

G. 46.

15.

H. Contag
Bodengewinnung bei
größeren Erdarbeiten

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298838

Über die

Druck 3.8.09

Bodengewinnung bei größeren Erdarbeiten

insbesondere Kanalbauten,

und über die

**Wirtschaftlichkeit des Handbetriebs und des
maschinellen Betriebs bei diesen Arbeiten**

Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

Von der

Technischen Hochschule zu Hannover genehmigt

Vorgelegt von

HELLMUT CONTAG

Regierungsbaumeister

Minden i. W.

Referent: Herr Professor **Dr.-Ing. Blum**

Korreferent: Herr Professor Baurat **Dr.-Ing. Hotopp**

BERLIN

Buchdruckerei Gebrüder Ernst

1909.



936
X
1544

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III 15987

Meinen lieben Eltern!

INHALT.

	Seite
I. Einleitung	I
II. Arten der Bodengewinnung bei großen Erdarbeiten	5
1. Große Erdarbeiten in Altertum und Neuzeit.	
2. Entwicklung der verschiedenen Verfahren der Bodengewinnung und ihre Anwendung bei Kanalbauten.	
3. Auswahl der drei eingehender behandelten Betriebsarten.	
III. Allgemeine Untersuchungen über die Kosten der Bodengewinnung	19
1. Zusammensetzung der Kosten.	
2. Ermittlung der Durchschnittsleistungen bei verschiedenen Bodenarten.	
3. Herleitung der Kosten für den Aushub von 1 cbm Boden. Wirtschaftliche Grenzen verschiedener Betriebsarten gegeneinander.	
IV. Untersuchungen über einzelne in Deutschland besonders verwendete Betriebsarten	30
A. Handbetrieb	30
1. Allgemeines.	
2. Leistungen.	
3. Kosten.	
B. Trockenbaggerbetrieb	37
1. Allgemeines.	
2. Hoch- und Tiefbagger.	
3. Kosten des Trockenbaggerbetriebes.	
4. Leistungen.	
C. Dampfschaufelbetrieb	56
1. Allgemeines.	
2. Kosten.	
3. Leistungen.	
V. Schlußbetrachtungen über die Grenzen verschiedener Betriebsarten gegeneinander bei verschiedenen Arbeitslohn- und Bodenverhältnissen	73
1. Grenzbodenmengen.	
2. Einfluß der Höhe des Arbeitslohnes und des Kohlenpreises auf die Wirtschaftlichkeit der drei Betriebsarten.	
3. Anwendung der Ergebnisse auf große Erdarbeiten der Gegenwart und Zukunft.	

BENUTZTE LITERATUR.

I. Bücher.

- Carl v. Etzel**, Notizen über die Ausführung von Erdarbeiten in größerem Maßstabe usw. Stuttgart 1839.
- Henz-Streckert**, Praktische Anleitung zum Erdbau. 3. Auflage. Berlin 1874.
- Wilhelm Heyne**, Der Erdbau. Wien 1876.
- Launhardt**, Das Massen-Nivellement. Hannover 1877.
- M. Rühlmann**, Allgemeine Maschinenlehre. 2. Auflage. 4. Band. Leipzig 1888.
- Pontzen**, Procédés généraux de construction. Travaux de terrassement etc. Paris 1891.
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften**. 2. Auflage, 4. Band, 1. Abt. Herausgegeben von F. Linke, Leipzig 1897.
- A. Goering**, Massenermittlung, Massenverteilung und Transportkosten der Erdarbeiten. Berlin 1898.
- Merckel**, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
- Voisin Bey**, Le canal de Suez. Paris 1902.
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften**. 4. Auflage, 1. Teil, 2. Band. Herausgegeben von L. v. Willmann, Leipzig 1905.
- Charles Prelini**, Earth and rock excavation. New York 1905.
- Transactions of the American society of civil engineers 1905**. New York 1905.
- H. P. Gillette**, Rock excavation. New York 1907.
- „ Earthwork and its cost. New York 1907.
- M. Buhle**, Massentransport. Stuttgart und Leipzig 1908.
- G. Baum**, Kohle und Eisen in Nordamerika. Essen 1908.
- R. Schütz**, Beiträge zur zeichnerischen Massenermittlung, Massenverteilung und Förderkostenbestimmung der Erdarbeiten. Berlin 1908.
- Festschrift zur Eröffnung des Dortmund-Emskanals.**
- „ „ „ „ **Teltowkanals.**

II. Aus Zeitschriften.

- 1. Zeitschrift für Bauwesen:**
 - 1890. Mohr, Der Bau des Oder-Spree-Kanals.
 - 1896. Fülischer, Der Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals.
- 2. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure:**
 - 1888. Forchheimer, Ueber Trockenbagger.
 - 1900. Beschreibung des Elbe-Trave-Kanals.
 - 1907. R. Richter, Die Entwicklung und Bedeutung der Dampfschaufeln.
 - 1909. Bertschinger, Der Bau des Panamakanals.
- 3. Dingler's Polytechnisches Journal:**
 - 1908. Vogt und Maienthau, Amerikanische und englische Dampfschaufeln.
 - 1909. M. Buhle, Ueber Schaufelbagger deutscher Bauart.
- 4. Zeitschrift für Baukunde:**
 - 1882. Hottenroth, Ueber die Geschichte des Erdbaues.
- 5. Zeitschrift des Oesterreichischen Architekten- und Ingenieurvereins:**
 - 1861. Ferdinand Hoffmann, Über die Kosten von Erd- und Felsarbeiten.
- 6. Glückauf:**
 - 1907. M. Buhle, Ueber Löffelhochbagger.
- 7. Genie civil:**
 - 1888. Beschreibung der beim Panamakanalbau angewendeten Erdgrabemaschinen.

I. Einleitung.

Erdarbeiten für Verkehrsanlagen bezwecken die Herstellung einer aus verschiedenen wagerechten oder wenig geneigten Ebenen zusammengesetzten neuen Erdoberfläche statt der unregelmäßig geformten natürlichen. Sie verteilen sich im allgemeinen auf einen langgestreckten Streifen von verhältnismäßig geringer Breitenausdehnung. Abhängig von der welligen Beschaffenheit der natürlichen Erdoberfläche ist an den höheren Stellen mehr, an den tieferen weniger Boden abzugraben, oder aber es ist überhaupt nur an den höheren Stellen Boden fortzunehmen, an den tieferen jedoch aufzuschütten.

Die Kosten für diese Erdarbeiten setzen sich zusammen aus den Kosten für die Gewinnung der abzutragenden Bodenmassen, für die Beförderung dieser Massen an den Bestimmungsort und für das Einbauen daselbst. Diese Gesamtkosten auf das Mindestmaß zurückzuführen, muß das gemeinsame Bestreben des leitenden Ingenieurs und des Unternehmers der Erdarbeiten sein, nachdem die Linienführung und die Abmessungen festliegen.

Ueber die Ermittlung der Kosten größerer Erdarbeiten liegen zahlreiche Arbeiten vor. *) Die Grundlagen zu diesen Untersuchungen sind zumeist bei Eisenbahnarbeiten gewonnen worden. Wenn nun auch die Arbeiten und Leistungen bei Herstellung großer Einschnitte im Grunde dieselben sind, ob diese für eine Eisenbahn oder für einen Kanal dienen sollen, so bieten doch beide einzelne Besonderheiten, die eine getrennte Behandlung rechtfertigen. Der Unterschied bei gleichen Geländeverhältnissen liegt darin, daß bei Kanalbauten große Abtragmassen im Zusammenhange auftreten, ohne daß Aufträge da-

*) Henz, Launhardt, Göring u. a.

zwischen liegen, daß dagegen bei Eisenbahnbauten die Aufträge mit den Abträgen häufiger abwechseln und diese Abträge nicht nur in der Gesamtsumme kleiner sind als bei einem Kanalbau von gleicher Länge in gleichem Gelände, sondern daß besonders auch die Bodenmassen, die in einem Betriebe zu gewinnen sind, im allgemeinen ganz bedeutend geringer sind. Der Grund dafür ist ein dreifacher. Erstens hat der Einschnitt für einen modernen zweischiffigen Kanal meist mehr als den doppelten Querschnitt wie ein Einschnitt für eine zweigleisige Eisenbahn bei gleicher Abtragshöhe über dem Wasserspiegel und über Schienenoberkante. Es betragen die Querschnittsflächen der Abträge:

Höhe des Geländes über Kanalwasserspiegel bzw. Schienenoberkante.	Einschnitt für zweigleisige Bahn qm	Einschnitt für zweischiffigen Kanal qm	Für Kanal also das n -fache n
---	--	---	--------------------------------------

1. Bei einer Böschung 1 : 1 $\frac{1}{2}$ über Leinpfad bzw. Planum.

3,0	65	185	2,85
10,0	302	616	2,04
15,0	561	1014	1,8

2. Bei einer Böschung 1 : 1 über Leinpfad bzw. Planum.

3,0	59	184	3,13
10,0	246	580	2,36
15,0	440	923	2,10

Der zweite Grund ist der, daß es dem Kanal nicht möglich ist, durch Einlegung von Gefällstrecken sich dem Gelände anzupassen. Auch erschweren die größeren Krümmungshalbmesser eine derartige Anpassung. Drittens aber ist bei Kanalbauten ein Massenausgleich und ein Wechsel zwischen Abtrag und Auftrag oft deshalb nicht wünschenswert, weil aus naheliegenden Gründen Kanalaufträge nach Möglichkeit vermieden werden.

