

§ 5. **Einteilung der Bagger.** Die Verschiedenheit der vorhandenen Bagger macht es schwierig, dieselben nach einem übersichtlichen Systeme zu ordnen. Wie schon in § 1 erwähnt, kann eine Einteilung nach der angewendeten Betriebskraft nicht streng durchgeführt werden, da im allgemeinen jeder Bagger durch die verschiedensten Motoren betrieben werden kann, ohne dafs eine Änderung der eigentlichen Baggerapparate vorgenommen werden mufs. Am meisten unterscheiden sich die Bagger durch die Art der Materialförderung, und soll danach die Trennung der Bagger im nachstehenden geschehen.

Es sind zwei Hauptabteilungen angenommen, die in Unterabteilungen zerfallen, benannt nach charakteristischen Merkmalen der einzelnen Bagger. Übersichtlich gestaltet sich demnach die Einteilung wie folgt:

A. Bagger mit unterbrochener Materialförderung.

1. Stielbagger.

Baggerhaken, Sandlote, Sackbagger, Löffelbagger, Kranstielbagger, Bagger System Popie, Perris, Bagger-schaufel, Sackbohrer, Doppelsackbohrer, Bagger von Webb, von Fouracres, Zangenbagger, Steinzange.

2. Stiellose Bagger.

Indische Schaufel, Bagger von Both, Bruce & Batho, Milroy, Rammpumpe, pneumatischer Bagger.

B. Bagger mit ununterbrochener Materialförderung.

1. Gefäfsbagger.

Radbagger, Kettenbagger (Schaufel- und Eimer-Kettenbagger).

2. Pumpenbagger.

Kolben- und Kreisel-Pumpenbagger.

A. Bagger mit unterbrochener Materialförderung.

1. Stielbagger.

§ 6. **Baggerhaken, Sandlote, Sackbagger** sind Baggerwerkzeuge von den verschiedensten Formen, die in der Hauptsache aus einem offenen Gefäfs bestehen, das an einem langen Stiele befestigt ist. Das Gefäfs dient sowohl zum Lösen als auch zur Aufnahme des Materiales, und wird letzteres in demselben gehoben. Je nach Beschaffenheit des zu baggernden Materials ist die Form des Gefäfses und die Stellung desselben zum Stiele verschieden, immer aber ist dasselbe mit schnittenartigen Teilen armiert zur Erleichterung der Materialablösung. Das Gefäfs ist ganz von Eisenblech in Gestalt eines flachen Kastens und bildet mit dem Stiele einen kleineren als rechten Winkel, wenn es sich um grobkörnige Materialien handelt; es besteht aus einem Ringe, an welchem ein aus Leder, Segeltuch oder engmaschigem Netze gefertigter Sack befestigt ist, bei feinem Sand und Schlamm.⁵⁾ Der kubische Inhalt dieser Gefäfses schwankt zwischen 0,01—0,02 cbm. Die Bedienung wird bei Baggerungen in geringer Tiefe und leicht lösbarem Boden durch einen Arbeiter bewirkt, der das Gefäfs zu füllen sucht, indem er den Stiel am oberen Ende mit der Schulter stützt und mit den Händen das Gefäfs auf dem Boden im Bogen fortbewegt und nach Füllung senkrecht in die Höhe hebt.

⁵⁾ Handb. der Ingenieurw. III. Bd. Wasserbau. S. 1094. Mit Abb.

Bei schwer lösbarem Boden, Thon, Torf, Klai u. s. w., und größeren Gefäßen bis zu 0,02 cbm Fassungsraum werden die Bagger durch je zwei Arbeiter bewegt, von welchen der eine das Baggergefäß mittels eines sehr nahe demselben befestigten Taus durch den zu baggernden Boden zieht, wodurch die Füllung geschieht.⁶⁾ Diese Baggergeräte werden entweder von Flößen oder Schiffen aus bedient; bei letzteren wendet man Bohlen an, die so weit über das Schiffsbord hinausreichen, daß der den Bagger führende Arbeiter bequem darauf Platz findet. Wenn die Baggerung von Flößen aus erfolgt, so kann die Gefäßfüllung auch zweckmäßig so geschehen, daß die Floßkante als Stützpunkt für den Baggerstiel benutzt wird und das Gefäß durch Zurückwuchten des oberen Stielteiles in den zu lösenden Boden eingetrieben wird. Das gehobene Material wird aus den Gefäßen durch Umkippen derselben in Karren oder Schiffe verfüllt. Diese Bagger werden bei Vertiefungen von geringem Umfange und sehr häufig zur Materialgewinnung benutzt. Sie finden auch an den Stellen zweckmäßig Verwendung, wo mit anderen Baggerapparaten Vertiefungen nicht ausgeführt werden können, dicht an Kaimauern, Dückdalben u. s. w. Größere Vertiefungen als etwa 2,0 m unter Wasser lassen sich mit denselben jedoch nicht zweckmäßig ausführen. Bei leicht lösbarem Boden und 1,0 bis 1,5 m Wassertiefe kann ein Arbeiter pro Tag in 10stündiger Arbeit etwa 5—10 cbm Boden baggern.

Löffelbagger. Der Name Löffelbagger ist auf die löffelartige Gestaltung dieses Baggers und darauf zurückzuführen, daß das Material gleichsam, wie in einem großen Löffel liegend, mittels desselben über Wasser gebracht wird. Die Löffelbagger können bereits als Baggermaschinen bezeichnet werden, da die zum Lösen und Heben des Materials erforderliche Kraft durch maschinelle Einrichtungen auf den Bagger übertragen wird. Sämtliche Löffelbagger haben Stiele, an deren unteren Enden, wie bei den Stielbaggern, die Gefäße befestigt sind; sie unterscheiden sich von diesen nur durch Form und Größe der Gefäße, sowie durch die Art und Weise, wie das gehobene Material aus diesen entfernt wird. Die älteste Art der Löffelbagger, von dem Franzosen de la Balme beschrieben, welcher angibt, daß dieselben im 18. Jahrhundert in den Häfen von Toulon, Brest u. s. w. sehr in Benutzung gewesen sind, finden sich in verschiedenen Werken von Belidor, Hagen, Rühlmann u. A. dargestellt. Zwei Löffelbagger werden von einem Ponton aus in Thätigkeit gesetzt und zwar durch Laufräder, von welchen mittels Ketten die entwickelte Kraft auf die Bagger übertragen wird. Das größere der vorhandenen Laufräder liefert die zum Lösen und Heben des Materials erforderliche Kraft, während mit dem kleineren die Bagger jedesmal zu neuem Eingriff zurückgezogen werden. Die Ketten sind derart um die betreffenden Wellen geschlungen, daß der eine Bagger gehoben wird, während der andere die zum Lösen des Materials und Füllen des Gefäßes notwendigen Bewegungen macht. Die Löffelbagger selbst bestehen aus je einem circa 15,5 m langen Stiele mit Baggergefäß von etwa 0,4 cbm Fassungsraum. Die Entleerung der Gefäße geschieht durch Klappen, die an den Rückwänden derselben vorhanden sind. In den Laufrädern sind Menschen thätig und zwar in dem großen 3 Matrosen, in dem kleineren 2 Schiffsjungen. Maximalleistung bei etwa 5,0 m Wassertiefe und leicht lösbarem Boden in 10 Stunden 7—7,5 cbm. Die Bedienung wurde im ganzen durch 10 Arbeiter beschafft.

