochenblatt »Das Schiff.« 1884. S. 265.

⁶⁵⁾ Verhandl. d. Ver. z. Befördg. d. Gewerbfl. in Preußen. 1882. S. 98.

Luftpumpe voll Luft gepumpt. In demselben Maße, wie sich der Beutel dabei aufbläht, spreizt sich auch das Gerippe auseinander.

Solche Luftsäcke leiden aber an dem Nachteil, dass sie bei dem Aufsteigen an die Oberfläche leicht platzen, wenn der innere Luftdruck alsdann zu groß wird. Hiergegen verwenden Hutchinson & Co. in Paris Druckregulatoren, die in jedem Luftsacke einen Ausgleich des inneren Luftdruckes gegen den von außen wirkenden Wasserdruck herstellen, indem bei zunehmendem Aufsteigen des Sackes die Luft entsprechend entweicht.

Raydt's Hebeballon, erfunden im Jahre 1878, basirt auf der Möglichkeit, Kohlensäure bis zum tropfbarflüssigen Zustande zu komprimiren und nach Beseitigung des Druckes wieder gasförmig werden zu lassen. Bei 36 Atm. Druck und einer Temperatur von 0° C. fängt die Kohlensäure an, in den tropfbarflüssigen Zustand überzugehen und nimmt dabei etwa nur den 500. Teil ihres früheren Volumens ein. Wird sie also im komprimirten Zustande und eingeschlossen in einem starken Reservoir benutzt, um einen an dem zu hebenden Gegenstande zuvor unter Wasser befestigten und mit jenem Reservoir verbundenen Ballon aufzublähen, so entsteht durch die Gewichts-differenz des aufgeblähten Ballons und des verdrängten Wassers ein entsprechender Auftrieb. Da fast in allen Fällen mehrere Ballons nebeneinander angebracht werden können, so kann ihre Größe eine beschränkte bleiben. Die Ballons bestehen aus starkem Segeltuch, welches mit Gummi getränkt und innen überzogen ist, und sind mit einem Netz von Hanfseilen überspannt, welche sich an einem Ringe vereinigen und alsdann durch Haken mit dem zu hebenden Gegenstande zu befestigen sind. Es ist also die übliche Konstruktion des Luftballons nur mit wesentlich stärkeren Stoffen und Einzelheiten wiederholt. Die Haut des Ballons wird oben und unten durch Metallplatten gehalten, welche in der Richtung der vertikalen Axe des Ballons durch eine schmiedeiserne, mit vielen Öffnungen versehene Röhre verbunden sind. An der unteren Platte wird das Reservoir so angeschraubt, dass die Öffnung desselben in die Röhre einmündet. An der unteren Platte befinden sich im Innern des Ballons einige Ventile, welche dazu bestimmt sind, während des Aufsteigens das überflüssige Gas ausströmen zu lassen; sie sind so eingerichtet, dass sie dem Gase eine den äußeren Druck nur soweit übersteigende Spannung gestatten, wie erforderlich ist, um den Ballon aufzublähen. Da der äußere Druck des umgebenden Wassers auf den Ballon mit je 10 m Tiefe etwa um eine Atm. wächst, so ist in 10 m Tiefe das doppelte, in 20 m Tiefe das dreifache Gasquantum erforderlich wie in der Luft.

Radius des Ballons m	Inhalt des Ballons cbm	Tragkraft für destillirtes Wasser von 4° Celsius kg	Tragkraft für Seewasser von 10° Celsius kg	Gewicht der zur Füllung nötigen Kohlensäure		Inhalt des Reservoirs für 30 m Tiefe cbm
				bei 0° und 0 m Tiefe kg	bei 0° und 30 m Tiefe kg	
1	4,189	4 189	4 313	8,28	33,33	0,041
2	33,510	33 510	34 508	66,26	255	0,331
3	113,097	113 097	116 464	223,64	894,56	1,118
4	268,083	268 083	276 062	530,11	2120,44	2,651

Vorstehende von Raydt berechnete Tabelle gibt für verschiedene Ballongrößen die zur Füllung nötigen Gewichtsmengen Kohlensäure, ihre Tragkraft, sowie in letzter Kolumne den Rauminhalt des für eine Tiefe von 30 m erforderlichen Reservoirs an.

Die Anwendung des Ballons geschieht etwa folgendermaßen. Der Ballon wird mit Reservoir von einem Taucherschiff aus mit Hilfe eines Krans versenkt. Unten lässt ein Taucher soviel Gas in den Ballon ein, dass dieser sich selbst nebst Zubehör (etwa 500 kg) trägt, stellt den Verschluss wieder her und befestigt den Ballon an den zu hebenden Gegenstand. Nachdem so die erforderliche Anzahl von Ballons an dem geeigneten Stellen und unter möglichster Berücksichtigung der Gewichtsverteilung des zu hebenden Gegenstandes (Schiffes) befestigt ist, wird ein für die Hebung günstiger Zeitpunkt abgewartet, die Verschlüsse der Reservoirs werden durch Taucher oder von oben durch Zugleinen gelöst und das Gas strömt schnell in die Ballons und bläht diese auf. Nachdem der Auftrieb der Ballons das Gewicht des zu hebenden Gegenstandes und etwaige sonstige Widerstände übersteigt, schwimmen dieselben, sich mehr und mehr aufblähend, mit jenem aufwärts, bis sie selbst aus dem Wasser ragen und ihr bis dahin wachsender, freilich durch jene Ventile regulirter Auftrieb dadurch seine Grenze findet. Der so unter der Wasserfläche schwimmende Gegenstand muss alsdann auf andere Weise, zum Beispiel durch quer unter ihn hindurchziehende Ketten, noch weiter gehoben oder etwa zur Ausnutzung der Ebbe in seichteres Wasser geführt werden, weil die volle Hebung aus dem Wasser mittels des Ballons nicht möglich ist.

Dieses sinnreiche und in seinen Principien einfache und sichere Verfahren macht die Hebung von ungünstigen Zufälligkeiten wesentlich freier als dies zum Beispiel bei Füllung eines gesunkenen Schiffes mit Luft mittels Luftpumpen der Fall ist, weil bei letzterer Methode lange Zeit günstiges Wetter herrschen muss. Trotzdem wurde es im Großen bis jetzt noch nicht angewandt. Es hat jedoch ein sehr günstig ausgefallener größerer Versuch im Kieler Hafen im Jahre 1879 stattgefunden, welcher von Stahl⁶⁶⁾ beschrieben ist. Dabei wurde ein mit seinen Eisenteilen rund 15 t schwerer würfelförmiger Betonblock (Ankerstein) von 1,75 m Seite, der im Wasser ungefähr 8000 kg wog, aus 10 m Wassertiefe in 8 Min. Zeit nach Öffnung des Ventils mittels eines Ballons von 3 m grösstem Durchmesser und 2,5 m Höhe gehoben. Der Ballon stieg zuerst rasch und fast zur Hälfte bis über die Oberfläche heraus, sank dann wieder zurück, kam nach einigen kleineren Schwankungen, etwa 1 m hoch aus dem Wasser ragend, zur Ruhe und konnte mit seiner Last leicht seitwärts fortbewegt werden. Zur Hebung wurden 36 l flüssige Kohlensäure verwandt.

Der Erfinder empfiehlt seine Ballons auch zur Sicherung und Rettung beschädigter Schiffe.

⁶⁶⁾ B. Stahl. Ein Hebungversuch mittels Ballon. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1879. S. 193.

Litteratur.

A. Maschinelle Hilfsmittel zur pneumatischen Fundirung auf Caissons.

1. Selbständige Werke.

- Malézieux. Travaux publics des États unis. Paris 1870.
- Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. 2. Teil. 3. Band. 3. Aufl. Berlin 1874.
- F. Ržiha. Bericht über die Wiener Weltausstellung. Eisenbahn-Unter- und Oberbau. 2. Band. Wien 1877.
- L. Anspach. Notice sur les fondations par l'air comprimé. Bruxelles, G. Mayolez. 1880.
- L. Klasen. Handbuch der Fundirungsmethoden. Leipzig 1880.
- Exposition universelle à Melbourne. France. Notices sur les dessins, modèles et ouvrages relatifs aux services des ponts et chaussées, des mines etc. Paris. Imprimerie nationale. 1880.
- M. Becker. Allgemeine Baukunde des Ingenieurs. 4. Aufl. Leipzig 1883.
- N. Chabaud. Des accidents observés dans les appareils à air comprimé. Thèse pour le doctorat en médecine. Paris 1883. (Enthält als Vorschlag einen Centrifugalregulator zur Regulirung der Spannungsveränderung der Luft.)
- Dr. Ph. Forchheimer. Englische Tunnelbauten. (U. a. Mersey-Tunnel, Severn-Tunnel, Canal-Tunnel.) Aachen 1884.
- Röthlisberger & Simons. Ricostruzione del ponte per ferrovia sulla Thièla presso Iverdon. Milano 1884. B. Saldini.
- L. Brennecke. Der Grundbau. Handbuch der Baukunde. Abteilung III. Heft 1. Berlin 1887.

2. Zeitschriftenlitteratur.

- The caisson of the East-River-Bridge. Engineering. 1870 I. S. 276, 408.
- Fundirungssystem von Gebr. Klein, A. Schmoll u. E. Gaertner. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871. S. 631.
- Über den Einfluss des Luftdruckes auf den tierischen Organismus. Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1873. S. 301.
- Heberfundirung System Lesly der Serethbrücke bei Ibraila. Zwick's Jahrb. f. Baugew. 1873. S. 546.
- A. Schmoll v. Eisenwerth. Erfahrungsresultate über Luftverbrauch und Luftverluste bei pneumatischen Fundirungen. Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1877. Heft X.
- A. Schmoll v. Eisenwerth. Pneumatische Fundirung und Erfahrungsresultate über die dabei vorkommenden Reibungswiderstände. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877. S. 433.
- Donaubrücke der Budapester Verbindungsbahn. (Konstruktion der Schleuse.) Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1877. S. 29, 213, 701.
- Materialschleuse von A. Heinerscheidt. Revue univ. 1878 I. S. 648.
- E. Gaertner. Entwicklung der pneumatischen Fundirungsmethode. Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. Heft III u. IV.
- The new caisson for the Hudson-River-Tunnel. Scient. American. 1880 II. S. 177.
- Safety Appliance for the Hudson-River-Tunnel. Scient. American. 1880 II. S. 121.
- J. A. Linde. De nieuwe Havenwerken en Handelsinrigtingen te Antwerpen. Tydschrift van het Koninglyk Institut van Ingenieurs. 1880—81. S. 219. Taf. 22 u. 23.
- Bilfinger. Vortrag über pneumatische Fundirungen. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881. S. 63.
- G. Liébeaux. Fondation à l'air libre et à l'air comprimé. Emploi du caisson-batardeau divisible et mobile. Ann. d. ponts et chaussées. 1881 I. S. 323.
- Leuchtturmbau in der Wesermündung. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1882. S. 64. — 1886. S. 1.
- Vorsichtsmaßregeln bei Arbeiten in komprimirter Luft. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1882. S. 442.