Es ergibt sich nun, daß bei Kanalbauten die Kosten der Erdgewinnung einen überwiegenden Einfluß ausüben. Der Einfluß einer Verbilligung der Erdgewinnungskosten ist aber in den erwähnten früheren Untersuchungen stets in den Hintergrund getreten. Der Grund ist wieder ein dreifacher. Erstens waren bei den Eisenbahn-

arbeiten die Abtragsmassen, die in einem zusammenhängenden Betrieb gewonnen werden konnten, fast stets zu klein, um die Einrichtung einer Gewinnungsmaschine zu rechtfertigen. Zweitens waren damals die Arbeitslöhne niedriger, so daß die Gewinnung von Hand billiger als heute war. Drittens aber waren die Erdgewinnungsmaschinen noch nicht in dem Maße entwickelt, als jetzt, besonders bei schwerem Boden versagten die in Deutschland angewendeten Maschinen gänzlich.

Weil also meist andere Gewinnungsarten als die von Hand nicht in Frage kamen, war an den Gewinnungskosten nicht viel zu ändern, dagegen wurden eingehende Untersuchungen über die Verbilligung des Erdtransports durch zweckmäßige Massenverteilung und richtige Wahl der Transportarten angestellt. Diese Untersuchungen, die bis in die neueste Zeit (s. Schütz, Beiträge zur zeichnerischen Massenermittlung, Massenverteilung und Förderkostenbestimmung der Erdarbeiten, Berlin 1908) fortgesetzt worden sind, behalten auch für die Ausführung von Kanalbauten ihren vollen Wert. Bei Kanalbauten gibt es aber nicht nur diese eine, sondern im ganzen drei Möglichkeiten, die Erdarbeitskosten herabzudrücken, nämlich außer der Wahl der wirtschaftlichsten Transportart die des wirtschaftlichsten Verwendungs- oder Ablagerungsorts und die der wirtschaftlichsten Gewinnungsart. Bei den großen Bodenmengen der Kanalbauten scheiden die meisten der bei den Untersuchungen für Eisenbahnbauten in Frage kommenden Transportarten, wie Schiebekarren, Handkippkarren, Pferdekippkarren, Rollbahn mit Menschenbetrieb und Rollbahn mit Pferdebetrieb außer für ganz untergeordnete Arbeiten aus. Außer eigens für den Zweck gebauten Fördermitteln, die in Zusammenhang mit den Bodengewinnungsmaschinen stehen, kommt nur die Feldbahn mit Lokomotivbetrieb in Frage. Die Ermittlung der billigsten Transportkosten ist daher sehr vereinfacht, es soll jedoch auf diese Frage in den vorliegenden Untersuchungen im allgemeinen nicht eingegangen werden.

Bei Kanalbauten ist der Ablagerungspunkt der in einem Einschnitt gewonnenen Erdmassen nicht so fest gegeben, wie meist bei Eisenbahnbauten, soweit nicht der Boden, z. B. bei Talübergängen, zur Herstellung des Kanals selbst verwendet wird. Es ist daher in vielen Fällen möglich und wirtschaftlich, den Boden in größerer Nähe des Kanals, oft dicht am Rande der Ausschachtung abzulagern.

Ueber die wirtschaftlichste Verwendung oder Ablagerung können aber allgemeine Untersuchungen kaum angestellt werden, da die Oertlichkeit und die Bodenpreise im einzelnen Falle den Ausschlag geben und eine eingehende Würdigung verlangen.

Die größte Rolle spielt jedoch die Art und Weise, in der der Boden in den Kanaleinschnitten gewonnen wird. Weil gerade auf diesen Punkt die früheren Untersuchungen am wenigsten eingehen, so soll die Gewinnung des Bodens bei größeren Kanalbauten den Inhalt der vorliegenden Arbeit bilden.

II. Arten der Bodengewinnung bei Kanalbauten.

1. Große Erdarbeiten in Altertum und Neuzeit.

Aus den allerältesten Zeiten der Geschichte haben wir bereits Nachrichten über bedeutende Bewässerungskanäle, zu deren Bau eine erhebliche Bodenbewegung erforderlich gewesen ist. Aber auch die Herstellung von Schiffahrtskanälen reicht bis in eine recht frühe Zeit hinein. Aus allen Teilen der Alten Welt sind uns derartige große Arbeiten bekannt. Merckel führt von Schiffahrtskanalbauten des Altertums in seinem Werke: „Die Ingenieurtechnik des Altertums“ folgende 7 Kanäle an:

Benennung	Erbauer	Zeit	Endpunkte	Länge km	Bemerkungen
Babylonischer Königskanal	Nebucadnezar	604 bis 561 v. Chr.	vom jetzigen Feludscha am Euphrat zum späte- ren Seleucia am Tigris	80	
Kanal Palacopas	Nebucadnezar	604 bis 561 v. Chr.	Babylon am Euphrat bis Diridotis am Euphrat	600	
Pharaonen- kanal	Necho Darius	610 bis 595 517 ziemlich vollendet	vom Nil zum Roten Meer	rd. 200	Beim Bau unter Necho sollen 120 000 Mann umgekommen sein
	Ptolemäus Philadelphus	282 bis 247 v. Chr.			
Athoskanal	Xerxes	480 v. Chr.	durch die chalcidische Halbinsel	2	Breit genug für 2 Dreiruderer
Kaiserkanal	Thou-Dynastie China	1121 bis 249 v. Chr.		1100	80 bis 330 m breit
Fossa Mariana	Caius Marius	101 v. Chr.	von der Rhone bis in die Nähe von Massilia		
Trajanskanal	Trajan	98 bis 117 n. Chr.	vom Tiber nach dem Trajanshafen bei dem jetzigen Fiumicino	5	

Auch sonst haben wir Mitteilungen aus dem Altertum über Erdarbeiten von sehr großem Umfange. So sollen nach Herodots allerdings etwas unwahrscheinlicher Erzählung für die Herstellung des Mörissees etwa 700 Millionen cbm ausgeschachtet worden sein. Die Erbauung eines künstlichen Hafens in der Nähe der Tibermündung, den der Kaiser Claudius in 11 Jahren mit einer Arbeiterzahl bis zu 30000 Mann herstellen ließ, erforderte den Aushub von 320 000 cbm, ein Hafenbecken des Kaisers Trajan in der Nähe den Aushub von 2 380 000 cbm Bodenmassen.

Nach dem Zusammenbruch der Römerherrschaft trat dann in der Herstellung großer Kanalbauten eine lange Pause ein. Erst allmählich begann man wieder, zunächst in Oberitalien und in den Niederlanden, sich dem Bau von Schifffahrtskanälen zuzuwenden.

Von den im Mittelalter erbauten Kanälen ist der erste der Naviglio grande, der im 12. Jahrhundert zur Verbindung Mailands mit dem etwa 50 km entfernten Tornavento am Tessin hergestellt ist. Der älteste Kanal in Deutschland war der Stecknitzkanal, erbaut in einer Länge von 94 km in den Jahren 1393 bis 1398 zur Verbindung der Elbe und Trave. Er konnte mit Schiffen von 0,45 m Tiefgang befahren werden. Auch in Holland reicht der Bau der Kanäle weit zurück. Ein großer Aufschwung im Kanalbau läßt sich dann seit dem 16. Jahrhundert in zahlreichen Ländern erkennen. Es seien nur erwähnt der 119 km lange Kaiserkanal von Aragonien, erbaut durch Karl V., der 44 km lange, vom Großen Kurfürsten begonnene und von Friedrich dem Großen fertiggestellte Finowkanal, der in den Jahren 1817 bis 1825 vom Staat New York erbaute, 584 km lange Erie Kanal und der 1832 hergestellte Götakanal in Schweden, dessen Länge ohne die Seestrecken rd. 97 km beträgt.

Alle diese Kanäle und zahllose andere in allen Ländern waren in für heutige Begriffe sehr kleinen Abmessungen gebaut. Die Seekanäle aus dem Altertum bestanden, mit Ausnahme vielleicht des Trajanskanals, nicht mehr; die Binnenschifffahrtskanäle waren, soweit sie nicht ebenfalls verfallen waren, dem Wettbewerb der Eisenbahn nicht mehr gewachsen. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts setzte deshalb eine Bewegung für den Bau moderner See- und Binnenschifffahrtskanäle ein, die zu den großartigsten Kanalbauten führte. Auch an die See- und Flußhäfen wurden immer weitergehende Anforderungen gestellt, und es mußten zahlreiche Neu-

und Erweiterungsbauten von Häfen ausgeführt werden, die mit großen Erdbewegungen verbunden waren. Die bemerkenswertesten Kanalbauten dieser Zeit mit den dem Verfasser zugänglichen Angaben über die Bodengewinnung sind in der Zusammenstellung Seite 8 und 9 aufgeführt.