⁶⁾ Hagen, Seeufer- und Hafenaubau, Bd. IV, S. 120. Mit Abb.

Der in England vielfach angewandte Ballastbagger⁷⁾ ist ebenfalls ein Löffelbagger. Ein großer Stielbagger wird von dem zur Aufnahme des Ballastmaterials bestimmten Fahrzeuge aus mittels einer Winde bedient. Das Baggergefäß wird mit Hilfe des Windetaues und des am oberen Ende gestützten Stieles im Bogen durch den Boden gezogen und gefüllt. Der Fassungsraum des Baggergefäßes ist etwa 1,25 cbm. Zur Bedienung sind gewöhnlich 4 Arbeiter erforderlich. Die Entleerung geschieht durch Umstürzen des Gefäßes. Da es sich bei den Arbeiten mit solchen Baggern um Materialgewinnung handelt, werden dieselben nur bei Wassertiefen von etwa 1,25 m benutzt, die den Tiefgang des Bootes nicht wesentlich übersteigen. Leistung der 4 Arbeiter in 5 Stunden 12 bis 15 cbm.

Beim Hafenaufbau von Triest⁸⁾ wurden Löffelbagger für sehr unreinen, mit Steinen vermischten Boden verwendet, die wegen ihrer Konstruktion als beachtenswerte Beispiele dieser Baggerart angesehen werden können. Die Bagger, durch Dampfmaschinen betrieben, haben je ein Gefäß aus Eisenblech konstruiert, von 0,9 cbm Fassungsraum. Die Entleerung geschieht dadurch, daß der Stiel nach Hebung excentrisch aufgehängt wird; das Gefäß dreht sich daher mit dem Stiel und der Inhalt des Gefäßes verstrürzt in Fahrzeuge. Die Leistung eines solchen Baggers kann bei 10 m Wassertiefe zu 3 cbm in der Stunde angenommen und können durch dieselben einzelne Steine bis 6 t Gewicht gehoben werden. Bei weichem Boden steigert sich die Leistung bis auf 100 cbm in 10 Stunden. Zur Bedienung gehören 8 Arbeiter einschließlic der für die Wartung der Dampfmaschine erforderlichen Leute.

Collin⁹⁾ hat bei der Vertiefung des Kanales von Bourgogne einen Löffelbagger angewendet, der direkt auf dem Ufer entleert wird. Der Bagger besteht aus einem kastenartigen Gefäße von 0,07 cbm Fassungsraum, in welchem ein Stiel befestigt ist. Mittels einer am Ufer stehenden Winde wird das mit zwei Rädern versehene Gefäß durch den zu baggernden Boden hindurch bis auf das Ufer gezogen. Die Führung des Stieles geschieht durch 2 Arbeiter von einem Schiffe aus, welches so nahe als möglich mit dem Bagger zugleich an das Ufer herangezogen wird. Leistung durch 3 Arbeiter in 10 Stunden etwa 18 cbm. Die Anwendung dieser Bagger ist sehr beschränkt, da geringe Breite und Tiefe der Flußrinne sowie einigermaßen fester Boden Vorbedingungen sind.

Amerikanischer Kran-Stielbagger.¹⁰⁾ Als Erfinder wird Osgood angegeben. Dieser Bagger unterscheidet sich von den Löffelbaggern durch die Lagerung des Stieles in einem kranartigen Ausleger, der es gestattet, das Baggergefäß um die Auslegerweiten seitlich zu bewegen, ohne Verschiebung des Baggerschiffes. Das Baggergefäß, meistens cylindrisch gestaltet und aus starkem Eisenblech gefertigt, ist gewöhnlich von relativ großem Fassungsraume, bis zu 0,6 cbm. Stiellänge 10 bis 12 m, da Baggerungen mittels solcher Apparate bis 6,0 m Wassertiefe vorgenommen werden. Die Betriebskraft ist Dampf. Das Lösen des Bodens und Füllen des Kübels geschieht unter Zuhülfenahme eines Flaschenzuges, der an dem Kübel selbst angreift und am vorderen Ende des Krans gelagert ist. Durch ein Ge-

⁷⁾ Hagen. Seeufer- und Hafenaufbau. Bd. IV. S. 123. Mit Abb.

⁸⁾ Allg. Bauztg. 1876. Hafenaufbau von Triest. — Bömches. Handb. d. Ingenieurw. Bd. III. Wasserbau. Taf. LX, Fig. 21 u. 22.

⁹⁾ Hagen. Seeufer- und Hafenaufbau. Bd. IV. S. 126. Mit Abb.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 181. Mit Abb. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872. S. 269. Mit Abb. — Weisbach. Mechanik. III. Teil. Mit Abb.

triebe, welches in Zahnstangen, die an dem aus 2 Teilen bestehenden Stiele befestigt sind, eingreift, wird die Länge des Stieles je nach Baggertiefe und Lage des Gefäßes reguliert. Das Getriebe kann durch eine einfache Kuppelung in und außer Eingriff gesetzt werden und erhält seine Bewegung entweder durch Übertragung von der äußersten am Krane gelagerten Rolle des Flaschenzuges oder direkt von der Betriebsmaschine. Durch diese Anordnung können dem Apparate vollkommen diejenigen Bewegungen erteilt werden, die ein Arbeiter einer Erdschaufel beim Lösen und Heben von Boden giebt.