- P. Koch. Versenkung von Fundationsbrunnen. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1882. S. 82.
 The Severn-Tunnel. Engineering. 1882 I. S. 47.
 Bewegliche Caissons von J. u. L. Montagnier. Schweiz. Bauzeitg. 1883 II. S. 43. — Kritik dieses Verfahrens, von A. Schmoll von Eisenwerth. Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 141.
 Pneumatische Fundirung der Forth-Brücke. Engineering. 1885 I u. II. S. 127.
 L. Brennecke. Die Herstellung und Prüfung der Luftschleusen und Schachtrohre bei Luftdruck. Zeitschr. f. Bauwesen. 1885. S. 237.
 Maynard and Cooke. Proposed method of constructing river tunnels. Engineering. 1885 II. S. 153.
 Sinking the piers for the Hawkesbury-River-Bridge, New South Wales, Australia. Scient. American. 1886 I. S. 288.
 Foundation caissons for the Hawkesbury-River-Bridge, by the Union-Bridge-Company, New-York. Engineering. 1887 I. S. 370.
 Vergl. ferner: Grundbau. Bearbeitet von G. Meyer. VII. Kapitel im 1. Bande des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.
 Über Kompressoren siehe Kapitel II (Triebwerke) in der 1. Abteilung der Baumaschinen. Ferner: F. J. Weiss. Trockene Schieberkompressoren und Vakuumpumpen mit potenzierte Leistung, Patent Burckhardt & Weiss. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 929. — Skott's zweifacher Kompressor. Schweiz. Bauzeitg. 1885 II. S. 22. — Walker's Luftkompressionsmaschine. Engineering. 1885 II. S. 316. — Kompressor mit Holt'schen Ventilen. Engineering. 1886 I. S. 33. — A. Kas. Zur Schadlosmachung des schädlichen Raumes bei Luftverdichtungsmaschinen. Österreich. Zeitschr. f. Berg. u. Hüttenw. 1886. S. 287, 305.

B. Taucherglocken und Taucherschächte. — C. Apparate für Einzeltaucher.

1. Selbständige Veröffentlichungen.

- Borgnis. Mécanique. Constructions diverses. (Taucherei.) Paris 1818.
 Newton'sche Taucherglocke. Malézieux. Travaux publics des États unis. Paris 1870. Pl. 49.
 Taucherapparate. Bericht von Schwedler, Sternberg, Housselle u. Giersberg über Bau- und Cvilingenieurwesen auf der Wiener Weltausstellung 1873. Braunschweig 1873.
 Cloche à plongeur employée au dérasement des roches sous-marines. Collection de dessins de l'école des ponts et chaussées. Serie 1. Sect. F. Pl. 2.
 Knight. The practical dictionary of mechanics. (Diving bell.) Band 1. S. 713. London. Cassell, Petter & Galpin.
 Hasslacher. Die Rouquayrol-Denayrouze'schen Taucher-, Atmungs- und Beleuchtungsapparate und ihre Anwendung im Bergbau. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenw. im preuß. Staate. 1874.
 v. Popp. Über Taucherei und Taucherapparate. Wochenschr. d. Österreich. Ing. u. Arch. Ver. 1876. No. 45 u. 46.
 J. B. Toselli. Les engins sous-marins. 2 Hefte. Paris 1878.
 Siebe & Gormans. Manual for divers. London 1880.
 L. von Bremen & Co. Taucher-Apparate. Kiel 1880.
 Taucherei. Brockhaus' Bilderatlas. Leipzig. 2. Aufl. 11. Lfg. Taf. 22.
 Unterricht über den Taucherdienst in der K. K. Österr. Kriegsmarine. 2 Teile. Wien 1880. K. K. Hof-Staatsdruckerei.
 Barnett & Foster. Descriptive catalogue of diving apparatus. London N. Forston Street 22, 23.
 Instruktion für Taucher. Für die Kaiserl. Deutsche Marine. Neuer Abdruck. Berlin 1885. E. S. Mittler u. Sohn.

2. Zeitschriftenlitteratur.

- Verwendung vulkanisirter Röhren von Kautschuk bei Skaphandern. Ann. du génie civil. 1864. Nov.
 Taucherschacht für die Mosel. Zeitschr. f. prakt. Baukunst. 1864. S. 291.
 Taucherarbeit in tiefem Wasser. Engineer. 1865 II. 3. Nov. — Zeitschr. d. Hannov. Ing. u. Arch. Ver. 1865. S. 503.

- Anwendung von Skaphandern bei den Reparaturen der Brücke Legrand zu Cette. Allgem. Bauzeitg. 1864. S. 252.
- Beseitigung des Felsens »La Rose« im Hafen von Brest. Civilingenieur. 1864. S. 31.
- Stahl. Taucherglocken zur Fundirung der Rheinbrücke b. Hamm. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869. S. 185. — Zwick's Jahrb. f. Baugew. 1870. S. 324.
- Über Versuche mit Taucherapparaten. Berggeist. 1872. S. 191, 271.
- Der Seemaulwurf von Toselli. Ann. du génie civil. 1873. Febr.
- Morell. Apparatus for laying submarine foundations at Pola Harbour. Engineering. 1876 I. S. 127.
- Aérophores Denayrouze. Revue industr. 1876. S. 41.
- Taucherschacht zu Pola zum Ebenen des Felsbodens und Beseitigen des Fangdammes. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1878. S. 54.
- Cloche plongeante pour dérochement sous-marin. Revue industr. 1879. S. 133.
- A. Habets. Pénétration dans les milieux irréparables. Bericht über die Weltausstellung Paris 1878. Revue univ. 1880. S. 304.
- Taucherhelm mit Telephon. Deutsche Industriezeitg. 1880. S. 126.
- H. Gruner. Taucherarbeiten bei Herstellung größerer Leitungen unter Wasser. Civilingenieur. 1880. S. 1.
- Submarine observatory and electric light. Scient. American. 1880 II. S. 163.
- Taucherglocke für Wehrreparaturen auf der Seine. Zeitschr. f. Baukunde. 1880. S. 66.
- New Harbour Works, Douglas, Isle of Man. Engineer. 1880 I. S. 297, 300.
- J. J. Parlour's Apparat zur Erleichterung der Reparatur von Dockmauern, Schiffen etc. Engineering. 1881 I. Patent-Record. S. 602.
- New diving apparatus by Stephen P. M. Tasker. Scient. American. 1881 II. S. 278.
- Klett. Taucherglockenschiffe in der Seine. Zeitschr. f. Baukunde. 1883. S. 79.
- Taucherglocke zum Sprengen unterseeischer Felsen. Génie civil. 1885 I. S. 364.
- Hersent's Diving bell for submarine excavations. Scient. American. 1886 I. S. 371.
- Taucherschiffe und bewegliche Taucherschächte, hauptsächlich für Arbeiten im Rheinstrom, wurden mit allem Zubehör ausgeführt von Schaubach & Craemer, Maschinenfabrik in Koblenz.

D. Hebung schwerer Gegenstände, insbesondere gesunkener Schiffe aus dem Wasser.

- Raising the steamship »Tarnaky« at Tory Channel, New Zealand. Engineering. 1870 I. S. 33.
- Lifting the debris of the Bineau-Bridge. Engineering. 1872 I. S. 58.
- Apparat zur Hebung gesunkener Schiffe. Iron. 1874 II. S. 168.
- Sowerbutts's Apparat zum Heben gesunkener Schiffe. Scient. American. 1874 II. S. 215. — Polytechn. Centralbl. 1875. S. 64.
- The raising of the Eurydice at Sandown Bay, England. Scient. American. 1878 II. S. 198.
- Thomas Archer. Arrangements for raising sunken vessels. Engineering. 1878 II. S. 323.
- A. Dresel. Hebung des Dampfers »Lady Catharine«. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878. S. 433.
- Druitt Halpin. Raising sunken vessels. Engineering. 1878 II. S. 16. — 1879 I. S. 102.
- Vorrichtung zur Schiffshebung von Clark und Stanfield. Engineering. 1879 I. S. 249.
- Raydt's Verfahren der Hebung mit Anwendung komprimirter Kohlensäure. Deutsche Bauzeitg. 1879. S. 438.
- The Großer Kurfürst. Engineer. 1879 II. S. 341.
- H. Haedicke. Die mutmaßlichen Vorgänge beim Heben des Großen Kurfürsten. Darmstadt, Zernin. 1879.
- Hebung des Neptun. Die Eisenbahn. 1880 II. S. 96.
- Vorrichtungen zum Heben gesunkener Schiffe. Bericht über deutsche Reichspatente. Zeitschr. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. in Preußen. 1882. S. 97.
- Hebung des »Austral«. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883. S. 514.

E. Felsensprengung unter Wasser und Verschiedenes.

- Felsensprengungen von Bingen bis St. Goar. Zeitschr. f. prakt. Baukunst. 1864. S. 395. — Zeitschr. f. Bauw. 1868. S. 395, 547.

- Hipp's Dampfbohrmaschine zum Bohren unter Wasser. Zeitschr. f. Bauw. 1867. S. 118.
- Herschel. Felsensprengung im Hafen von Boston. Zeitschr. f. Bauw. 1868. S. 441.
- Sprengungen im East-River bei New-York. Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1872. S. 222.
- Submarine Bohrmaschine System Newton. Engineer. 1872 I. S. 330, 422.
- Sprengung eines Caissons in der Donau bei Wien. Deutsche Bauzeitg. 1873. S. 411. — Zwick's Jahrb. f. Baugew. 1874. S. 587.
- Felsensprengung zu Hellgate bei New-York. Scient. American. 1875 II. S. 111, 192. — Deutsche Bauzeitg. 1876. S. 202, 440, 476, 492. — Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1872. S. 222. — 1876. S. 337.
- Martini. Apparat zum Dichten von Betonsohlen. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1881. S. 371.
- The removal of Flood-Rock, New-York. Scient. American. 1881 II. S. 191.
- Mahler u. Eschenbacher. Die Sprengtechnik. Wien 1881. Verlag von Craz & Gerlach in Freiberg i. S.
- Vorrichtung zum Zerstören von Betonfangdämmen. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1882. S. 294.
- Felssprengungen unter Wasser. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1882. S. 232.
- J. Lauer. Methode der Felsensprengung unter Wasser. Wien 1882. R. v. Waldheim.