2. Entwicklung der verschiedenen Verfahren der Bodengewinnung und ihre Anwendung bei Kanalbauten.

Wie der Arbeitsvorgang bei den Bauten des Altertums gewesen ist, meldet uns leider keine Ueberlieferung. Wir haben jedoch die Möglichkeit, aus dem Verfahren, welches Völker von alter Kultur noch heute bei ihren Erdarbeiten befolgen, auf die in ältester Zeit verwendeten Hilfsmittel zu schließen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß im allgemeinen die in der Landwirtschaft benutzten Geräte auch zur Herstellung von Entwässerungs- und Bewässerungsgräben benutzt worden sind. Dieses älteste Erdarbeitsgerät, das älter als der Pflug sein muß, war wahrscheinlich eine Art Hacke oder Haue, wie sie noch jetzt von den Einwohnern von Turkestan sowohl bei der Felderbestellung, als bei der Herstellung von Kanälen angewendet wird.*) Aus dem ursprünglich schmalen Blatt, das besonders zum Auflockern gedient haben mag, wurde dann allmählich ein Gerät, das auch zum Aufheben des Bodens dienen konnte. Ein eigentliches Werfen wird nicht in Frage gekommen sein, da der Boden entweder im aufgeschürzten Gewande oder in niedrigen Körben aus der Baugrube getragen wurde.

Noch bei dem Bau des Suezkanals benutzten die ägyptischen Arbeiter, trotzdem ihnen andere Geräte zur Verfügung gestellt wurden, die ägyptische Hacke (*la pioche égyptienne*) zum Aufgraben des Bodens. Der Boden wurde dann in Körbe gefüllt, die entweder auf dem Kopfe von Arbeitern oder auf dem Rücken von Eseln und Kamelen aus der Baugrube getragen wurden. (Auf einer Baustelle waren im Juni 1869: 6200 Arbeiter, 2900 Esel, 1050 Kamele beschäftigt.)

Erst später hat sich wahrscheinlich neben der Hacke, entweder in anderen Ländern oder für besondere Arbeiten, der „Spaten“ ent-

*) Dort „ketmen“ genannt, s. Merckel, S. 112.

Zusammenstellung bemerkens

Nummer	Benennung	Bauherr	Zeit	Endpunkte	Länge	Sohlen-	Tiefe
					km	breite m	m
1	Suezkanal	Französische Gesellschaft unter Lesseps	1859—1869	Port Said—Suez	160	22,0	7,93
2	Oder-Spreekanal	Preuß. Staat	1887—1891	Oder bei Fürstenwalde—Spree bei Fürstenberg	56	16,0	2,50
3	Kanal v. Korinth	Griechische Gesellschaft	1882—1893	Durch die Landenge von Korinth	6,3	21,04	7,93
4	Manchester See-kanal	Stadt Manchester	1887—1894	Eastham am Mersey—Manchester	57,1	36,6 bis 51,8	7,93
5	Kaiser-Wilhelm-Kanal	Deutsches Reich	1887—1895	Elbe bei Brunsbüttel—Ostsee bei Kiel	98,65	22,0	9,00
6	Chicago Drainage-Kanal	Bezirk Chicago	1892—1897	Chicago—Lockport	45	48,7 bis 61,5	7,41
7	Dortmund-Emskanal	Preuß. Staat	1892—1899	Dortmund—Emden	201	18,0	2,50
8	Elbe-Travekanal	Lübeck	1895—1900	Lauenburg—Lübeck	67	22,0	2,50
9	Teltowkanal	Kreis Teltow	1900—1906	Spree bei Grünau—Havel bei Potsdam	40,5	20,0	2,5
10	Panamakanal	1. Französ. Gesellschaft	1881—1889	Durch die Landenge von Panama	70	21,95	8,47
		2. Ver. St. von Amerika	1904—?			61,0	13,72

werter Kanalbauten.

Gewonnene Bodenmenge in Mill. cbm	Baukosten in Mill. Mark	Arten der Bodengewinnung	Bemerkungen
120	380	Handarbeit (bis zu 30 000 Arbeiter), 7 Couvreux-Trockenbagger, 78 Schwimmbagger	
6	12,6, davon für Erdarbeiten 4,5	Vorwiegend Trockenbagger, Aussatzboden fast ausschließlich seitlich der Kanallinie	
10,5	—	Handbetrieb (z. T. englischer Einschnittbetrieb, Felsarbeit vorwiegend)	Geplant schon etwa 600 v. Chr., in Angriff genommen unter Nero. Einschnitt bis 88 m tief.
40,5	300	70 Dampfschaufeln von Ruston, Procter u. Ko., 27 andere Exkavatoren, darunter deutsche und französische Trockenbagger, 10 Schwimmbagger. Im Durchschnitt 10 500 Menschen beschäftigt	
82	156, davon für Erdarbeiten 71,5	Handarbeit, 28 Trockenbagger, 34 Schwimmbagger, 14,7 Millionen Arbeitertagewerke	
30,2	Anschlag 115	Handarbeit, 60 Dampfschaufeln, 243 Bohrmaschinen, 88 Fels-Schrämmaschinen, 1 Drahtseilschraper, zahlr. Radschraper, 27 Schwimmbagger	
24,0	80	Handarbeit, Trocken- und Schwimmbagger. Durchschnittlich 4000 Arbeiter	
10,8	23,5	Handarbeit, in der Scheitelstrecke (30 km lang) Trockenbagger, im übrigen Schwimmbagger	
12,6	40	Handarbeit, 6 Trockenbagger, 10 Schwimmbagger. Durchschnittlich 2700 Arbeiter	
Veranschlagt 135, ausgehoben 50—60	Ausgegeben 1313, davon für den Kanalbau 473	Mindestens 28 Schwimmbagger, 19 Dampfschaufeln, 63 Trockenbagger, 48 Bohrmaschinen, 66 Krane zum Herausschaffen von Felsstücken. Bis zu 20 000 Arbeiter	Meeresspiegelkanal. Einschnitte bis 115 m tief.
Veranschlagt 123, davon 28 von der durch die Franz. Ges. ausgehobenen Bodenmenge verwertbar	?	12 Schwimmbagger, 101 Dampfschaufeln, 200 Druckluftbohrmaschinen. 26 000 Arbeiter (Oktober 1907)	Schleusenkanal. Scheitelstrecke 26 m über dem Meere.

wickelt, dessen Blatt ungefähr in der Richtung des Stieles liegt. Bei der sehr großen Zahl, in der diese Geräte bei der Ausführung größerer Erdarbeiten gebraucht wurden, kam die Benutzung des teuren Metalls für Teile des Spatens nicht in Frage. Er wird daher ganz aus Holz bestanden haben. Wahrscheinlich haben auch die Arbeiter oder Sklaven, die nicht mit Spaten oder Hacken ausgerüstet waren, mit den Händen helfen müssen, die Transportgefäße zu füllen. Insbesondere werden Stücke festeren Bodens aufgegeben und herausgetragen worden sein. Es ist selbstverständlich, daß eine sehr große Arbeiteranzahl und eine sehr lange Zeit nötig war, um mit solchen Mitteln die großen Kanalbauten fertigzustellen. Eine Mitteilung von Herodot z. B. besagt, daß beim Bau des Pharaonenkanals unter Necho allein 120 000 Mann umgekommen sind. Um diese großen Arbeitermengen zu beschaffen, mußten entweder ganze Völkerschaften durch Zwang zur Arbeit angehalten werden oder es wurden die Soldaten damit beschäftigt.

Der eiserne Spaten hat sich dadurch aus dem hölzernen entwickelt, daß dieser zunächst an der Schneide, dann zur Befestigung und Verstärkung einen eisernen Beschlag erhielt. Noch heute ist in einigen Gegenden die sogenannte „schlesische Schippe“, ein Holzspaten mit Eisenbeschlag, in Anwendung.

Neben dem Spaten, dem hauptsächlich Bodengewinnungsgerät, müssen sich früh auch die Picken, Brechstangen und Keile entwickelt haben, die dazu dienen, festeren Boden zunächst so weit zu lockern, daß er mit dem Spaten fortgenommen werden kann. Auch über die Geschichte dieser Geräte ist näheres nicht festzustellen. Besondere Verfahren mußten bei der Gewinnung von Felsen angewendet werden. Seit dem Altertum (u. a. wird es von Plinius erwähnt) bis in die Neuzeit hinein wurde harter Felsen durch das sogenannte Feuersetzen gesprengt, indem er erst erhitzt und dann plötzlich abgekühlt wurde. Die hierbei entstehenden Risse gaben dann Gelegenheit, mit Brecheisen oder ähnlichen Geräten den Felsen vollends auseinanderzusprengen.

Mit Schießpulver soll zuerst in Freiberg i. S. im Jahre 1613 gesprengt worden sein. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts ist das Schießpulver durch das Dynamit und andere kräftiger wirkende Sprengmittel verdrängt worden. Die früher ausschließlich von Hand gebohrten Löcher zur Aufnahme der Sprengmittel werden schon

seit längerer Zeit im Tunnel- und Bergbau, neuerdings auch bei Erdarbeiten durch Maschinen hergestellt. Besonders die mit komprimierter Luft betriebenen Bohrmaschinen haben für diesen Zweck allgemeine Anwendung gefunden. In neuer Zeit werden nicht nur wie früher solche Gesteine gesprengt, die mit den gewöhnlichen Geräten nicht gelöst werden können, sondern es werden Sprengungen auch in weicherem Fels oder in festem Erdboden ausgeführt, um die Lösung zu beschleunigen oder auch zu verbilligen.