Die Drehung des Auslegers erfolgt durch die Betriebsmaschine mittels einer auf der Drehaxe des Krans befestigten Scheibe, um welche eine Kette gelegt ist. Nach dem Heben des Kübels wird der Ausleger so weit seitlich bewegt, daß der erstere über das zur Aufnahme des Bodens bestimmte Transportgefäß gelangt, in welches nach Öffnung einer Bodenklappe der Inhalt des Kübels verstrürzt wird. Die Auslegerweite steigt bis zu 7,0 m. Eine verlorene Hubhöhe ist bei diesen Apparaten vermieden, da der Kübel nie höher gehoben zu werden braucht, als es zur Einbringung des gelösten Materiales in die Transportmittel gerade erforderlich ist.

Ferner wird durch den Ausleger ermöglicht, den Kübel entsprechend der Auslegerhöhe über Wasser zu heben, so daß die Bodenablagerung direkt auf höher liegendem Ufer erfolgen kann und zwar bis zu 4,0 m über Wasser. Hierdurch wird dieser Bagger recht geeignet für Baggerungen auf beschränktem Raume und namentlich dicht an Kaimauern.

Das Baggerschiff wird durch zugespitzte Pfähle, die in Führungen sich bewegen und bis auf oder in die Flußsohle reichen, während des Baggerns in seiner Lage gehalten und vor dem Eintauchen bewahrt. Zwei Arbeiter genügen für die Bedienung. Es werden bei Verwendung einer 14pferdigen Maschine pro Stunde etwa 50 Hübe ausgeführt und dadurch bei 4,0 m Wassertiefe und 4,0 m Ablagerungshöhe eine mittlere Leistung von 2—300 cbm in 10 Stunden erzielt. Die Anschaffungskosten eines kompletten Baggers dieser Art belaufen sich je nach Konstruktion des Baggerschiffes auf 50—60 000 M. Dasselbe Konstruktionsprinzip hat bei dem Trockenbagger Fig. 13 u. 14, Taf. XIX, Anwendung gefunden; derselbe ist nur statt in einem Schiffe auf einer auf Schienen laufenden Plattform montiert.

Der **Bagger System Popie**¹¹⁾ ist ein Löffelbagger, welchem durch Wasserkraft die erforderlichen Bewegungen erteilt werden. Fig. 12, 13 u. 14, Taf. XVII, zeigen die Konstruktion. Zwei an den Längsseiten des Baggerschiffes und auf einer Axe befestigte Schaufelräder *a* werden durch die Stromkraft des Wassers getrieben und ziehen die zum Löffelbagger *b* führende Kette an, wodurch derselbe gehoben und während des Hebens gefüllt wird. Die Führungsrolle *c* für die Zugkette wird durch einen Hebel seitlich bewegt, sobald der Löffel bis an dieselbe gehoben ist. Die Stellung des Löffels bei der Entleerung ist punktiert angedeutet in Fig. 13. Durch Auslösen eines Sperrkegels, dessen Anordnung Fig. 6 zeigt und welcher sich am unteren Ende des Stieles befindet, kippt das Gefäß und entleert sich in den kleinen Wagen *d*, von welchem das Material den Transportfahrzeugen zugeführt wird. Nach Entleerung des Löffels wird der Sperrkegel wieder eingerückt, der Löffel heruntergelassen, die Führungsrolle *c* zurückgelegt und der Bagger von neuem eingesetzt. Die Schaufelräder rotieren während der Arbeit ununterbrochen, durch Kuppelungen können die Kettentrommeln in und außer Gang gesetzt werden. Der

¹¹⁾ Ann. des ponts et chaussées. 1874. Mit Abb.

Löffelbagger wird in einem Schlitzze. des Fahrzeuges bewegt. Beim Stillstande des Baggers werden die Schaufelräder durch einfache Flaschenzüge, die an einem besonderen Gerüste angebracht sind, so hoch gehoben, daß das Wasser nicht mehr auf dieselben einwirken kann. Die Winde *e* dient zur Reserve, wenn aus irgend welchem Grunde die Schaufelräder nicht benutzt werden können. Der Bagger wird während der Arbeit in der Richtung gegen den Strom entsprechend der Baggerung vorwärts bewegt und zwar ebenfalls durch die erwähnten Schaufelräder.

Der erste Bagger dieser Art ist 1872 gebaut worden und auf der unteren Garonne in Thätigkeit. Derselbe wird von 3 Arbeitern bedient. In 12stündiger Arbeit liefert der Bagger rund 50 cbm Material von kiesiger Beschaffenheit. Die Kosten für die Gewinnung stellen sich, da die Gesamtunterhaltungskosten sehr gering sind, zu 0,14 M. pro geförderten cbm. Für die Anschaffung eines solchen Baggers wurden 1600 M. ung der Stromkraft zum Betriebe desselben; vergl. Stromkratzmaschinen. Die verausgabt. Dieser Bagger giebt ein höchst interessantes Beispiel für die Benutz-Versuche in dieser Richtung sind äußerst spärlich, jedoch scheint die vorliegende Lösung sehr zweckmäfsig zu sein. Bedingung für die Anwendung solcher Bagger ist das Vorhandensein einer lebhaften Strömung und das Erfordernis geringer Gesamtleistung. Es ist nicht zu verkennen, daß auf diesem Wege noch viel zu erreichen sein wird, da Regulierungen bei kleineren Flüssen des Hügellandes mittels solcher billig arbeitenden Maschinen sehr gefördert werden könnten. Die Hauptbedingung für deren Anwendung: lebhafte Strömung ist bei diesen Flüssen meistens vorhanden. Bei Flüssen in Niederungen werden selbst nach erheblicher Steigerung ihrer Leistungen diese Bagger nicht Verwendung finden können, da es sich hier in der Regel um Baggerungen in sehr großem Umfange handelt. Die Verwendung zahlreicher Bagger der beschriebenen Art an einer Stelle, um die Gesamtleistung zu erhöhen, würde, weil für die Schifffahrt hinderlich, ausgeschlossen sein.