Die deutschen Reichspatente

- auf Hilfsmittel für Arbeiten unter Wasser befinden sich in den Patentklassen No. 4 (Beleuchtungsgegenstände), No. 35 (Hebezeuge), No. 65 (Schiffbau), No. 78 (Sprengstoffe), No. 84 (Wasserbau), und mögen von denselben noch folgende speciell genannt werden.
- D. R. P. No. 2531. Kl. 65. H. C. Carstens in Hamburg. Vorrichtungen zum Heben gesunkener Schiffe.
- D. R. P. No. 2596. Kl. 4. L. von Bremen & Co. in Kiel. Vorrichtungen an Taucherlampen und Taucherlaternen zur Entlassung der Verbrennungsprodukte.
- D. R. P. No. 4822. Kl. 35. Wilhelm Raydt in Hannover. Vorrichtung zum Heben von Lasten in Wasser und in der Luft.
- D. R. P. No. 4958. Kl. 65. H. C. Carstens in Hamburg. Vorrichtung zum Heben gesunkener Schiffe.
- D. R. P. No. 6709. Kl. 84. Ernst Rost in Dresden. Luftschieusen mit hydraulischer und mit Pressluftförderung zur Ausführung pneumatischer Arbeiten
- D. R. P. No. 28706. Kl. 65. R. Hascher u. L. Laetsch in Netzschkau i. U. Apparat zum Heben gesunkener Schiffe.
- D. R. P. No. 30242. Kl. 78. Joh. Lauer in Wien. Verfahren und Apparat zum Sprengen von Objekten unter Wasser mittels frei aufgelegter Ladungen.
- D. R. P. No. 37099. Kl. 35. M. Möller in Blankenmoor, Holstein. Vorrichtung zum Heben gesunkener Gegenstände unter Wasser.

Pneumatische Fundirungen. Gerüste, Aufstellung, Einsteigeschleusen.

Fig. 1-5. Bismark-Brücke über den Missouri. Einsteigeschleuse.

Aufstellung von Kaissons der Brücke zu Marmonde über die Garonne.

Fig. 8-10. Einsteigeschleuse des New-York Pfeilers der Brücke über den East-River.

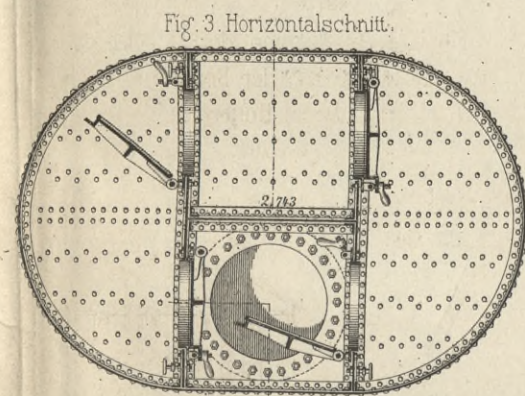
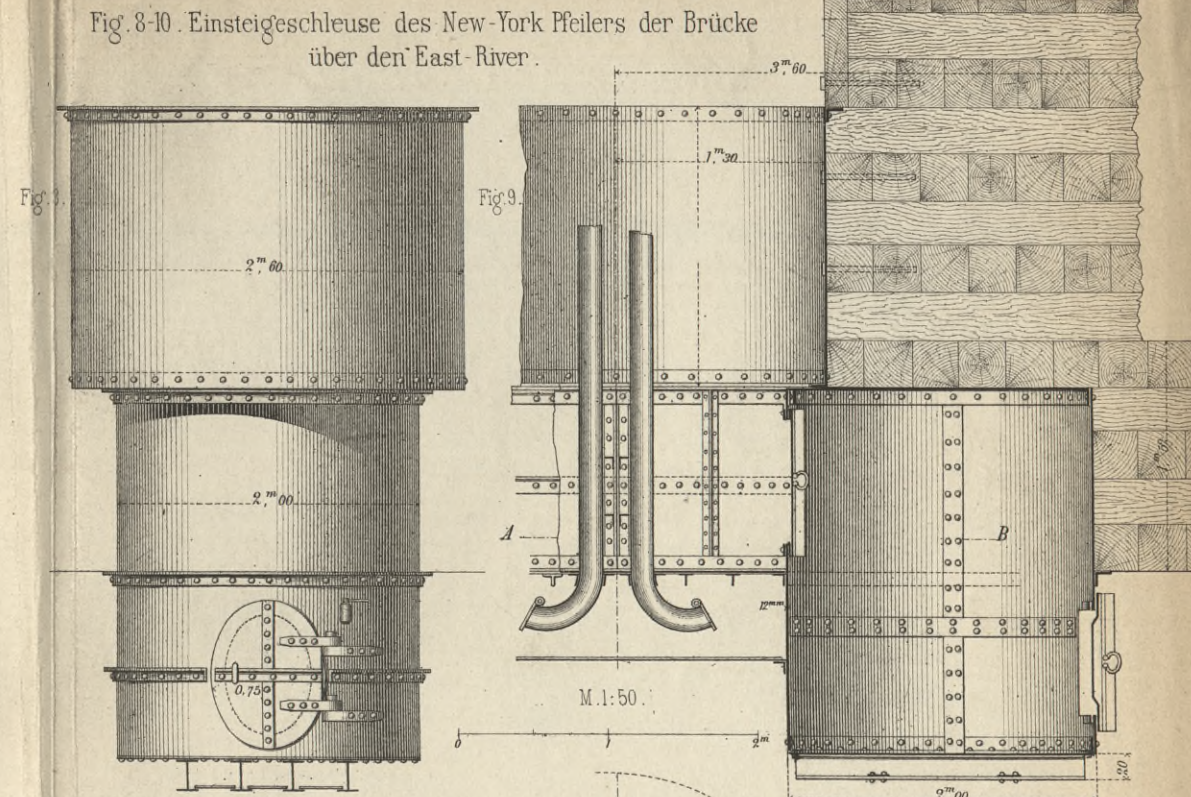
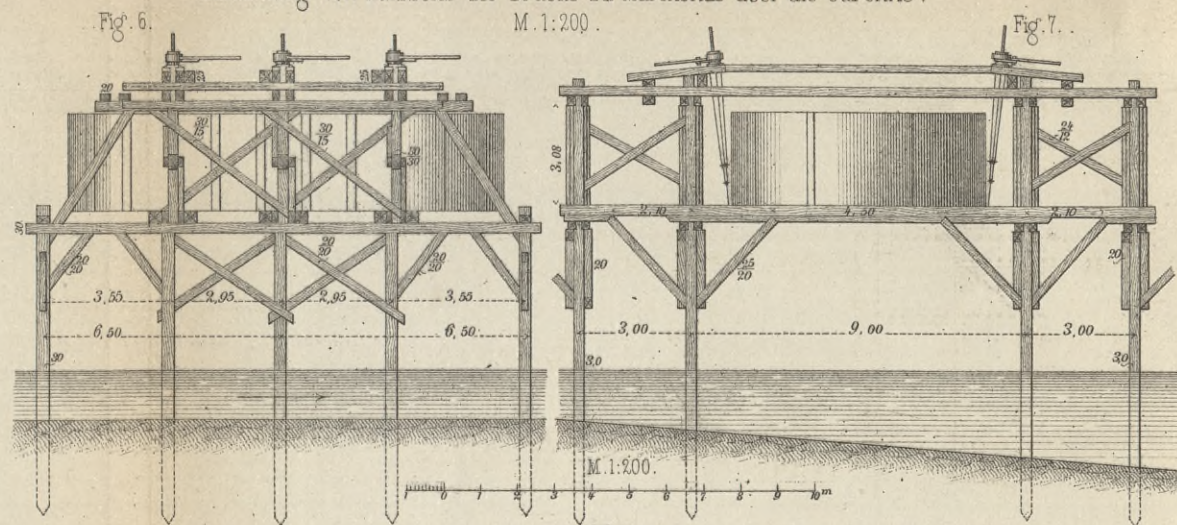
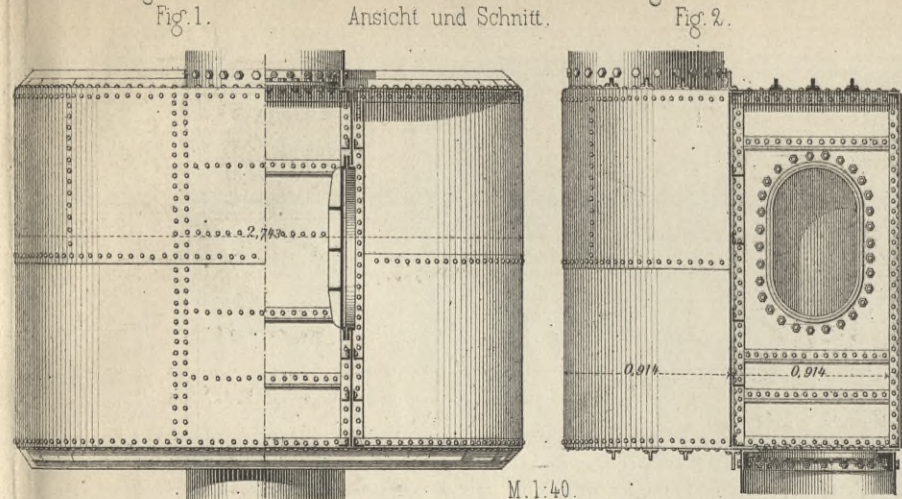


Fig. 11. Einsteigeschleuse von Szegedin.