Schon in früher Zeit wurde der Pflug zur Auflockerung des Bodens verwendet. Leupold (Anfang des 18. Jahrhunderts) beschreibt*) sogar einen besonders für die Erdgewinnung gebauten Pflug. In Nordamerika ist die Anwendung des Pfluges bei Erdarbeiten noch jetzt sehr verbreitet.

Die erste Anwendung von Maschinenarbeit zum Lösen von Boden bilden die „Bagger“. Schon seit ältester Zeit hatten sich besonders für die Herstellung von Brunnen verschiedene Formen von Werkzeugen ausgebildet, mit denen Boden unter Wasser gelöst und über den Wasserspiegel befördert werden konnte. Als es sich nicht mehr um kleine Bodengewinnungen unter Wasser handelte, als es insbesondere in Frage kam, Häfen für Schifffahrtzwecke zu vertiefen oder neu anzulegen, mußten die primitiven Baggerwerkzeuge zu leistungsfähigeren Maschinen ausgebildet werden. Auf welche Weise die alten Römer die Vertiefungen ihrer Häfen und des Tiberstromes ausgeführt haben, ist nicht überliefert.

Die erste Baggermaschine soll 1591 von Vesantius erbaut sein, in Form eines Stielbaggers, der von zwei durch Menschen bewegten Laufrädern angetrieben wurde.

Im 17. Jahrhundert fanden Modder-Molen mit Pferdebetrieb (Schaufelkettenbagger) in Holland Anwendung, im 18. Jahrhundert Eimerradbagger und Eimerkettenbagger.

Die Maschinen wurden immer weiter ausgebildet und nahmen eine große Entwicklung, als seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts „Dampfkraft“ an die Stelle der Menschen- oder Pferdekraft trat. (Der erste Bagger mit Dampftrieb wurde 1796 in England erbaut.) Die verschiedenen Formen, in denen sich die heutigen

*) Leupold, *Theatrum machinarum*, Schauplatz der Wasserbaukunst. Leipzig 1724.

Schwimmbagger entwickelt haben, sind in der Zusammenstellung S. 16 enthalten.

Auch für die Ausführung von Erdarbeiten im Trocknen wurde seit den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts die „Dampfkraft“ herangezogen. Bei den billigen Arbeitslöhnen der damaligen Zeit kam jedoch die maschinelle Bodengewinnung noch nicht in Frage, und die Dampfkraft wurde hauptsächlich dazu benutzt, um mittels Winden auf schiefen Ebenen oder mittels Lokomotiven auf Fördergleisen den gewonnenen Boden zu transportieren. Erst um die Mitte des Jahrhunderts wurden die ersten Schritte unternommen, um die Dampfkraft auch in den Dienst der Bodengewinnung zu stellen. Der Amerikaner Otis im Jahre 1840 und der Franzose Couvreur im Jahre 1859 waren es, welche auf ganz verschiedenen Wegen die beiden noch heute vorwiegend im Gebrauch befindlichen Erdgewinnungsmaschinen erfanden, nämlich die „Dampfschaukel“ und den „Trockenbagger“ (Exkavator). Und es sollte bald Gelegenheit eintreten, von diesen Erfindungen Nutzen zu ziehen. Beim Bau des Suezkanals hatte sich zunächst der Vizekönig von Aegypten verpflichtet, der Gesellschaft die nötigen Arbeiter, im ganzen 20 000, zu stellen. Es wurde den Provinzen die Beschaffung der Arbeiter auferlegt, und diese wurden zwangsweise auf ein Jahr zum Kanalbau geschickt. Dieses System der Arbeiterbeschaffung ließ sich aber wegen der zahlreichen Desertionen nicht durchführen und wurde deshalb 1864 aufgehoben. Es mußten nun in Südeuropa, Asien und Nordafrika Arbeiter angeworben werden. Selbstverständlich wurden dadurch die Arbeitslöhne so gesteigert, daß in der alten primitiven Weise nicht weitergearbeitet werden konnte. Couvreur, der seine Maschine schon 1861 bei einem Eisenbahnbau von Sedan nach Thionville in den Ardennen erprobt hatte, wurde deshalb mit der Herstellung des Einschnittes von El Guisr, der höchsten Erhebung im Zuge des Kanals (N. N. + 19,10) betraut. Er arbeitete mit 7 Trockenbaggern seines Systems und machte derartig unerwartete Fortschritte, daß er 6 Monate vor der ihm gesetzten Frist fertig wurde und für jeden dieser Monate die vertragliche Prämie von 50 000 Fr. erhielt. Die Gesamtleistung betrug 4 200 000 cbm, die Monatsleistung 120—130 000 cbm. Nach dieser Bewährung wurden die Couvreur'schen Trockenbagger im kontinentalen Europa allgemein zu Erdarbeiten herangezogen. Sie wurden in Frankreich,

Deutschland und Holland gebaut und immer leistungsfähiger hergestellt. Eines besonders guten Rufes erfreuen sich heute in deutschen Unternehmerkreisen die Trockenbagger der Lübecker Maschinenbaugesellschaft.

Die von dem Amerikaner Otis erfundene Dampfschaufel wurde zunächst in England gebaut und besonders seit der Mitte der siebziger Jahre vielfach benutzt. Sie beruht auf der Nachahmung der von einem Arbeiter bewegten Schaufel. Sie hat nur ein Lösungsgefäß, Löffel (bucket) genannt, welches mit scharfer Schneide und Zähnen versehen ist und den Boden abgräbt, hebt, herumschwenkt und über dem Transportgerät durch Öffnen einer Klappe entladet. Die Dampfschaufeln wurden zunächst nur für Eisenbahneinschnitte verwendet, eine Probe ihrer Leistungsfähigkeit für Kanalbauten haben sie jedoch beim Bau des Manchester-Seekanals abgelegt, wo nicht weniger als 70 mit Erfolg arbeiteten. Die größeren Typen entwickelten sich in dem Eisenerzbezirk am Oberen See in Nordamerika. Sie graben hier sowohl das Deckgebirge ab, wie sie auch die Erzmassen fördern. Wegen des dauernden Betriebs konnten hier die Gewichte der Maschinen immer mehr gesteigert werden und es werden Dampfschaufeln von einem Konstruktionsgewicht bis zu 100 tons verwendet. Am Panamakanal waren schon unter der französischen Bauleitung einige englische Dampfschaufeln tätig. Seitdem die Vereinigten Staaten von Nordamerika den Kanalbau in Angriff genommen haben, haben sie eine große Anzahl der kräftigsten Dampfschaufeln eingestellt. Augenblicklich arbeiten 101 derartige Maschinen von 45 bis 95 tons Gewicht neben einigen Eimerkettenbaggern, die noch aus der französischen Bauleitung stammen. In Amerika führten die höheren Arbeitslöhne dazu, daß sich vor und neben der Dampfschaufel andere einfachere Erdgewinnungsgeräte entwickelten, die auch für kleinere Arbeiten geeignet waren. Bei der verhältnismäßigen Billigkeit der Pferdehaltung wurden und werden noch heute von Pferden gezogene Geräte bevorzugt, insbesondere wird der Pflug in großem Umfang verwendet, um festeren Boden zu lockern. Die Schrapper und Radschrapper dienen dazu, den mit dem Pflug gelockerten Boden vollends zu gewinnen und auf kurzen Strecken zu befördern. Beim Bau des Chicagoer Entwässerungskanals wurde mit Erfolg der Versuch gemacht, einen Schrapper von 2,3 cbm Inhalt mittels einer quer über den Einschnitt gehenden Drahtseilbahn zu

bewegen, deren Unterstützungstürme sich in der Längsrichtung des Kanals bewegen konnten. Eine ähnliche Einrichtung wird von der Leipziger Firma Bleichert & Co. auf den Markt gebracht. Eine andere Vorrichtung, elevating grader genannt, besteht aus einem pflugartigen, von 12 Pferden gezogenen Werkzeug, das den gelösten Boden auf ein ansteigendes Förderband wirft. Dieses befördert ihn in die heruntergefahrenen Fördergefäße, meist vierachsige, mit Pferden bespannte Straßenwagen mit Bodenklappen, oder lagert ihn an Ort und Stelle ab.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, statt der Dampfschaufeln und Trockenbagger weniger schwerfällige und doch leistungsfähige Maschinen, die auch zugleich den Transport übernehmen sollten, zur Herstellung der Kanaleinschnitte einzuführen. Zwei derartige Maschinen, die aus einer den ganzen Kanal überspannenden fahrbaren Brücke mit beiderseitigen, über den Ablagerungsplatz reichenden Kragarmen bestehen, wurden beim Bau des Chicagoer Entwässerungskanals und dem des neuen Erie Kanals in Benutzung genommen. Bei dem ersten lief ein Förderband ohne Ende von dem Ende des einen Kragarmes zu dem des anderen, senkte sich in der Mitte bis zur Tiefe der Ausschachtungssohle und wurde hier mittels eines Dampfpluges beladen. Das wohl zu leicht gebaute Gerüst ist mehrmals durch Stürme beschädigt und schließlich zerstört worden und konnte deshalb seine Leistungsfähigkeit nicht beweisen. Die in der Nähe von Rochester für den Bau des Erie Kanals aufgestellte zweite Maschine war ganz in der Art der Hochbahnkrane ausgebildet. Ein an einer Laufkatze hängender Selbstgreifer sollte sich im Einschnitt selbsttätig füllen, dann zu den Kragarmen laufen und dort ebenfalls selbsttätig entleert werden. Bei dem immerhin ziemlich festen Boden wurde aber die selbsttätige Füllung nicht erreicht und man kam dahin, die an der Laufkatze hängenden Fördergefäße mittels einer Dampfschaufel zu füllen. Die Maschine arbeitet daher nur noch als Transportgerät.