§ 7. Der Bagger System Perris¹²⁾, Taf. XVII, Fig. 9, 10 u. 11, unterscheidet sich von den vorhergehenden durch das trogartige Baggergefäß von großer Längenausdehnung, sowie die Art der Gefäßfüllung. Während bei sämtlichen bisher beschriebenen Baggern das Fahrzeug während der Gefäßfüllung still liegt, wird bei diesem Bagger das Schiff vorwärts bewegt, um das Gefäß zu füllen. Das 3,25 m lange Baggergefäß *a* ist mit zwei durch eine Walze *g* mit einander verbundenen Stielen und einem beweglichen Boden ausgestattet, durch welchen das Gefäß entleert wird. Mittels der Winden *d* wird die Vorwärtsbewegung des Schiffes und die Füllung des Gefäßes bewirkt. Die Doppelwinden *ee* vermitteln die Hebung des gefüllten Gefäßes, dessen Entleerung in ein untergefahrenes Transportfahrzeug erfolgt. Durch die Winde *f* wird das entleerte Gefäß zurückgezogen. Die Verbindungswalze *g* wird durch ein um dieselbe geschlungenes Tau, indem ein Arbeiter dasselbe straff anspannt, so lange in ihrer tiefsten Lage gehalten, bis das Gefäß gefüllt ist; nachdem dies geschehen, wird das Tau gelockert, die Walze gleitet an den Schräghölzern *c* in die Höhe und das Gefäß kann die für die Entleerung desselben erforderliche, in Fig. 9 punktiert angedeutete Lage einnehmen. Mittels dieses Baggers, der nur auf Kanälen Anwendung finden kann, werden entsprechend der Breite des Baggergefäßes Rinnen vertieft. Die Vertiefung eines Kanales ist zweckmäfsig so vorzunehmen, daß an jeder Seite der Kanalsohle eine Rinne ausgebaggert wird, deren

¹²⁾ Ann. des ponts et chaussées. V. Serie. Tom. II. 1871. S. 153. Mit Abb.

Sohle 0,1 m unter der herzustellenden Kanalsohle liegt. Der zwischen beiden Rinnen verbleibende höhere Teil der Sohle wird durch die Schiffsbewegungen bald erniedrigt und in die tieferen Rinnen geschlemmt werden. Breitere Kanäle erfordern noch eine dritte Rinne in der Axe des Kanales.

Bagger dieser Konstruktion sind auf dem Canal du Midi seit dem Jahre 1862 eingeführt. Leistung bei 12stündiger Arbeitszeit 99 cbm. Die Besatzung besteht aus 11 Arbeitern. Kosten eines kompletten Baggers etwa 9000 M. Kosten eines cbm geförderten Bodens 0,31 M. Diese Bagger können bei 2,5 m Wassertiefe noch zweckmäÙig benutzt werden.

§ 8. Die **Bagger-Schaufel** ist ein Stielbagger, welcher ausschließlichs beim Senken von Brunnen und Vertiefen umschlossener Baugruben Verwendung findet. Eine sehr zweckmäÙige Konstruktion giebt die Zeichnung Taf. XVII, Fig. 1 u. 2. Dieselbe hat bei den Fundierungsarbeiten der Fußgängerbrücke in Weisensfels Anwendung gefunden.¹³⁾ An einem kräftigen Stiele ist eine Schaufel aus Eisenblech derartig befestigt, daßs sich dieselbe in einem Gelenke drehen läÙt. Durch den Haken *a* wird die Schaufel so gehalten, daßs sie gewissermaßen eine spatentartige Verlängerung des Stieles bildet. Die Schaufel wird in dieser Lage in den zu lösenden Boden getrieben, was teils durch das Eigengewicht derselben, teils durch die Anstrengung der Arbeiter geschieht. Nachdem die Schaufel gehörig in den Boden eingedrungen ist, wird der Haken durch das Tau *b* gelöst und die Schaufel mittels Taus *c* zugleich mit dem Stiele *d* gehoben. Während des Hebens bildet die Schaufel mit dem Stiele einen rechten Winkel. Das Heben des gefüllten Apparates geschieht mittels Winde, die am Taus *c* angreift. Zur Bedienung sind 3 Arbeiter erforderlich, welche bei einer Hubhöhe bis 5,0 m etwa 10 cbm Boden pro Tag zu fördern vermögen. Die größte Tiefe, bei welcher derartige Schaufeln noch Anwendung finden, ist 6,5 m.

§ 9. Der **Sackbohrer** besteht aus einem Bügel von 0,5—0,7 m Weite, an welchem ein Sack aus Leder, feinmaschigem Netze oder starkem Segeltuche befestigt ist. Der Bügel ist an einem kräftigen Stiele angebracht und schneidentartig gebildet. Die Füllung des Sacks geschieht durch Drehen des Stieles, nachdem derselbe auf den zu bearbeitenden Boden gesenkt ist. Diese Bagger, ebenfalls nur beim Grundbau anwendbar, werden durch 4—6 Arbeiter bedient, welche pro Tag 4—5 cbm Boden mittels desselben aus einer Tiefe von etwa 5 m fördern können.

Der **Doppel-Sackbohrer von Diak**¹⁴⁾, dargestellt auf Taf. XVII, Fig. 15, 16 u. 17, ist mit zwei Bügeln und zwei Säcken, aus dicht geflochtenem Tauwerk bestehend, versehen. Die Bügel sind an dem eigentlichen Stiele verschiebbar, so daßs nach Füllung der Säcke nicht der ganze Apparat, sondern nur die Bügel und Säcke gehoben zu werden brauchen, was mittels der Kette *a* geschieht. Der Sperrhaken *b* wird vor dem Heben der Bügel durch das Seil *c* gelöst. An einem geeigneten Gerüste hängt der ganze Apparat in dem Wirbel *d*, so daßs die Drehung desselben durch 4—6 Arbeiter leicht bewerkstelligt werden kann. Die Kette *a* wird während der Drehung des Apparates in den Wirbel *d* gehängt, damit dieselbe sich nicht um den Stiel herum legt. Nach Füllung der beiden Säcke wird die Kette *a* an einer Windtrommel befestigt und aufgewickelt. Die durch Linksmachen entleerten Säcke

¹³⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. S. 23. Mit Abb.