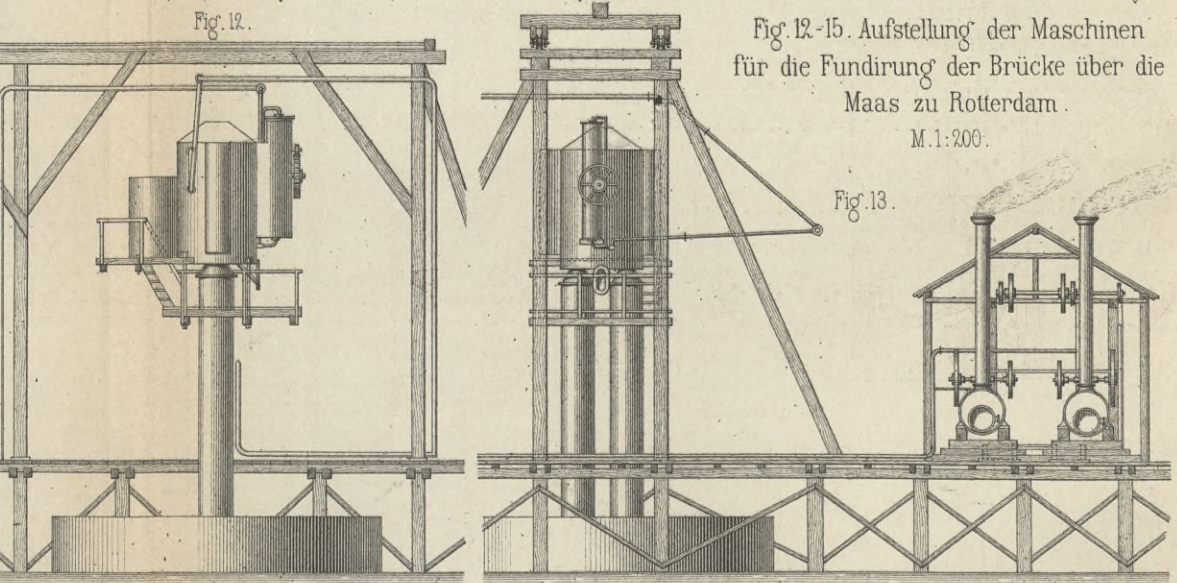
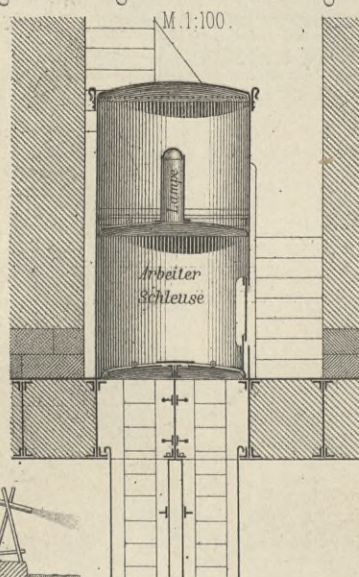
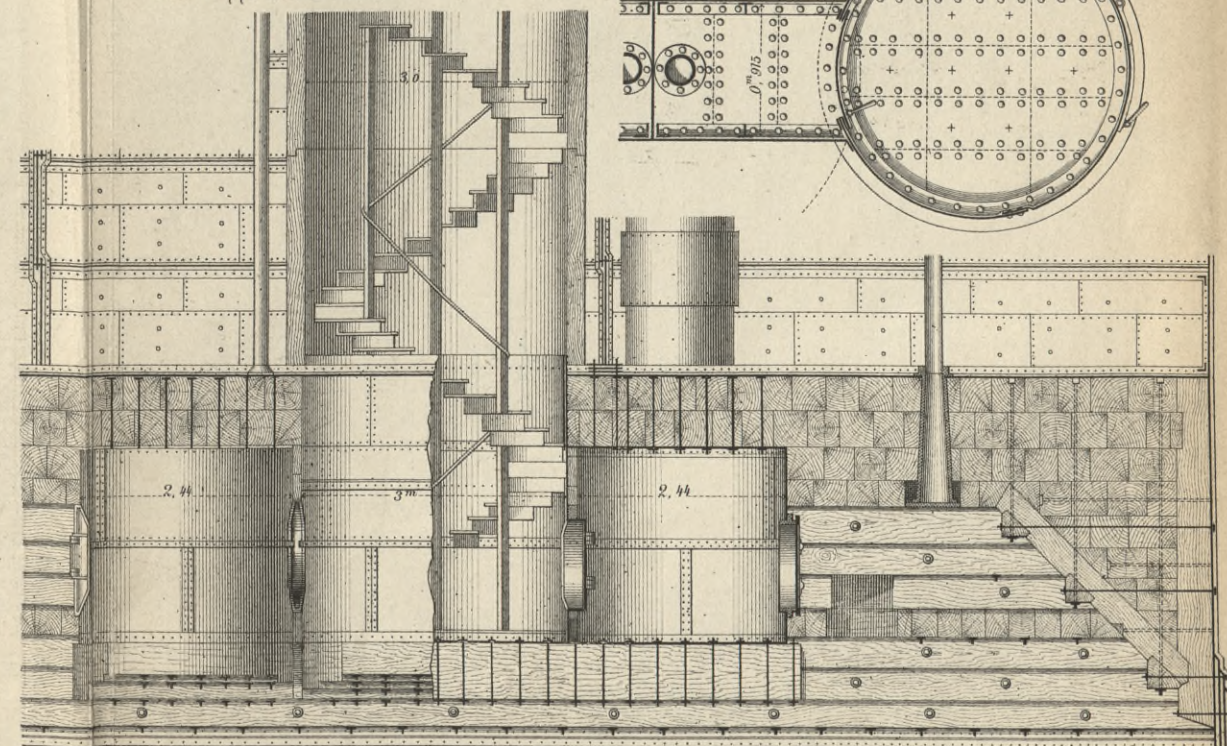
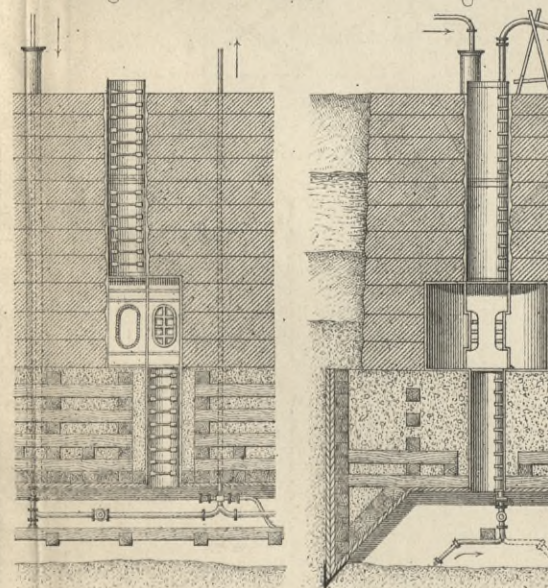


Fig. 16. Einsteigeschacht und Luftscheule des östlichen Landpfeilers der Brücke über den Mifsissippi bei St. Louis.

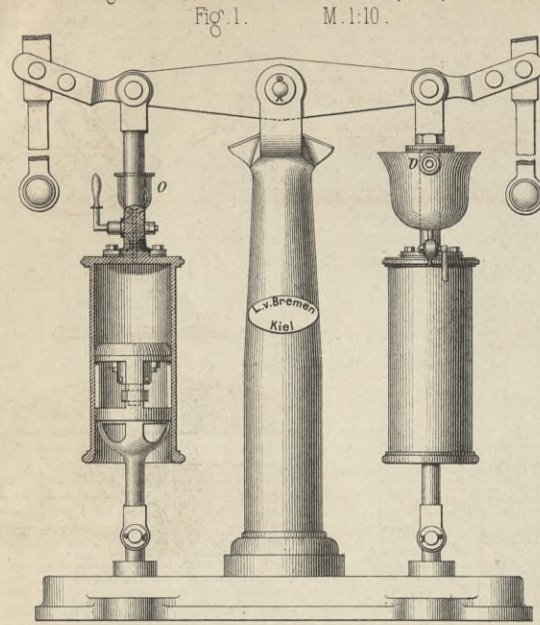


Langenschnitt und Querschnitt durch den Kaison.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Fig. 1-3. Gewöhnliche Luftdruckpumpe.



Kolben.

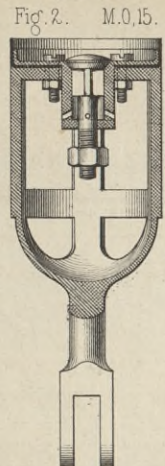


Fig. 4-7. Lufttornister mit Regulator, System L. v. Bremen & Co., früher Rouquayrol-Denayrouze.

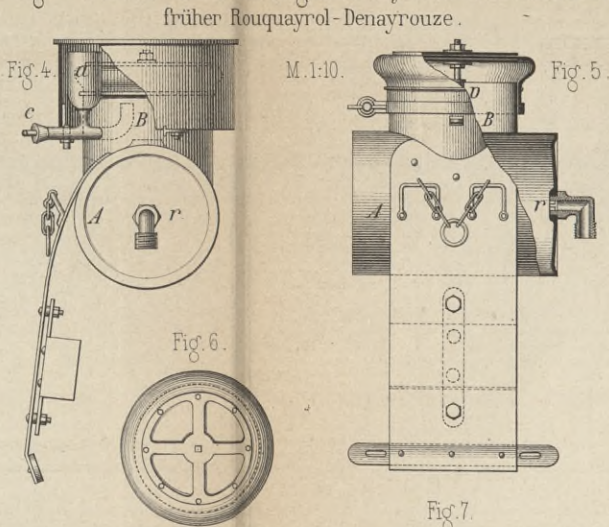


Fig. 8-10. Hochdruckreservoir mit Regulator.

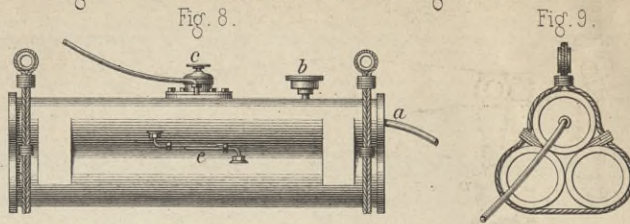
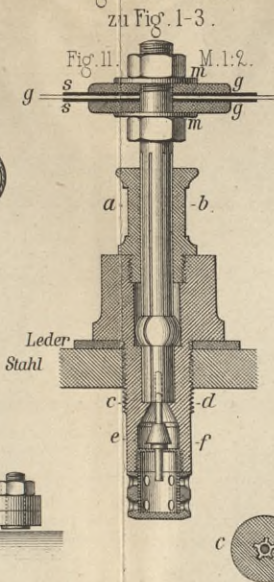
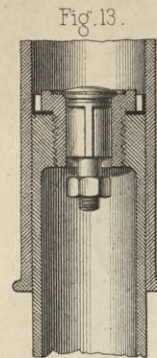


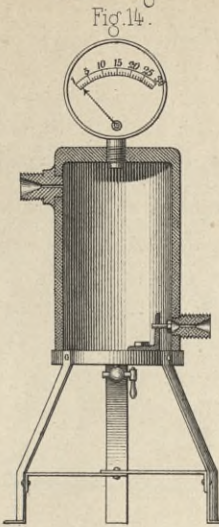
Fig. 11 u. 12. Ventil zu Fig. 1-3.



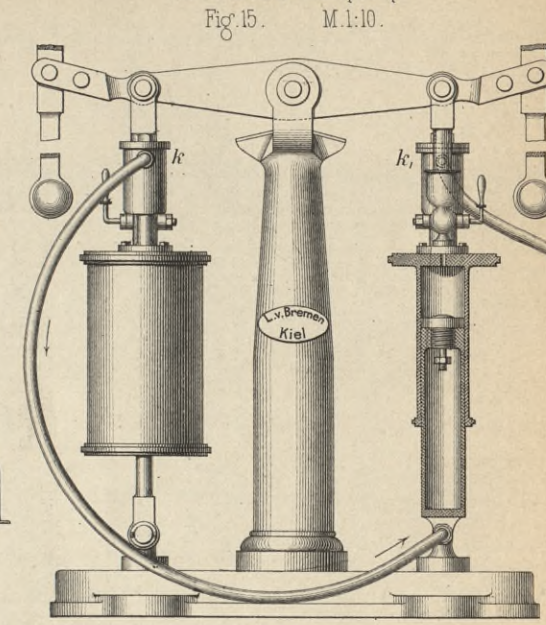
Kolbenventil.