In geeignetem Boden, besonders bei tiefen Baugruben, kann der „Greifbagger“ mit Erfolg Anwendung finden. Seine Vorzüge bestehen darin, daß er sehr leicht gebaut sein kann und daß er ohne Schwierigkeit bis in große Tiefen, ja auch unter Wasser arbeiten kann. Er ist jedoch, besonders wegen seiner geringen Leistungsfähigkeit, für größere Kanalbauten nicht geeignet und hat auch hierbei keine Anwendung gefunden.

Ein Erdgewinnungsverfahren, das unter geeigneten Umständen sehr gute Erfolge gezeitigt hat, ist das hydraulische Verfahren (hydraulic fill). Der abzutragende Boden wird hier mittels Wasserstrahlen gelockert und gelöst und mit dem Wasser in Rinnen oder Röhren mit Gefälle dem Ablagerungsplatz zugeführt. Erfordernis ist also außer billigem Wasser und geeignetem Boden eine Gefälle von der tiefsten Stelle der Ausschachtung zur höchsten der Aufschüttung. Da der Boden in sehr dichtem Zustande abgelagert wird, so ist das hydraulische Verfahren besonders für die Herstellung von Staudämmen geeignet und auch in Nordamerika vielfach angewendet. In Deutschland ist es zur Gewinnung und Förderung von Spülversatzmaterial für Bergbauzwecke in Anwendung. Für die Herstellung von größeren Kanaleinschnitten wird jedoch das Verfahren nur in seltenen Fällen geeignet sein und ist auch, soviel bekannt, noch nicht zu diesem Zweck in Anwendung gekommen.

Für Erdarbeiten besonderer Art sind noch zahlreiche Gewinnungsmaschinen, wie Torfstichmaschinen, Fels-Schrämmaschinen (Rock Channeler), Tunnelherstellungsmaschinen, Maschinen für die Herstellung von Rohrbaugruben und Gräben u. a. m. in Anwendung gekommen. Diese Maschinen kommen aber als selbständige Erdgewinnungsmaschinen für unsere Untersuchungen nicht in Betracht. Zur Unterstützung der Felsgewinnung im Handbetrieb oder im Dampfschaufelbetriebe werden dagegen die Felsschrämmaschinen wertvolle Dienste leisten können. Eine ähnliche Rolle spielen die Bohrmaschinen, die die Löcher zur Aufnahme der Sprengmittel in den Fels bohren.

Im folgenden (S. 16) ist eine Zusammenstellung der gebräuchlichen Bodengewinnungsverfahren mit Angabe ihrer größten Leistungen und der verschiedenen, für sie geeigneten Beförderungsverfahren gegeben.

3. Auswahl der drei eingehender behandelten Betriebsarten.

Es würde hier zu weit führen, alle diese Bodengewinnungsverfahren in wirtschaftlicher Beziehung zu untersuchen. Es sollen deshalb nur die wichtigeren Betriebsarten eingehend behandelt werden, welche für die Herstellung größerer Kanaleinschnitte auf dem europäischen Festlande in Betracht kommen.

Zusammenstellung der Bodengewinnungsverfahren.

Nr.	Lösungsart	Höchstleistung in der Stunde cbm	Transportarten	Bemerkungen
1.	Von Hand, mit Schaufel, Spaten, Picke, Keil	2,0	a) Werfen, b) Tragen, c) Schiebkarre, d) Gewöhnliche Wagen, mit oder ohne Selbstentladung, e) Feldbahn, f) Kabelbahn, Befördert gleichzeitig.	
2.	Von Hand mit denselben Werkzeugen, vorher pflügen			
3.	Schrapper (Scraper), meist vorher pflügen	Abhängig von Transportweite Desgl.	Desgl. a) Gewöhnliche Wagen mit Selbstentladung, b) Ablagerung am Rande der Ausschachtung, Befördert gleichzeitig.	
4.	Radschrapper (Wheelscraper), meist vorher pflügen			
5.	Elevating grader (pflugartig)	110	Desgl. a) Gewöhnliche Wagen mit Selbstentladung, b) Ablagerung am Rande der Ausschachtung, Befördert gleichzeitig.	
6.	Kabelbahn mit schrapperartigen Grabegeräten			
7.	Greifbagger	38	a) Gewöhnliche Wagen, b) Feldbahn, c) Ablagerung in Reichweite des Baggers, d) Feldbahn, b) Ablagerung am Rande der Ausschachtung.	
8.	Hochbahnkranbagger (Rochester)			
9.	Dampfschaukel (Löffelbagger)	375	a) Gewöhnliche Wagen, b) Feldbahn, c) Gurtförderer auf Brücke oder Ausleger, d) Feldbahn, b) Gurtförderer auf Ausleger oder Brücke.	
10.	Eimerkettenbagger auf Gleisen (Trockenbagger)			
11.	Hydraulisches Verfahren (hydraulic fill)	Etwa 100 für jeden Wasserstrahl	a) In Rinnen, b) In Röhren.	
12.	Schwimmender Saugbagger			
13.	Schwimmender Eimerkettenbagger	Seebagger 5000, Flubbagger 540	In Röhren.	
14.	Schwimmender Löffelbagger (Dipper dredge)			
15.	Schwimmender Greifbagger	500	a) Mit Prahmen, b) Mit Rinnen, c) In Röhren, (Bei b) und c) meist Pumpe eingeschaltet.) Mit Prahmen.	
		60		

Einige der in der Zusammenstellung enthaltenen Bodengewinnungsverfahren sind schon bei der allgemeinen Besprechung als für größere Kanaleinschnitte ungeeignet bezeichnet worden. Auch die Schrapper können nur bei geringen Transportweiten ohne Steigungen benutzt werden und sind daher bei der Herstellung großer Kanaleinschnitte höchstens für Anfangsarbeiten, z. B. Herstellung der Baggergleisebene, nicht aber für die Gewinnung der großen Massen geeignet. Bei dem elevating grader macht der Transport der gewonnenen Bodenmengen Schwierigkeiten. Die unmittelbare Ablagerung durch das Förderband ist nur für kleine Bodenmengen möglich. Der gewöhnlich angewendete Transport mittels Fuhrwerks kann bei großen Kanalarbeiten in Europa nicht in Frage kommen. Zudem ist die Leistungsfähigkeit zu gering. Die Seilbahn mit Grabegefäßen hat ebenfalls zu geringe Leistungsfähigkeit, auch ist sie noch zu selten in Anwendung gekommen, um ihre Wirtschaftlichkeit prüfen zu können. Daß die Hochbahnkranbagger als Bodengewinnungsmaschinen sich nicht bewährt haben, ist bereits erwähnt.

Die Schwimmbagger kommen in vielen Fällen mit den im Trockenem arbeitenden Verfahren in Wettbewerb. Besonders, wenn das Gelände nur wenig über Grundwasser liegt, wenn der Boden weich und ohne Hindernisse ist, wenn die Bagger schwimmend herangeschafft werden können oder wenn im Trockenem arbeitende Maschinen nicht verfügbar sind, können auch Einschnitte, die sich gut im Trockenem herstellen lassen, wirtschaftlich durch Schwimmbagger hergestellt werden. Ja, es kann sogar in manchen Fällen in Frage kommen, künstlich den Wasserspiegel zu heben, um auch bei höherem Gelände mit Schwimmbagger arbeiten zu können. Für die vorliegenden Untersuchungen, die sich auf tiefere Einschnitte im Binnenlande beziehen, kann jedoch die Anwendung von Schwimmbaggern als seltene Ausnahme gelten. Die Untersuchung des wirtschaftlichen Verhältnisses zwischen Trockenaushub und Ausbaggerung unter Wasser soll deshalb, so interessant vielleicht seine Klärung ist, ausgeschaltet werden.

Als die in vorwiegendem Maße zur Herstellung größerer Kanaleinschnitte geeigneten Gewinnungsverfahren bleiben also von den angegebenen Verfahren der Zusammenstellung übrig:

1. Das Lösen und Laden von Hand mit Schaufel, Spaten, Picke, Keil.

2. Das Lösen und Laden mittels Eimerkettenbagger auf Gleisen (Trockenbagger).
3. Das Lösen und Laden mittels Dampfschaufel (Löffelhochbagger).