¹⁴⁾ Engineer. 1877 II. S. 296. Mit Abb.

gleiten an der Stange so lange hinab bis der Sperrhaken *b* in eine Falle einschnappt, wodurch der Bügel mit den Säcken in richtiger Lage gehalten wird. Der Apparat ist aus Eisen konstruiert und findet ebenfalls nur bei Grundbauten Anwendung. Bagger dieser Konstruktion sind in Japan mit sehr gutem Erfolge angewendet worden.

§ 10. **Bagger von Webb**¹⁵⁾, Taf. XVII, Fig. 3, 4 u. 5. Ein cylindrisches Gefäß, bohrerartig gestaltet, wird durch den Bügel *a* und die beiden umgebogenen Eisenlappen *b b* am Fusse einer quadratischen Eisenstange *c* gehalten. Die Stange hängt in einem Wirbel und wird rechtsläufig gedreht, wodurch die Füllung des Gefäßes erfolgt. Durch linksläufiges Drehen des Apparates werden die beiden Lappen *b b* von dem Bügel *a* losgelöst und das Gefäß hängt beim Herausheben des Baggers in der in Fig. 5 dargestellten Weise, indem es die vordere Seite nach oben kehrt. Das Aufziehen des gefüllten Apparates geschieht durch eine Winde. Über die Leistungsfähigkeit des in Indien verwandten Baggers giebt die Quelle nichts an, erwähnt ist jedoch, daß durch geeignete Verlängerung der Stange *c* noch in Tiefen bis zu 45 m gebaggert werden konnte.

Als nicht zweckmäÙig ist es zu bezeichnen, daß bei diesem Bagger die Stange mit dem GefäÙe jedesmal heraufgezogen werden muß. Es braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden, daß derselbe ebenfalls nur beim Grundbau Anwendung findet.

Anmerkung. Die vorstehend beschriebenen Bagger sind solche mit einheitlichen GefäÙen, von denen nur Teile beweglich sind; die nachfolgend noch aufzuführenden Stielbagger sind mit mehrteiligen GefäÙen ausgerüstet, welche das zu liefernde Bodenmaterial beifszangenartig fassen und in den durch die geschlossenen Teile gebildeten Hohlraum aufnehmen.

§ 11. **Steinzangen. Zangenbagger.** Die **Steinzange**¹⁶⁾ ist ein Baggergerät, welches beim Heben von Steinen Anwendung findet. Steinzangen, von Arbeitern, die sich in schwimmenden Fahrzeugen befinden, bedient, sind mit Stielen versehen, welche Verlängerungen der Zangenbacken bilden. Bei Steinzangen für gröÙere Tiefen ist nur eine Backe mit Stiel versehen, während der kürzere Arm der zweiten Backe durch ein nach oben führendes Tau zum Fassen gebracht wird. Zur Bedienung solcher Zangen sind gewöhnlich 2 bis 3 Arbeiter erforderlich. Die Steine werden durch Tasten zu fassen gesucht und mittels der Zange gehoben. Um ein Kippen des gefassten Steines zu vermeiden, sind die Backen durch Anordnung verschiedener Zinken rechenartig gebildet. Steinzangen, die durch Taucher um die zu hebenden Steine gelegt werden, wie die auf Taf. LX, Fig. 19, Bd. III, dargestellte, sind nicht unter die Stielbagger zu rechnen.

Über die Leistungsfähigkeit solcher Apparate läÙt sich eine allgemeine Angabe nicht machen, da die örtlichen Umstände, Wassertiefe, Art und GröÙe der zu hebenden Steine, dieselbe zu wesentlich beeinflussen. Einfache Steinzangen können in gröÙerer Wassertiefe als 2 m wegen der Unsicherheit des Tastens nach den zu hebenden Steinen nicht gut angewendet werden.

Zangenbagger sind aus den Steinzangen entstanden, indem die Backen zu Gefäßhälften ausgebildet wurden. In Bd. III zeigt Fig. 20, Taf. LX, einen solchen Bagger, dessen Anwendung hauptsächlich bei großen Wassertiefen und auf beschränktem Raume zweckmäÙig erscheint. Zum Betrieb desselben ist eine Dampfmaschine angewendet und wird der Bagger an einem kranartigen seitlich bewegbaren Ausleger auf und nieder gelassen.

¹⁵⁾ Maschinenb. 4. Jahrg. 1869. S. 354. Mit Abb.

¹⁶⁾ Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst, II. Bd. S. 243. Mit Abb.

Der **Zangenbagger von Fouracres**¹⁷⁾ besteht in der Hauptsache aus zwei drehbaren cylindrischen Teilen, die im geschlossenen Zustande nicht vollständig einen Halbcylinder bilden. Der Apparat wird vermittle einer über einen kranartigen Ausleger geführten Kette auf den zu baggernden Boden herabgelassen und ist zur besseren Führung mit einem Stiele versehen. Der Stiel wird während der Schließbewegungen des Gefäßes am Ausleger fest gehalten, so daß die Gefäßteile unter allen Umständen gezwungen werden, in den Boden einzugreifen. Durch die zum Herablassen und Aufziehen bestimmte Kette werden auch gleichzeitig die beiden Cylindertheile geschlossen beziehungsweise geöffnet. Ein Heizer und ein Arbeiter genügen für die Bedienung. Nach der angegebenen Quelle sind Apparate dieser Art, welche beim Patna-Kanale (Indien) Anwendung gefunden haben, sehr leistungsfähig. Der Fassungsraum derselben schwankt zwischen 0,5—2,5 cbm. Größte Tiefe, bis zu welcher mit den kleineren Baggern gearbeitet wurde, 2,0 m; Anzahl der Hübe pro Stunde 40—50; Leistung in 10 Stunden 100 cbm. Die Betriebskraft wird durch Lokomobilen geliefert und betragen die Anschaffungskosten eines kompletten Apparates je nach Größe 20—50 000 M. In der Quelle ist eine interessante Vergleichung der Kosten für gebaggerte Massen unter Anwendung verschiedener Baggerarten enthalten. Für größere Tiefen hat der Erfinder nach demselben Principe Bagger ohne Stiele angewendet, deren Fassungsraum bis zu 2,5 cbm steigt.