Luftreiniger.



Hochdruck-Luftpumpe.



Toselli's Taucherglocke mit Propeller und Steuerruder.

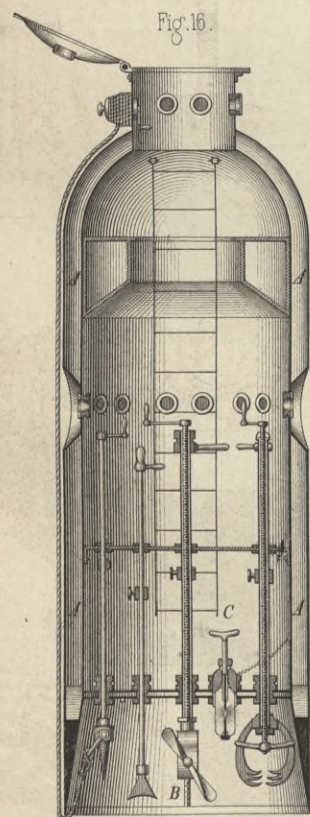


Fig. 17-19. Gewöhnliche Taucherglocke.

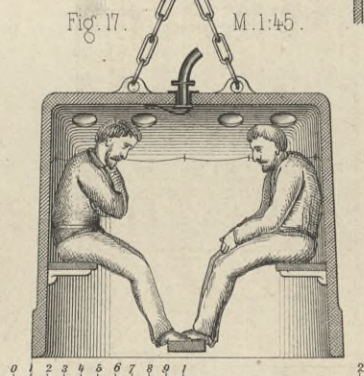


Fig. 20-22. Schwann's Apparat mit Sauerstoffbehälter.



Tauchersystem von L. v. Bremen & Co.

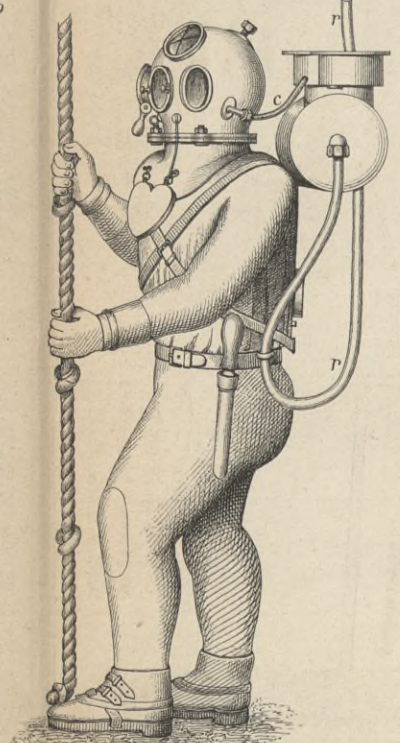


Fig. 23 u. 24. Taucherapparat 'Neptun' von Toselli.

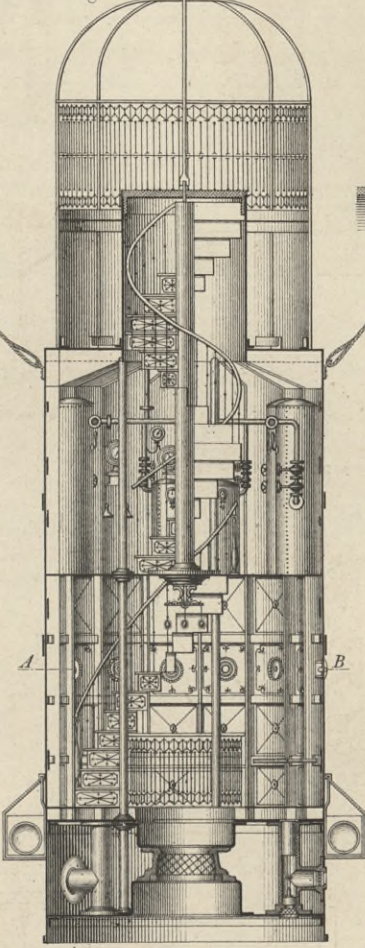
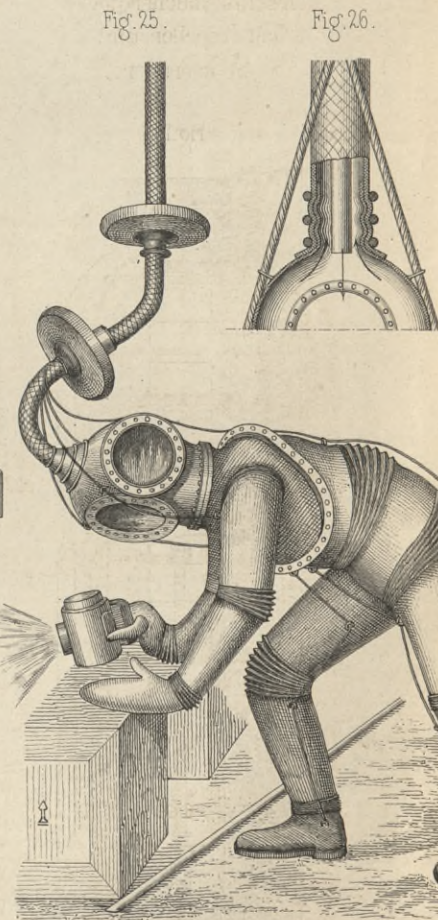


Fig. 25 u. 26. Taucherpanzer System Taskin mit Gelenkfalten.



Leiter für Taucharbeiten.

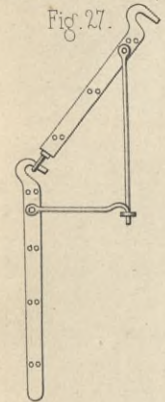
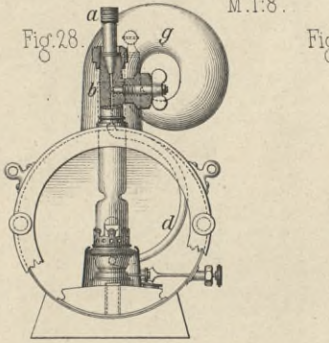
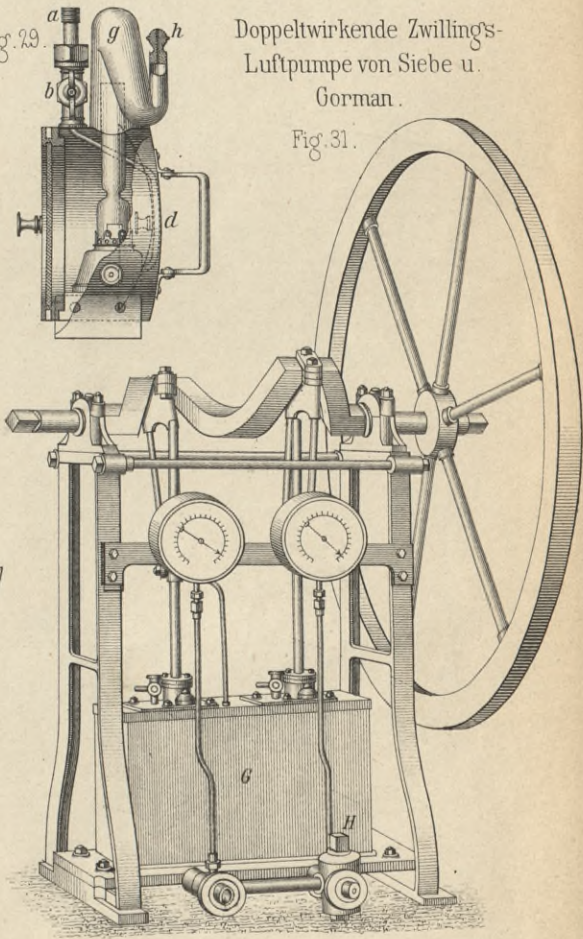


Fig. 28 u. 29. Unterseeische Lampe.



Doppeltwirkende Zwillings-Luftpumpe von Siebe u. Gorman.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Fig. 1 u. 2. Förderschleuse der Brücke zu Stendal.

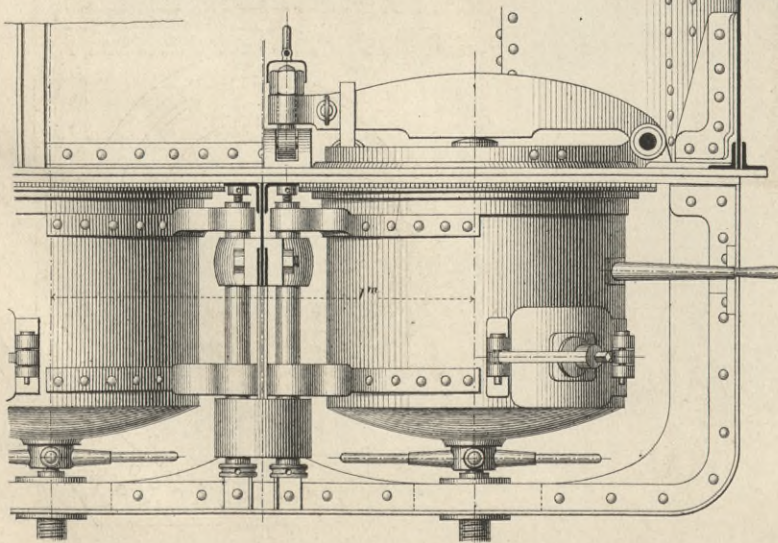
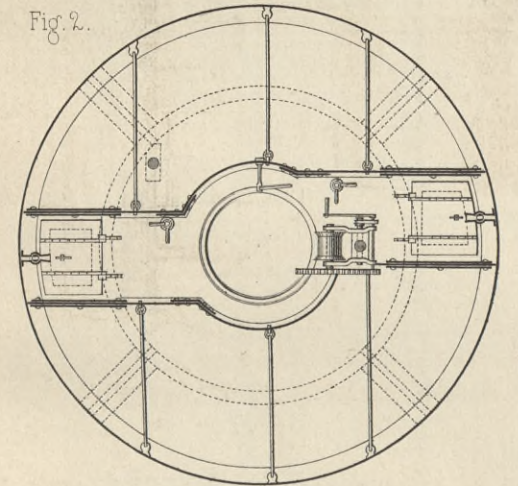
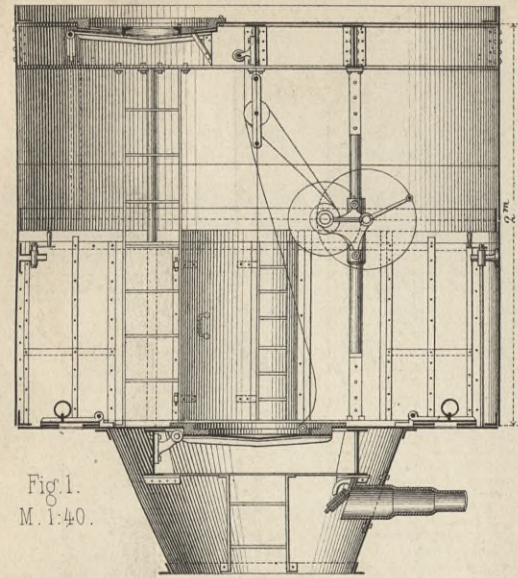


Fig. 3.