Von den zahlreichen Beförderungsarten, welche bei jedem dieser Gewinnungsverfahren angewendet werden können, ist die verbreitetste für alle drei Bodengewinnungsverfahren die Feldbahn mit Lokomotivbetrieb. Die Unterschiede in der Beförderung liegen hierbei nur in der Spurweite der Gleise, die je nach der Bodenmenge, der Entfernung und der notwendigen Geschwindigkeit der Förderung zwischen 0,50 und 1,435 m schwankt. In Nordamerika ist die normale Spurweite allgemein, auf dem europäischen Festlande überwiegt heute bei größeren Erdarbeitsbetrieben eine Spurweite von 0,90 m. — Bei der Anwendung des Trockenbaggers kann allerdings unter bestimmten Umständen, die aber von Grunderwerbspreisen, Erfordernis der Einebnung der Ablagerung usw. abhängen, die Erdförderung mittels Transportbandes in Wettbewerb kommen. Da diese Nebenumstände aber sehr schwer rechnerisch erfaßt werden können, so soll auch diese Förderart bei den vorliegenden Untersuchungen ausgeschaltet werden.

Wir können also für alle drei Bodengewinnungsverfahren die Beförderung mit Lokomotivbetrieb annehmen und so die Wirtschaftlichkeit der Bodengewinnung ganz unabhängig von der Förderart untersuchen. Auf die Erdförderung braucht daher im folgenden nicht mehr eingegangen zu werden.

III. Allgemeine Untersuchungen über die Kosten der Bodengewinnung.

1. Zusammensetzung der Kosten.

Die Kosten der Bodengewinnung, auf welche Weise sie auch ausgeführt wird, setzen sich aus folgenden 3 Teilen zusammen:

- I. Einmalige Kosten (Einrichtung des Betriebes).
- II. Dauernde Kosten, zum Teil von der Leistung, zum Teil von der Zeit abhängig.
- III. Unternehmergewinn.

I. Einmalige Kosten.

Zu den einmaligen Kosten gehören:

1. Anfuhr der Geräte vom Lagerplatz zur Bahnstation.
2. Bahnfracht.
3. Anfuhr zur Baustelle einschließlich etwa nötiger Instandsetzung von Wegen.
4. Zusammenbauen der Geräte, Aufstellung der Baubuden usw.
5. Auseinandernehmen der Geräte, Abbruch der Baubuden usw.
6. Abfuhr zur Bahn (einschließlich wie unter 3).
7. Rückfracht.
8. Abfuhr zum Lagerplatz.
9. Verzinsung und Abschreibung der Geräte während des Transportes, des Zusammenbauens und Auseinandernehmens, sofern der Transport nicht in die arbeitslosen Wintermonate fällt.
10. Allgemeine einmalige Unkosten.

In einzelnen Fällen werden einzelne dieser Posten fortfallen können, um aber die drei ausgewählten Betriebsarten vergleichen zu

können, sollen für die folgenden Untersuchungen Durchschnittsannahmen gewählt werden, die etwa den norddeutschen Verhältnissen entsprechen. Es wird darnach angenommen, daß die Entfernung des Lagerplatzes zum nächsten Bahnhof 2 km, die Entfernung dieses Bahnhofes von dem der Baustelle nächstgelegenen 300 km beträgt und daß die Baustelle 10 km vom Bahnhof entfernt ist. (Teils Chaussee, teils Landweg.) Die Dauer des Transportes vom Lagerplatz bis zur Baustelle und zurück mag je eine Woche betragen. Die Höhe des Verzinsungs- und Abschreibungsziinsfußes ist je nach der Art der Geräte verschieden.

II. Dauernde Kosten.

Die dauernden Kosten sind:

1. Verzinsung der Geräte (Bauhof eingeschlossen) auch für die Zeit, in der sie nicht benutzt werden.
2. Abnutzung und Abschreibung.
3. Löhne einschließlich Versicherungsbeiträge.
4. Kohlen einschließlich Anfuhr.
5. Putz- und Schmiermittel, Kesselwasser und sonstiges Material.
6. Reparaturen und Unkosten des Bauhofes (Grundstückspacht, Feuerversicherung).
7. Allgemeine Unkosten. (Beaufsichtigung der Arbeiten, Aufmessungen, Absteckungen, Bureauhaltung, Reisen, Steuern, Zuschuß zu Kantinen und Baracken, Risiko durch Streik, Epidemie, Hochwasser, Wolkenbrüche, Unglücksfälle.)

Von diesen Ausgaben ist ein Teil von der Gesamtzeit der Ausführung, ein Teil von der Arbeitszeit und ein dritter von der Arbeitsleistung abhängig. Da jedoch bei geregelter Betrieb die Arbeitsleistung proportional der Zeit ist, so soll zur Vereinfachung der Untersuchungen angenommen werden, daß die gesamten dauernden Kosten direkt proportional entweder der wirklichen Arbeitszeit oder der Arbeitsleistung sind.

Die Kosten für die Verzinsung der Geräte, die auf das Jahr berechnet wird, müssen zunächst auf die Arbeitstage des Jahres verteilt werden.

Im norddeutschen Klima ergeben sich von den 365 Tagen des Jahres etwa folgende Abzüge:

2 Frostmonate	60 Tage
Sonntage in 10 Monaten	45 „
Weitere Feiertage bei evangelischer Bevölkerung	5 „
Regentage, einzelne Frosttage und sonstige stunden- oder tageweise Auställe zusammen	15 „
	<hr/>
	125 Tage.

Es bleiben also $365 - 125 = 240$ Tage als Arbeitstage. Bei maschinellem Betriebe gehen hiervon noch Unterbrechungen durch Reparaturen, Revisionen usw. ab (nach Forchheimer z. B. bei Trockenbaggern etwa 20 Tage). Bei katholischer Arbeiterschaft fallen noch weitere 5 bis 10 Feiertage aus.

Der Zinsfuß, mit dem der Großunternehmer rechnen muß, soll hier mit durchschnittlich 6 vH. angenommen werden. Er wechselt natürlich je nach den Geldmarktverhältnissen und der finanziellen Lage des Unternehmers. Ist also n die Zahl der Arbeitstage, so beträgt die Verzinsung der Geräte für den Tag $\frac{6}{n}$ vH., bei Handbetrieb also $\frac{6}{240} = 0,025$ vH.

Die Abnutzung der Erdgewinnungsgeräte ist sehr beträchtlich. Der Prozentsatz der jährlichen Abschreibung muß daher recht hoch sein. Der Unternehmer ist zudem auch dadurch zu einer hohen Abschreibung gezwungen, daß er nicht weiß, ob er später sein Arbeitsgerät zweckentsprechend verwerten kann und ob er es nicht mit Verlust verkaufen muß. Vorsichtige Unternehmer rechnen deshalb so, daß sie bei großen Arbeiten das Gerät vollständig oder wenigstens zur Hälfte abschreiben. Falls sie das Gerät dann später doch noch benutzen können, haben sie den großen Vorteil, mit dem sehr billigen Gerät sehr billige Preise bei späterem Wettbewerb stellen zu können. Derartige Ueberlegungen müssen aber bei unseren Untersuchungen fortbleiben und es muß für die Abschreibung ein Prozentsatz gewählt werden, der der mittleren Benutzungsdauer des Erdarbeitengeräts im Betriebe der Unternehmer entspricht. 10 vH. wird meist zu gering sein und eine Abschreibung

von 15—20 vH. wird in vielen Fällen richtig sein. Nur für einzelne Teile, z. B. die Gleise, wird eine geringere Abschreibung als 10 vH. zulässig sein. Auch dieser Prozentsatz gilt für das Arbeitsjahr und ist daher zur Berechnung für den Arbeitstag durch die Zahl der Arbeitstage zu teilen.

Bei der Ausführung von größeren Erdarbeiten werden die Arbeiter im Tagelohn beschäftigt, d. h. die Entlohnung für die geleistete Arbeit wird nach der Zahl der Arbeitsstunden berechnet. Akkordarbeit ist früher versucht worden, heute aber auch bei reinem Handbetrieb nicht üblich. Die Höhe des Stundenlohns schwankt je nach dem Stand von Angebot und Nachfrage, sowie nach den Lebensverhältnissen der Gegend bedeutend. Während in rein ländlichen Bezirken im Osten der preußischen Monarchie der Stundenlohn auch heute noch 0,25 Mark und darunter beträgt, steigt er in den Großstädten, besonders im Westen auf mehr als das Doppelte. Für die in der letzten Zeit ausgeführten Kanalbauten reichte die Zahl der sich anbietenden einheimischen Arbeiter bei weitem nicht aus. Es mußten in großem Umfange ausländische Arbeiter herangezogen werden. Für diese schwankte der Stundenlohn in engeren Grenzen und betrug meist zwischen 0,30 und 0,35 Mark. Hierzu kommen oft noch die Kosten der Anwerbung und in allen Fällen die Beiträge für die Unfallversicherung, die Krankenkasse und die Alters- und Invaliditätsversicherung. Die Löhne, auch der ausländischen Arbeiter, haben eine steigende Tendenz. Da auch in der näheren Zukunft damit gerechnet werden kann, daß die ausländischen Arbeiter die Mehrzahl der Arbeiter bei der Ausführung größerer Erdarbeiten bilden werden, so kann ihr Lohnsatz als Durchschnittssatz angenommen werden. Einschließlich Schachtmeisterzuschlag und aller Versicherungsbeiträge soll deshalb mit einem mittleren Stundenlohn von 0,40 Mark gerechnet werden. Als Arbeitszeit sind durchweg 10 Stunden angenommen, obwohl in den Sommermonaten meist längere, in den Wintermonaten kürzere Zeit gearbeitet wird.