Ein anderer **Bagger von Fouracres**¹⁸⁾ bildet in geschlossenem Zustande ein halbcylindrisches Gefäß, welches aus zwei mittels Gelenken verbundenen Viertelkreisgliedern besteht. In geöffnetem Zustande wird der Apparat, der an einer Eisenstange befestigt ist, auf den zu lösenden Boden gebracht und geschieht das Schließen des Kastens durch zwei Arbeiter, die auf einer mit den Cylinderhälften durch Stangen in Verbindung gebrachten Plattform hüpfende Bewegungen ausführen, wodurch nach und nach der Schluß und die Füllung des Gefäßes bewirkt wird. Das gefüllte Gefäß, welches durch die aufgenommenen Bodenmassen geschlossen bleibt, wird mit der Stange gehoben. Derartige Bagger hat der Erfinder bei dem Wehrbau durch den Sonefluß bei Dehree in ausgedehntester Weise angewendet und sind mittels derselben bei diesem Baue etwa 4000 Brunnen von 4—5 qm Grundfläche gesenkt worden. Die Bagger werden durch 3 Arbeiter bedient, welche im Stande sind, pro Stunde 4 cbm Boden aus durchschnittlich 2,0 m Wassertiefe zu fördern.

2. Stiellose Bagger.

§ 12. Die **Indische Schaufel**¹⁹⁾ ist ein bei den Eingeborenen Indiens im Gebrauche befindliches Werkzeug, welches aus einer großen hölzernen Schaufel mit einem kurzen Arme besteht. Die Füllung der Schaufel wird durch Taucher vorgenommen, welche sich zugleich mit der gefüllten Schaufel wieder in die Höhe ziehen lassen. Diese leicht konstruierten Schaufeln können nur bei mäßiger Tiefe angewendet werden. Bei Fundierungsarbeiten der Brückenbauten in Indien ist eine verbesserte Konstruktion der indischen Schaufel in Anwendung gekommen, die sich in der angegebenen Quelle beschrieben findet. Die bis zu einer Tiefe von 12 m verwendeten Schaufeln von 0,6 m Breite, 0,7 m Länge und einem Gewichte von 37 kg wurden mittels eines Seiles so auf den Grund herabgelassen, daß die Schneide senkrecht auf dem Boden stand. Mit Hilfe einer Stange wurde dann die Schaufel möglichst in den Boden eingetrieben und um die vordere Schneidenkante nach hinten gekippt. Ein zweites

¹⁷⁾ Engineer. 1879 II. S. 199. Mit Abb.

¹⁸⁾ Engng. 1873 I. S. 213. Mit Abb.

¹⁹⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. Bd. X. 1864. S. 272. Mit Abb.

an der Schaufel befestigtes Tau diene zur Hebung des Apparates nach Füllung desselben. Zur Bedienung sind 10 Arbeiter erforderlich, deren Leistung sich selbstverständlich nach der Tiefe und Bodenbeschaffenheit richtet, sodafs eine allgemeine Angabe nicht gemacht werden kann.

§ 13. Bagger von Both.²⁰⁾ Diese Bagger sind mit den Zangenbaggern sehr verwandt, jedoch ohne Stiele. Mittels Winden werden dieselben in geöffnetem Zustande auf den zu lösenden Boden herabgelassen, durch besondere Ketten, welche dieselben Winden aufwickeln, geschlossen und nach Füllung gehoben. Der Boden wird durch die aus zwei Teilen bestehenden Bagger beifszangenartig gefasst und gelöst. Fig. 7 u. 8, Taf. XVII, zeigen die Anordnung. Das Gefäß besteht aus zwei offenen Viertelkreiszylindern *a a*, welche mit dem Rahmen *b* durch verschiedene Stangen in Verbindung stehen. Der Bagger wird in der in Fig. 7 dargestellten Weise auf den zu baggernden Boden an der Kette *c* herabgelassen und sinkt durch sein Eigengewicht, eventuell durch besondere Belastung, zum Teil in denselben ein, entsprechend dem Gewichte und der Bodenart; hierauf wird die Kette *d*, welche um die Trommel *e* gewickelt ist, angezogen, wodurch das Schliefsen des Gefäßes bewirkt wird; die Zugstangen *f f* werden durch die Ketten *g g* nach unten gedrückt, da die Bewegungen der Trommel *e* sich auf diese Ketten durch die vorhandenen Zahnräder übertragen. Das Heben des gefüllten Baggers geschieht an der Kette *d*, sobald die Kraft an derselben gleich dem Gewichte des Baggers plus dem des gelösten Bodens ist. Während des Hebens hält der gelöste Boden das Gefäß geschlossen und erst durch Nachlassen der Kette *d* und Anziehen der Kette *c* findet eine Entleerung statt. Die Gröfse des Gefäßes richtet sich nach der Bodenart; die meist in Anwendung befindlichen haben etwa 1,1 cbm Fassungsraum. Diese Bagger können in beliebiger Tiefe arbeiten und werden von 2—4 Arbeitern bedient.

Bagger ähnlicher Konstruktion, von Morris & Cumming, von Curtis, Fibes u. Co., von Symouds, Holroyd und Anderen erfunden, weichen nur in der Art der Schliefsbewegungen des Gefäßes von einander ab; dieselben finden sich in den angegebenen Quellen eingehend besprochen; siehe auch Litteraturverzeichnis.

Die Anwendung von Baggern dieser Art beschränkt sich auf Arbeiten beim Grundbau.

§ 14. Der Bagger von Bruce und Batho²¹⁾, Taf. XVIII, Fig. 1 u. 2, 3 u. 4, besteht aus einem halbkugeligen Gefäfs, welches in drei Teile auseinander geklappt werden kann. Die Schaufeln sind an doppelarmigen Hebeln *h h* befestigt, an deren freien Enden die Zugstangen *z* angreifen. Die Drehzapfen der Hebel sind im Mittelpunkte der Kugel am Rohre *r* angeordnet, in welchem die Hängestange *s* des Apparates verschiebbar ist. Eine auf dem Rohre *r* verschiebbare Hülse *d* dient zur Befestigung der oberen Zugstangen. Mit der Zugstange *s* ist die Hülse *d* durch einen Keil verbunden, der in Schlitz des Rohres *r* auf und ab bewegt werden kann. Durch ein zweites Zugstangensystem *t* stehen die Schaufeln mit einer zweiten ebenfalls über das Rohr *r* geschobenen Hülse *e* in Verbindung, auf welche das Gewicht *g* wirkt. Der Bagger hängt an zwei Ketten, von denen eine das Gewicht mit der Hülse *e* und die andere die Stange *s* trägt. Wird erstere festgehalten, letztere nachgelassen, so öffnet sich das Gefäß bis die Ansätze der Schaufeln *a* das Rohr *r*

²⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874. S. 35. — Weisbach's Mechanik. III. Teil. S. 275. Mit Abb.