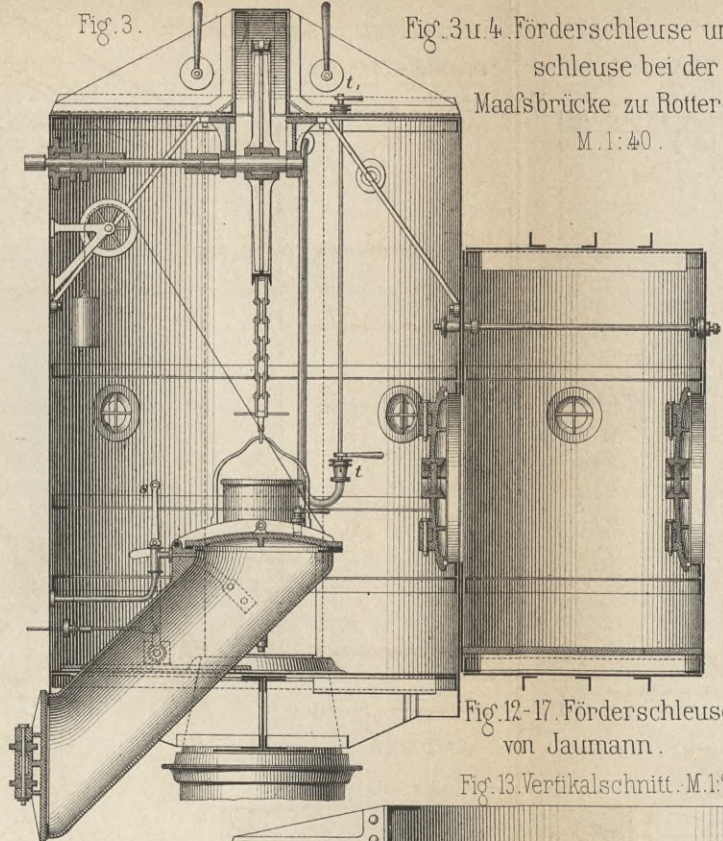


Fig. 3 u. 4. Förderschleuse und Einsteigschleuse bei der Maalsbrücke zu Rotterdam. M. 1:40.

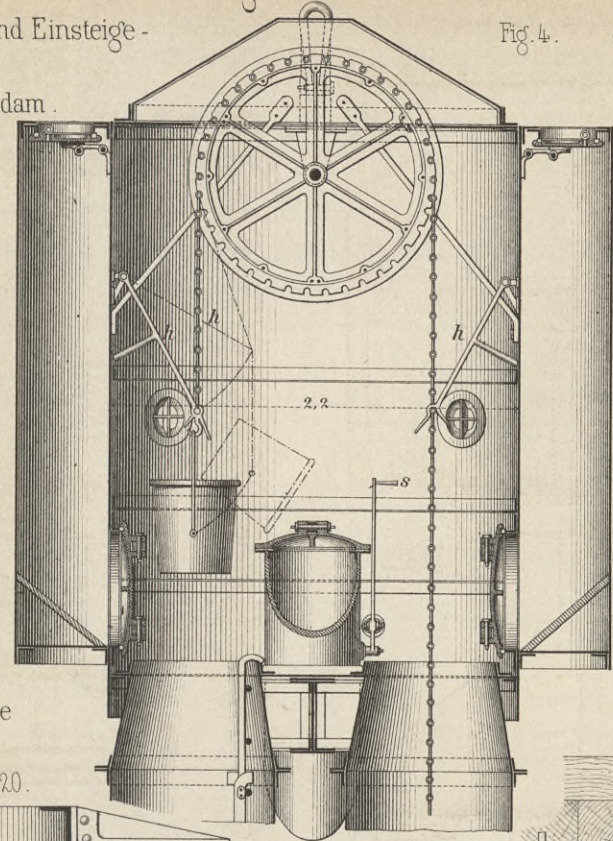


Fig. 4. Schleuse zum Einfüllen bei der Brücke zu New-York. M. 1:50.

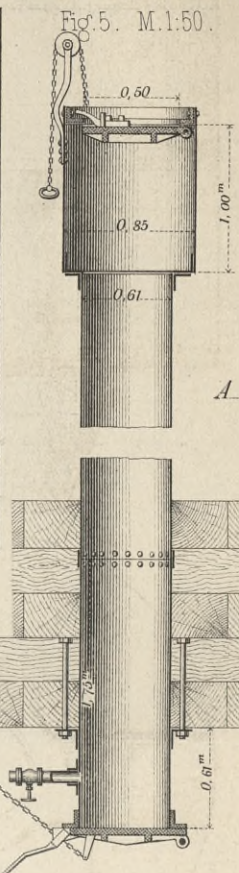


Fig. 6-11. Förderung von Gebr. Klein, A. Schmall u. E. Gärtner in Wien. M. 1:40.

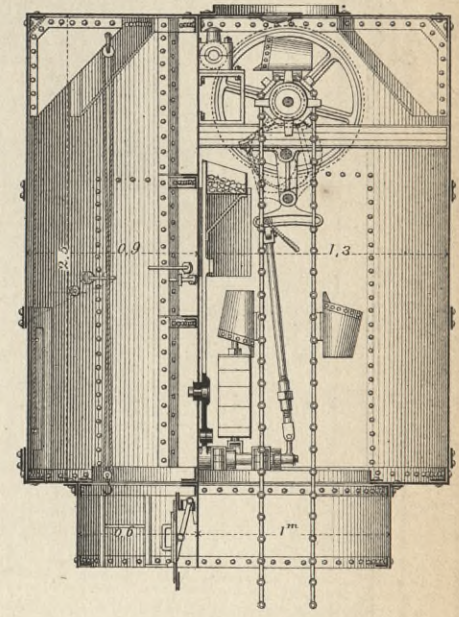
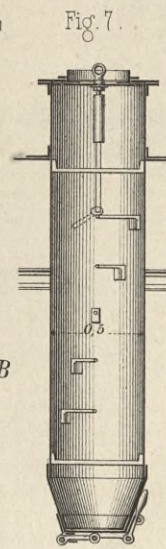
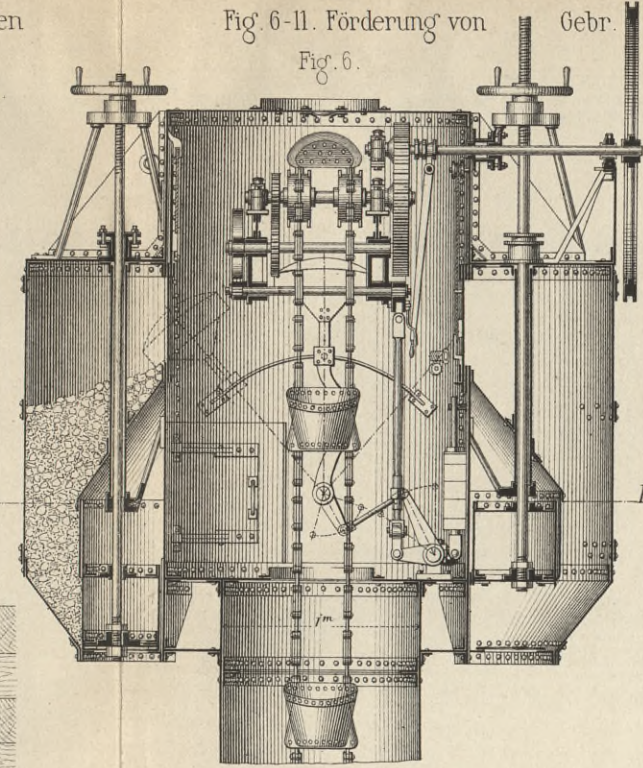


Fig. 10. Horizontalschnitt A-B.

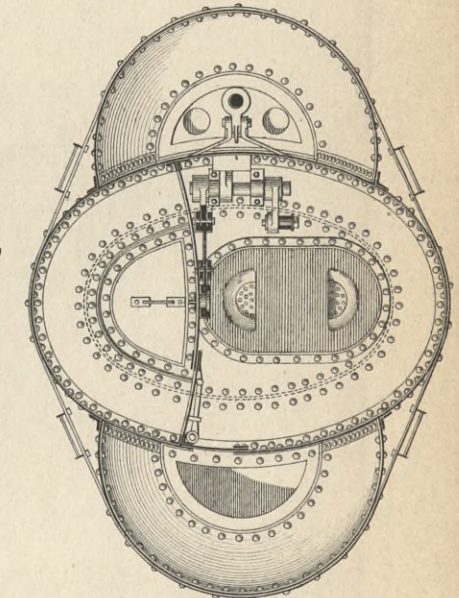


Fig. 12. Ansicht und Vertikalschnitt. M. 1:20.

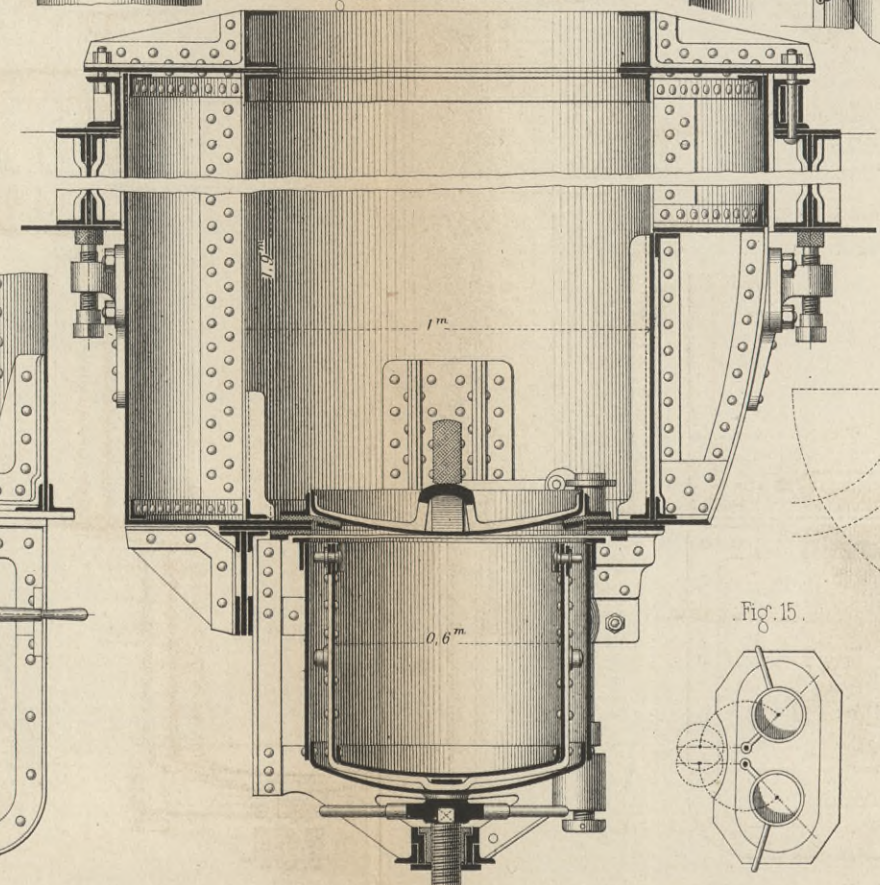


Fig. 12-17. Förderschleuse von Jaumann. Fig. 13. Vertikalschnitt. M. 1:20.