Für die Stellung von Pferden mögen folgende Kosten angenommen werden:

- für 1 Pferd mit Führer 0,90 Mark für eine Stunde,
- für 2 Pferde mit einem Führer 1,50 Mark für eine Stunde.

Der Preis des Brennmaterials richtet sich nach der Entfernung von den Kohलगewinnungsorten und den Kosten der Anfuhr zur Baustelle. Als ein etwa mittlerer, für die Vergleiche geeigneter Wert für die Kohlenkosten soll der Preis der Kohlen, wie er sich für Arbeiten am Ems-Hannover-Kanal in der Nähe von Minden ergibt, zugrunde gelegt werden.

Auf Grund der heutigen Kohlenpreise betragen dort die Kosten:

für 1 t Steinkohle frei Zeche bei Dortmund	13,00	Mark
„ Fracht bis Minden	4,00	„
„ Anfuhr 10 km weit	1,50	„

zusammen 18,50 Mark

Die übrigen dauernden Ausgaben werden geschätzt.

Unter die dauernden Ausgaben muß bei Maschinenbetrieb noch ein besonderes Maschinenbetriebsrisiko gerechnet werden. Müssen nämlich die Maschinen aus irgend einem Grunde plötzlich stillstehen, so wird immer einige Zeit vergehen, ehe die Arbeiter und das übrige Gerät eine zweckentsprechende anderweitige Verwendung gefunden haben. Diese vorübergehende Verwendung wird auch nicht so wirtschaftlich sein, als ein Dauerbetrieb. Außerdem gehen oft die Zinsen eines Teiles der Geräte verloren. Werden in einem Betriebe mehrere verschiedenartige Maschinen benutzt, so werden die Unterbrechungen für die einzelnen Maschinen oft nicht zusammenfallen. Andererseits werden die Ausfälle weniger fühlbar sein, wenn von jeder Maschinengattung eine größere Anzahl vorhanden ist. Ueberhaupt wird die Größe dieses Risikos in hohem Maße von den mehr oder weniger geschickten Dispositionen des Erdarbeitenunternehmers abhängen. Wie groß dieses Risiko für die Stunde Arbeitszeit oder für 1 cbm Leistung angenommen werden muß, ist naturgemäß sehr schwer zu schätzen. Das Maschinenbetriebsrisiko soll deshalb nicht mit den sonstigen dauernden Kosten zusammengezählt werden, sondern es soll dadurch berücksichtigt werden, daß von der zu erwartenden Leistung ein durch die Art der Arbeit bestimmter Prozentsatz abgezogen wird.

III. Unternehmergewinn.

Unter Unternehmergewinn soll nicht nur der dem Unternehmer als persönliches Reineinkommen zufließende Ueberschuß verstanden

werden, sondern es sollen darunter auch alle diejenigen Unkosten in dem Betriebe des Unternehmers fallen, die nicht unmittelbar der Ausführung der Arbeiten dienen, die aber doch von dem Verdienst bestritten werden müssen.

Es soll dahin gehören: Zinsverlust durch Verzögerung der Abschlagszahlungen, Submissionskosten für die ausgeführte Arbeit und für einen entsprechenden Teil vergeblicher Submissionen, Kosten für die teilweise Aufrechterhaltung der Organisation in arbeitsstiller Zeit usw. Alle diese Unkosten sind als Unternehmergeinn deshalb zusammengefaßt, weil sie bei Arbeiten in Regie fortfallen. Bei dem wirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Betriebsarten kann aber der gesamte Unternehmergeinn, wie er oben bestimmt ist, ohne die Ergebnisse zu beeinträchtigen, ausgeschieden werden. Dies soll denn auch geschehen.

2. Ermittlung der Durchschnittsleistungen bei verschiedenen Bodenarten.

Die größte Schwierigkeit bei der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit einer Betriebsart verursacht es, einen brauchbaren Durchschnittssatz für die Leistungen in der Zeiteinheit zu finden.

Die mineralogische oder chemische Bestimmung des Materials der mannigfachen Bodenarten hat für die Schätzung der Erdarbeitsleistungen so gut wie gar keinen Wert. Es kommt vielmehr fast ausschließlich auf den mechanischen Widerstand gegen die Lösung an. Aber auch die experimentelle Bestimmung dieses Widerstandes kann nicht ohne weiteres zur Bestimmung der Leistungen benutzt werden. Der einzige gangbare Weg ist es, die Bodenarten in einige Klassen mit gewissen Merkmalen einzuteilen und dann erfahrungsmäßig die Leistung der einzelnen Betriebsarten bei der Arbeit in diesen Bodenklassen zu bestimmen. Dieser Weg ist für Handarbeit auch stets beschritten, und man hat aus langer Erfahrung die Durchschnittsleistungen eines Erdarbeiters in den verschiedenen Bodenklassen festgestellt. Leider fehlt es an Feststellungen ähnlicher Art für Bodengewinnungsmaschinen fast gänzlich. Wohl sind die wirtschaftlichen Ergebnisse einzelner Maschinen zum kleinen Teil veröffentlicht, aber entweder fehlen dann die Nachrichten über die

Leistungen derselben Maschinen in anderen Bodenarten, oder die veröffentlichten Angaben über die Leistungen in verschiedenen Bodenarten betrafen sogenannte Paradeleistungen, d. h. Leistungen, die sich wohl auf ganz kurze Zeit, mit Anspannung der Kräfte einer ausgesuchten Bemannung erreichen lassen, die aber nicht als Durchschnittsleistungen für wirtschaftliche Berechnungen zugrunde gelegt werden können. Noch trügerischer sind die theoretischen Berechnungen, z. B. nach Eimerinhalt, Tourenzahl der Maschine usw. Es wäre zur Klärung der Frage der wirtschaftlichen Bodengewinnung von größtem Wert, wenn entweder Dauerversuche mit den hauptsächlichsten Bodengewinnungsmaschinen in verschiedenen Bodenarten angestellt oder aber die sorgfältig gehüteten Betriebsergebnisse der großen Erdarbeitenunternehmer veröffentlicht würden.

Für den Handbetrieb sind derartige Zusammenstellungen, wie schon erwähnt, bereits vielfach gemacht. Bei der Verschiedenartigkeit der Körperkräfte und Geräte und bei der Schwierigkeit der Klasseneinteilung der Bodenarten weichen die Veröffentlichungen voneinander ab. Immerhin reichen die Angaben aus, um im Durchschnitt die Bodengewinnungskosten genau genug zu ermitteln. Da also die Leistungsermittlungen für Handbetrieb ziemlich ausreichend vorliegen, so soll die Klasseneinteilung der Bodenarten aus diesen früheren Zusammenstellungen auch für die maschinellen Betriebsarten zugrunde gelegt werden.

Die Einteilung der Bodenarten in Klassen kann nach zwei Gesichtspunkten geschehen:

1. nach der zur Gewinnung nötigen Arbeitszeit,
2. nach den zur Gewinnung erforderlichen Geräten.

Das erste Verfahren ist zwar das genauere, läßt sich aber nur anwenden, wenn die Leistungen bereits bekannt sind, also nach Fertigstellung der Arbeiten. Zur Bestimmung der Leistungen ist aber sonst im allgemeinen das zweite Verfahren brauchbarer und wird auch meist angewendet.

Am üblichsten ist die Einteilung in sechs bis neun Bodenklassen. Die umstehende Einteilung, die den vorliegenden Untersuchungen zugrunde gelegt werden soll, ist aus dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften*) entnommen.

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 4. Aufl., I. Teil, 2. Band, S. 28 u. f.

Klasse	Bodenarten	Geräte
I.	Losser Sand, Dammerde usw.	Schaufeln oder Spaten, kein Arbeitsaufwand zum Lösen.
II.	Leichter Lehm, festgelagerter Sand, feiner Kies, Torfmoor	Spaten, Auflockerung durch Picke nicht notwendig, aber angenehm.
III.	Ton, schwerer Lehm, Mergel, grober Kies, mit Steinen durchsetzter Boden	Spaten, Auflockerung durch Picke oder Keile notwendig.
IV.	Trümmergesteine, Gerölle, weiche Sandsteine in dünnen Lagen, kleinbrüchige Schiefer	Auflockerung durch Spitzhacke, Kreuzhacke und Brecheisen.
V.	Felsarten in Bänken von nicht zu großer Mächtigkeit und Festigkeit	Lösung noch mit Spitzhacke und Brecheisen möglich.
VI.	Felsen in geschlossenen Bänken	Sprengen mit Pulver oder Dynamit nötig.
VII.	Sehr harter Felsen der ältesten Formationen, wie Granit, Gneis, Quarz, Syenit, Porphy	Schwer schießbar.