²¹⁾ Dingl. polyt. Journ. 1876 II. S. 504. Mit Abb. — Klasen. Fundierungen. Mit Abb.

berühren. In so geöffnetem Zustande wird der Bagger in den Boden gesenkt, in welchen derselbe vermöge seines Eigengewichtes zum Teil einsinkt. Hierauf wird die Kette mit dem Gewichte g losgelassen, diejenige, an welcher die Hängestange s befestigt ist, angezogen und dadurch der Kasten geschlossen. Das Gewicht g verhindert beim Heben des Apparates das zufällige Öffnen desselben. Diese Art Bagger werden in verschiedenen Größen angewendet, von 0,75—1,5 m Durchmesser und einem Fassungsraume von 0,1—0,9 cbm. Jede Operation soll bei mäfsiger Tiefe nur eine Minute Zeit erfordern, so dafs mit den grössten Baggern dieser Konstruktion pro Stunde 54 cbm gefördert werden können.

Gröfsere auf Dampfschiffen montierte Bagger dieses Systems²²⁾, die dann in einem drehbaren Ausleger angeordnet sind, sollen sich bewährt haben und finden sich in der angegebenen Quelle näher beschrieben. Der obere Durchmesser des Apparates beträgt bei dem für Bilbao bestimmten Bagger 2,40 m; Leistungsfähigkeit je nach Bodenbeschaffenheit 4—5 cbm pro Hub; grösste Baggertiefe 6,3 m.

Die so konstruierten Bagger dieses Systemes sind nicht für Grundbauten, sondern für Vertiefung grosser Flächen in festem Thone oder Klai bestimmt.

§ 15. Der Bagger von Milroy²³⁾ besteht aus einem achtseitigen eisernen Rahmen, an welchem acht in Scharnieren bewegliche Schaufeln angebracht sind. Fig. 5, Taf. XVIII, stellt den Apparat dar, wie derselbe auf den Boden herabgelassen wird. Das Gestell wird durch die Kette a getragen, dadurch dafs der Ring b , welcher seinerseits in einem Haken des Hebels e hängt, die acht Ketten aufnimmt, welche mit demselben verbunden sind. Der Hebel e ist mit der Kette a verbunden und wird beim Herablassen des Baggers durch das Tau f in horizontaler Lage gehalten. In der direkten Verlängerung der Kette a ist ein Konus c angeordnet, an welchem acht zu den Schaufeln d führende Ketten befestigt sind. Nachdem die Schaufeln genügend in den Boden eingedrungen sind, was theils durch das Eigengewicht des Apparates, theils dadurch geschieht, dafs zwei am Rahmen befestigte Ketten über Rollen, die ihren Platz am unteren Ende des Caissons oder Brunnens haben, zu einer oben stehenden Winde geführt und mittels dieser angezogen werden, wird das Tau f gelöst und damit der Ring b ausgehängt. Der Apparat wird nunmehr durch die Kette a gehoben. Die Auslösung bewirkt, dafs der Ring b frei wird, die Kette a daher die acht Schaufeln so lange in die Höhe hebt, bis der Ring b auf dem Konus c der Kette a aufruht. Mit dem Anziehen der Schaufeln wird der von diesen gefasste Boden gelöst und auf die durch die Schaufeln nach vollkommener Hebung derselben gebildete Fläche gehoben. Sobald der Ring b auf dem Konus liegt, beginnt die Hebung des ganzen Apparates mit dem gelösten Boden. Dieser Bagger ist beim Versenken gusseiserner Cylinder bei der Clydebrücke in Glasgow mit gutem Erfolge angewendet worden. Die verwendeten Apparate pafsten genau in die zu senkenden Cylinder, wodurch ein gleichmäfsiges Absenken der letzteren erreicht wurde. Als Maximalleistung gilt in 7 Stunden 120 Hübe bei einer Höhe von 16,8—24,0 m, wodurch ein gusseiserner Cylinder von 2,55 m Durchmesser um 7,6 m gesenkt worden ist. Namentlich für thonigen Boden ist der Bagger sehr empfehlenswert, während derselbe bei reinem Sande keine Verwendung finden kann, da beim Aufziehen ein grosser Teil des Sandes wieder abgspült wird.

²²⁾ Engng. 1881 I. S. 506.

²³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869. Mit Abb. — Deutsch. Bauhandb. Bd. III. — Klasen. Fundierungen. Mit Abb.

§ 16. Die Ramm- oder Sandpumpe²⁴⁾, von Gill erfunden, zuerst bei Senkung von Brunnen für die Berliner Wasserwerke benutzt, ist wie aus Fig. 18, Taf. XVII, ersichtlich, ein Cylinder aus Eisenblech von etwa 0,94 m Durchmesser und 0,62 m Höhe, welcher am unteren Ende mit Flanschen versehen ist. Zur Verstärkung befinden sich an der äußeren Cylinderfläche Rippen, welche zur Sicherung gegen Stöße mit Holz umkleidet sind. Der Apparat wird durch vier Ketten, die sich in einem Ringe vereinigen, gehalten. Der Boden des Cylinders besteht aus einer schmiedeisernen Scheibe, in welcher ein Blecheylinder *b* dicht anschließend befestigt ist. Durch Hakenschrauben werden Cylinderboden und Rohr an den Flanschen des großen Cylinders gehalten. Den Deckel des Cylinders *a* bildet eine festgenietete Scheibe, die in ihrer Mitte ein Kolbenrohr trägt, in welchem der gusseiserne Kolben *e* auf und ab bewegt werden kann. Der Cylinderdeckel ist zwischen Kolbenrohr und Cylinderwand mit 12 durch Klappventile geschlossenen Öffnungen versehen. Die Kolbenstange endet in einer Öse, in welcher das Zugseil zum Auf- und Abbewegen des Kolbens befestigt ist. Der Apparat wird auf die Sohle des Brunnens, die mindestens 1,5 m unter Wasser liegen muß, herabgelassen, wobei er sich vollkommen mit Wasser füllt. Durch ruckweises Aufziehen des Kolbens tritt in den unteren Cylinderraum Wasser mit Sand vermischt ein, der sich fast vollständig zwischen Saugrohr und Cylindermantel ablagert. Der Kolben, welcher durch die eigene Schwere im Kolbenrohr herunterfällt, treibt das im Wege befindliche Wasser durch die Ventile des Deckels aus. Bei jedem Kolbenspiele wird dem Cylinder *a* Sand zugeführt und dieser zuletzt gefüllt, was meistens etwa nach 100—150 Hübten geschieht. Der Kolben wird mittels eines pumpenschwengelartigen Hebels durch Arbeiter auf und nieder bewegt, von einem über dem zu senkenden Brunnen aufgestellten Gerüste aus, an welchem zugleich der ganze Apparat hängt. Die Entleerung des Cylinders geschieht durch Loslösen der Hakenschrauben und bildet die gebaggerte Masse auf dem Cylinderboden einen vollständigen Sandcylinder. Bei raschem Betriebe wird nach dem Loslösen des Cylinderbodens ein vorrätig gehaltener zweiter Boden sofort befestigt und der Apparat wieder auf die Brunnensohle herabgelassen.