Fig. 14. Horizontalschnitt und Unteransicht. M. 1:20.

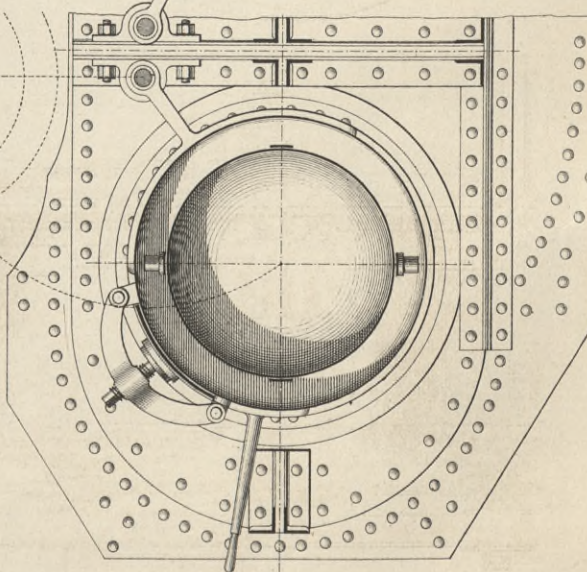


Fig. 15.

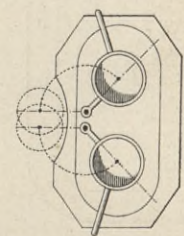


Fig. 16. Grundriss.

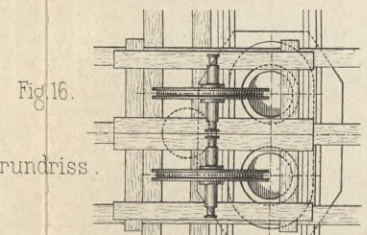


Fig. 17. Schnitt durch den Pfeiler.

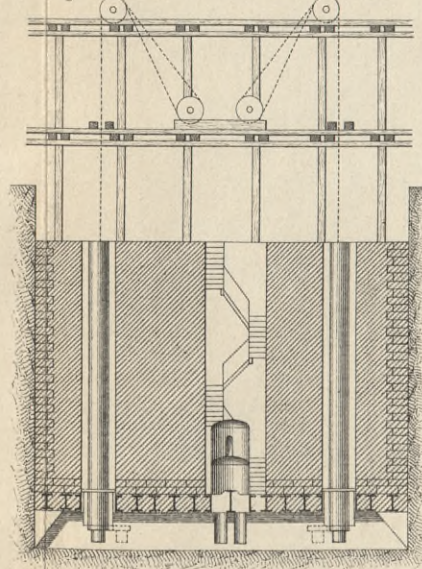


Fig. 9. Vertikalbagger.

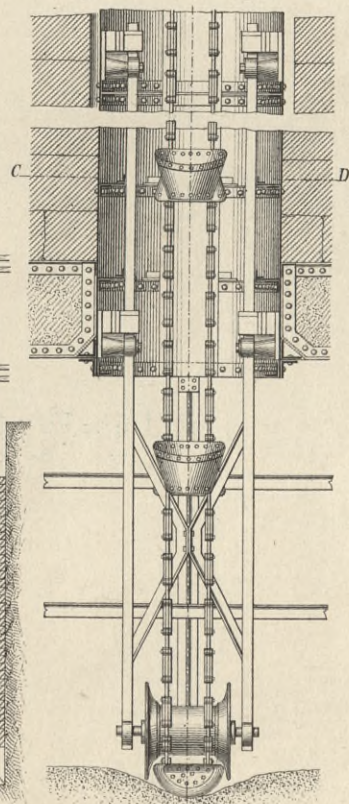
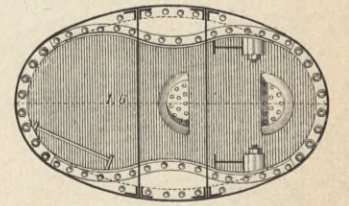


Fig. 11. Horizontalschnitt C-D.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Fig. 1 u. 2. Taucherschacht zu Brest.

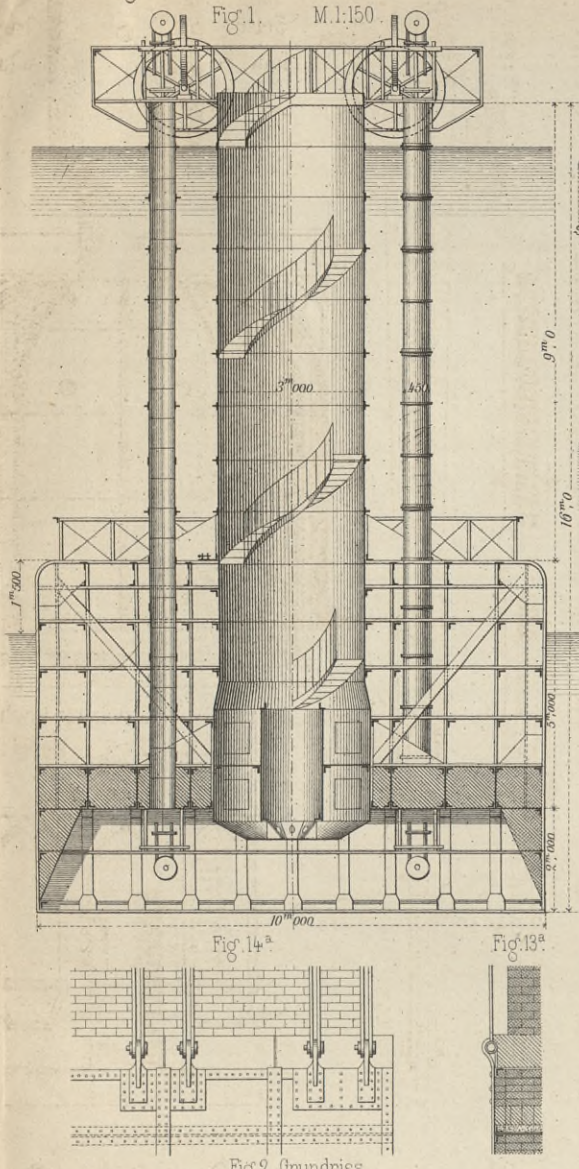


Fig. 3 u. 4. Pneumatische Fundirung des Schelde-Kais zu Antwerpen.

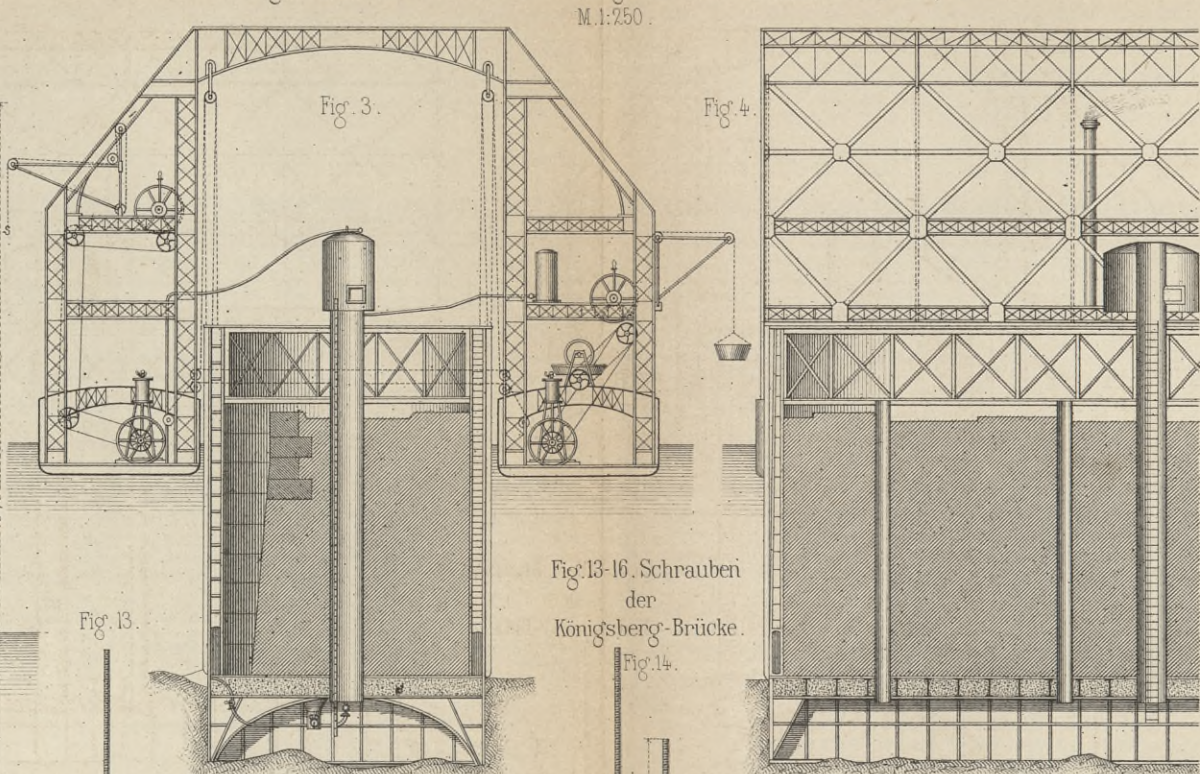
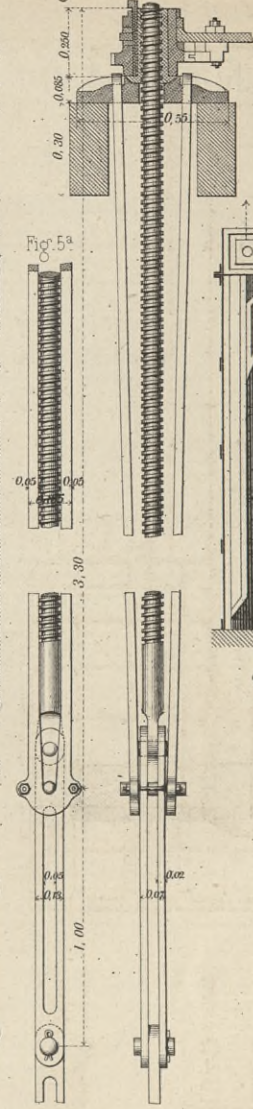


Fig. 5. Schraube. M. 1:25.