Sandboden feiner Beschaffenheit, für diesen ist die Rammpumpe besonders geeignet, gestattet eine 5—6malige Füllung des Cylinders in einer Stunde. Steine, welche zwischen dem Saugrohrrende und dem Cylinderdeckel einzutreten vermögen, werden von dem Apparate mit Leichtigkeit aufgenommen.

Ein Brunnen der Berliner Wasserwerke von 4,29 m äußerem Durchmesser wurde, nachdem er bereits 3,45 m unter der Oberfläche und 2,82 m im Grundwasser stand, mittels eines solchen Apparates in 17 Arbeitstagen um weitere 14,12 m gesenkt. Die Maximalsenkung eines Tages betrug 1,54 m, was einer Förderung von 22 cbm Boden entspricht.

Bei Schachtabteufungen in schwimmendem Gebirge wird die Rammpumpe ebenfalls mit Vorteil Verwendung finden können.

§ 17. Pneumatischer Bagger.²⁵⁾ Fig. 9, Taf. XX, zeigt einen Bagger, welcher jedoch nur im Zusammenhange mit Taucherarbeiten Verwendung finden kann. Derselbe besteht aus einem hohlen cylindrischen Gefäße, welches durch einen Schlauch

²⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872. S. 209. — Zeitschr. für Berg- u. Salinenw. 1871. S. 25.
— Deutsch. Bauhandb. Bd. IV. Mit Abb.

²⁵⁾ Scientific American, 1877 II. S. 371. Mit Abb.

mit einer Luftpumpe in Verbindung steht und mit einer Bodenklappe versehen ist, die durch den Stift *a* in ihrer Lage gehalten wird. Die Luftverdünnung durch eine Pumpe geschieht entweder vor Hinabsenken des Apparates auf den zu baggernden Boden oder nachdem der Apparat bereits in Position gebracht ist. Der Stift *a* wird, sobald genügende Luftverdünnung vorhanden ist, durch den Hebel *b* zurückgezogen, die Bodenklappe schlägt auf und das Baggermaterial tritt in den Hohlraum des Cylinders ein so lange, bis die Feder *c* die Bodenklappe zurückzudrücken vermag. Der gefüllte Apparat wird aufgewunden und durch die Thüre *d* entleert. Über die Leistungsfähigkeit war aus der angegebenen Quelle nichts zu ersehen.

B. Bagger mit ununterbrochener Materialförderung.

1. Gefäßsbagger.

§ 18. **Radbagger.**²⁶⁾ Diese Bagger sind ähnlich den Schöpfrädern konstruiert; am Umfange eines größeren Rades sind Gefäße angeordnet, die durch die Drehung desselben am Boden gefüllt und am höchsten Punkte des Rades selbstthätig entleert werden. Die Anzahl der Gefäße ist so zu bemessen, daß die Förderung ununterbrochen geschieht; während das eine Gefäß eingreift und gefüllt wird, werden andere gehoben und entleert. Ungünstig ist bei diesen Baggern, daß die Widerstände an Hebelsarmen gleich dem Halbmesser des Rades wirken, sowie eine unvermeidliche verlorene Hubhöhe; günstig hingegen, daß die Übertragung der Kraft eine einfache ist und auf direkte Weise bewirkt werden kann, so daß Kraftverluste hierbei nur in geringem Maße vorkommen. Eine besondere Führung der Gefäße ist nicht erforderlich. Trotz dieser Vorzüge haben sich diese Bagger, die im Anfange dieses Jahrhunderts vielfach konstruiert worden sind, auf die Dauer keinen Eingang verschaffen können, was in der geringen Leistungsfähigkeit und hauptsächlich darin zu suchen ist, daß eine vollständige Entleerung der Gefäße bei einigermaßen kompaktem Boden nicht erreicht werden kann. Die allgemeine Anordnung des Baggers war gewöhnlich derart getroffen, daß zwischen zwei Prahmen das Rad mit den Gefäßen (etwa 8 bis 10) bewegt und das Material am hinteren Ende der Prahme durch Schuttrinnen den Transportschiffen zugeführt wurde. Entsprechend der zu baggernden Tiefe war das Rad in geringem Maße in vertikaler Richtung verstellbar. Durch Menschen oder am Göpel arbeitende Pferde wurde der Bagger in Bewegung gesetzt. Allgemeine Angaben über die nur sehr geringe Leistungsfähigkeit lassen sich nicht mehr machen, da gegenwärtig wohl an keiner Stelle ein Bagger dieses Systemes in Anwendung sein dürfte.

§ 19. **Schaufelkettenbagger.**²⁷⁾ Das Princip dieser Bagger ist von dem vorhergehend beschriebenen insofern verschieden, als bei diesen die Lösung und das Heben des Bodenmaterials ununterbrochen durch Schaufeln bewirkt wird, die an einer Kette ohne Ende befestigt sind. Diese Bagger sind zuerst in Holland und zwar im 17. Jahrhundert in Anwendung gewesen und wurden dort mit dem Namen „Modder molen“ bezeichnet.

²⁶⁾ Hagen. Seeufer- und Hafengebäudebau. Bd. IV. S. 133. Mit Abb.

²⁷⁾ Rühlmann. Allg. Maschinenlehre. Bd. IV. S. 514. Mit Abb.