Zerlegtaucherbarer schacht. M. 1:100.

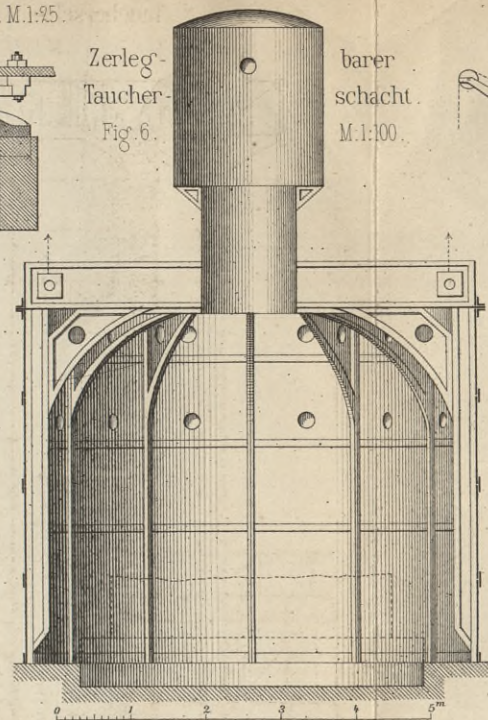


Fig. 7-10. Fundament des Leuchthurms in der Wesermündung.

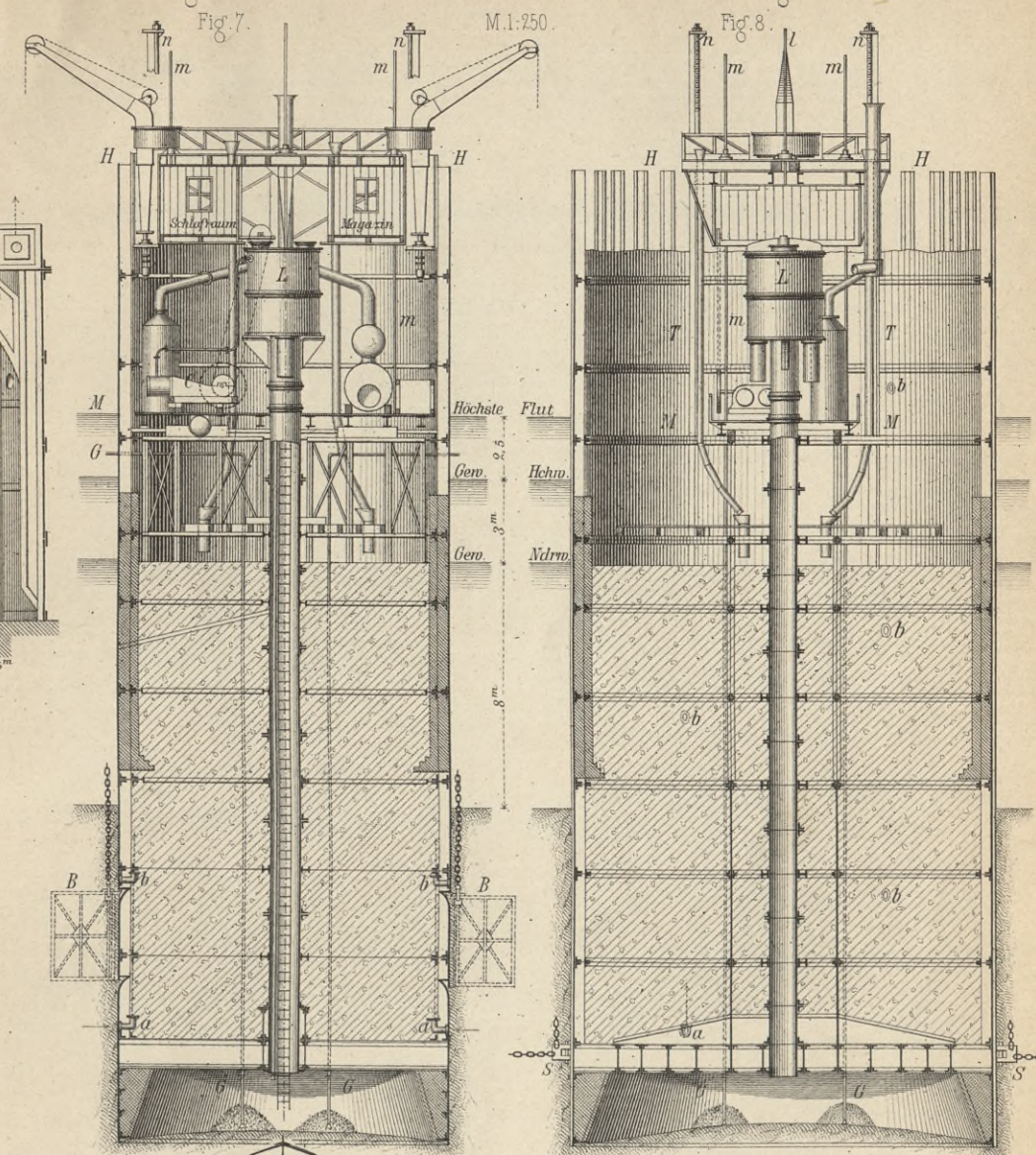


Fig. 13-16. Schrauben der Königsberg-Brücke.

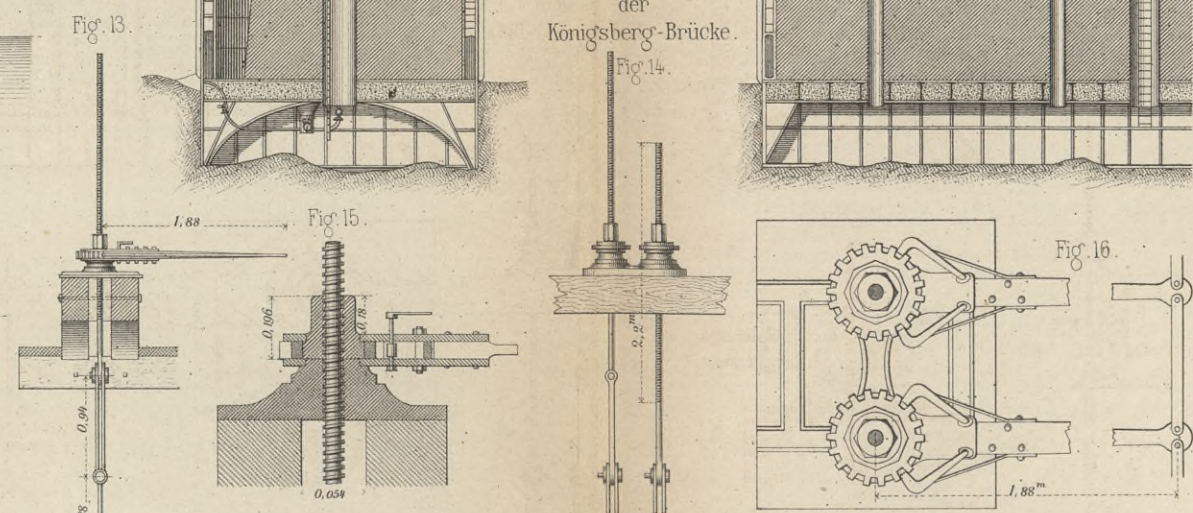


Fig. 11 u. 12. Taucherschacht von der Mosel.

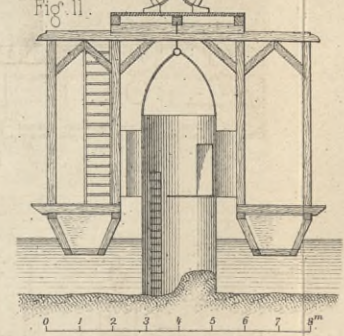


Fig. 17 u. 18. Taucherschacht bei Fundirung der Brücke von Mareuil über die Dordogne.

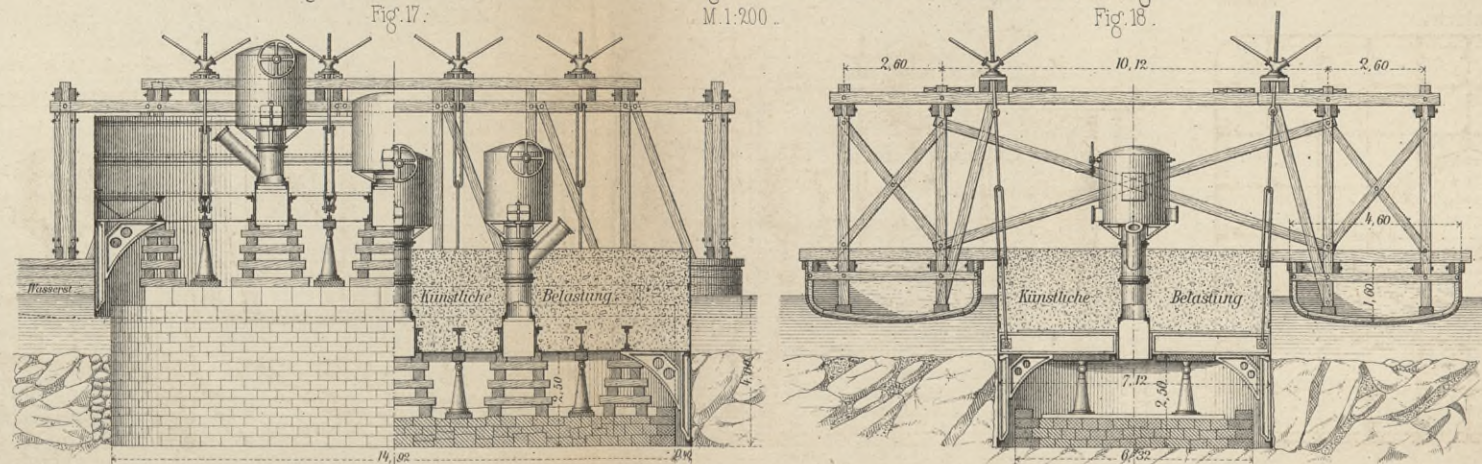
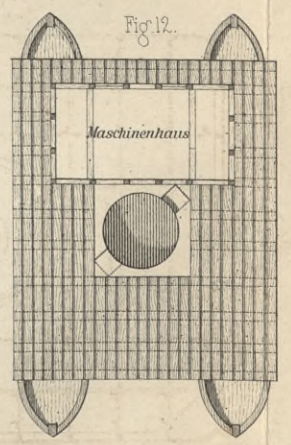


Fig. 12. Maschinenhaus.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III - 306602

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000309223