Damit die Untersuchungen nicht zu umfangreich werden, sollen sie nur für einzelne dieser Bodenklassen angestellt werden.

Wie schon erwähnt, liegen für die Bodengewinnungsmaschinen zusammenhängende Zusammenstellungen der Leistungen in verschiedenen Bodenarten nicht vor. Wir sind daher darauf angewiesen, aus einzelnen Angaben die Durchschnittsleistungen der einzelnen Bodengewinnungsmaschinen in den verschiedenen Bodenklassen schätzungsweise zu ermitteln. Am besten sind wir aus Mitteilungen der Hersteller über besonders hohe Leistungen unterrichtet, die die Maschinen in leichtem Boden während kurzer Zeit geleistet haben. Inwieweit aus diesen Leistungen und aus anderen Angaben auf die Durchschnittsleistungen während längerer Zeit geschlossen werden kann, soll bei der Besprechung der einzelnen Bodengewinnungsmaschinen erörtert werden. Daß bei der Feststellung

der Durchschnittsleistung auch das Maschinenbetriebsrisiko berücksichtigt werden soll, ist bereits oben (s. S. 23) erwähnt worden. Die Bodenmengen sind stets im Abtrage gemessen.

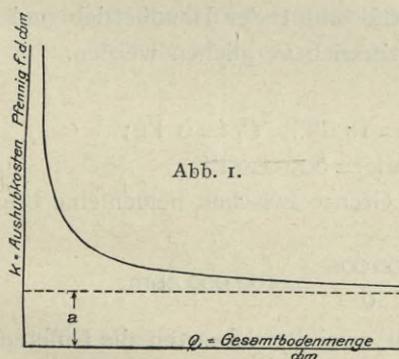
3. Herleitung der Kosten für den Aushub von 1 cbm Boden.

Verteilt man die dauernden Kosten der durchschnittlichen Arbeitsstunde auf die in dieser Arbeitsstunde geförderte Bodenmenge, so ergibt sich der Preis für den Aushub von 1 cbm Boden für den Fall, daß die Kosten der Einrichtung der Baustelle verschwindend gering sind, daß sie also entweder absolut genommen sehr klein sind oder daß Dauerbetrieb stattfindet, bei dem die einmaligen Kosten auf eine sehr große Leistung verteilt werden. Der Aushubpreis unter diesen Umständen wird mit a bezeichnet.

Die Summe der einmaligen Kosten C ist auf die Bodenmenge zu verteilen, die mit ein und derselben Baustelleneinrichtung gefördert wird. Diese Bodenmenge sei Q . Dann betragen die Kosten k für den Aushub von 1 cbm Boden allgemein bei allen Betriebsarten

$$k = a + \frac{C}{Q}$$

Trägt man die Kosten k in Pfennigen als Ordinaten, die Bodenmengen Q als Abszissen auf, so ergibt sich folgende Kurve (Abb. 1).



Kommen für eine Erdarbeit zwei Betriebsarten in Frage, so sind zwei Möglichkeiten vorhanden: Die Kurven für k schneiden sich oder sie schneiden sich nicht. Ein Schneiden der Kurven tritt nicht ein, wenn sowohl a als auch C bei einer Betriebsart größer oder kleiner ist als bei der zweiten.

In diesem Falle sind also bei jeder Bodenmenge die Aushubkosten für 1 cbm höher oder niedriger als bei der anderen Betriebsart. Ist aber z. B. a für Betriebsart I größer als für Betriebsart II, C dagegen für Betriebsart I kleiner als für Betriebsart II, so muß

ein Schnittpunkt der Kurven entstehen. Dieser Schnittpunkt gibt die wirtschaftliche Grenze (Grenzbodenmenge) zwischen den beiden Betriebsarten an. Es entsteht dann folgendes Bild (Abb. 2).

Der Schnittpunkt ist zeichnerisch in den meisten Fällen sehr schwer zu bestimmen, da der Schnittwinkel zu spitz ist. Analytisch erhält man den Schnittpunkt auf folgende Weise.

Bezeichnet man die Grenzbodenmenge mit Q' , den Aushubpreis für diese Grenze mit k' , so ist

$$k' = a_1 + \frac{C_1}{Q'} = a_2 + \frac{C_2}{Q'}$$

Daraus ergibt sich

$$Q' = \frac{C_2 - C_1}{a_1 - a_2},$$

d. h. die Grenzbodenmenge ist gleich dem Quotienten aus der Differenz der einmaligen Kosten in Pfennigen, dividiert durch die Differenz der Kosten a in Pfennigen für 1 cbm.

Als Beispiel mögen als Betriebsart I der Handbetrieb und als Betriebsart II der Trockenbaggerbetrieb verglichen werden.

Nimmt man an:

$$a_1 = 24 \text{ Pf.}, \quad a_2 = 18 \text{ Pf.}, \quad C_1 = 0 \text{ Pf.};$$

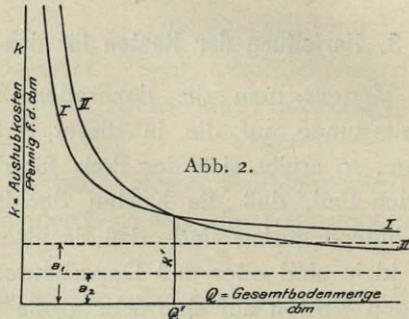
$$C_2 = 6000 \text{ Mark} = 600\,000 \text{ Pf.},$$

so ergibt sich als wirtschaftliche Grenze zwischen beiden eine Bodenmenge von

$$Q' = \frac{600\,000}{24 - 18} = \frac{600\,000}{6} = 100\,000 \text{ cbm.}$$

Falls es also möglich ist, für zwei Betriebsarten die Differenzen der Einrichtungskosten C und der Kosten a für den Aushub von 1 cbm zu bestimmen, so ist die wirtschaftliche Grenze der beiden Betriebsarten gegeben.

Diese Differenzen sind naturgemäß schwer genau zu bestimmen, besonders bei Handarbeit einerseits und Maschinenarbeit andererseits.



Sind beide Betriebsarten ähnliche Maschinenbetriebe, so wird ein großer Teil der Fehler bei der Subtraktion verschwinden. Falls jedoch bei der Berechnung der Kosten mit einiger Genauigkeit verfahren wird, dürfte das Ergebnis für die Praxis, die mit so viel nicht in Rechnung zu stellenden Nebenumständen zu rechnen hat, ausreichend genau sein. Immerhin führt diese Unsicherheit dazu, daß die Erdarbeitenunternehmer nicht bei der theoretischen Grenzbodenmenge vom Handbetrieb zum Maschinenbetrieb oder von einem Maschinenbetrieb zu einem verwickelteren übergehen, sondern daß sie diesen Uebergang erst bei einer um mindestens 10 bis 25 vH. größeren Bodenmenge ausführen.

Im folgenden sind nun die bereits früher (S. 17) ausgewählten Betriebsarten eingehender behandelt, um die für die Ermittlung der Kosten C und a nötigen Unterlagen zu schaffen.

Es zeigt sich dabei, daß ein großer Teil der Ausgaben in ganz erheblicher Weise schwankt und daher nur von erfahrenen Unternehmern einigermaßen zuverlässig für jeden einzelnen Fall abgeschätzt werden kann. Damit jedoch die vorliegenden Untersuchungen wenigstens eine einigermaßen zutreffende Vorstellung von der Bildung der Preise geben, sind den einzelnen Posten, aus denen sich die Kosten der Erdarbeiten zusammensetzen, soweit möglich, aus der Praxis entnommene Mittelwerte zugrunde gelegt. Es muß jedoch ausdrücklich gesagt werden, daß diese Mittelwerte mehr als Beispiele gedacht sind und daß sie bei wirklicher Anwendung den vorliegenden Verhältnissen entsprechend geändert werden müssen.

IV. Untersuchungen über einzelne in Deutschland besonders verwendete Bodengewinnungsarten.

A. Handbetrieb.

1. Allgemeines.

Wenn es sich darum handelt, mechanische Leistungen zu erreichen, ist der Mensch in neuerer Zeit bei weitem der teuerste Motor. Nach einer Zusammenstellung im Handbuch der Ingenieurwissenschaften (4. Aufl., 1. Teil, 2. Bd., S. 38) kosten im Durchschnitt 1000 mkg Nutzarbeit: durch Wasserkraft 0,04 Pf., Dampfkraft 0,14 Pf., Pferdekraft 0,58 Pf. und durch Menschenkraft 1,90 Pf. Daß die menschliche Kraft aber trotzdem mit den anderen Kraftarten in Wettbewerb treten kann, liegt daran, daß sie am vollkommensten ausgenutzt werden kann, daß sie nur Geld kostet, so lange sie wirklich gebraucht wird, daß sie insbesondere bei Nichtgebrauch keine Zinsen kostet.

Daraus, daß bei Handarbeit die Leistung selbst verhältnismäßig viel kostet, dagegen die dauernden, von der Leistung unabhängigen Kosten verschwindend gering sind, folgt, daß der mechanische Widerstand des Bodens gegen Lösung auf die Kosten der Handarbeit einen viel größeren Einfluß ausübt als auf die der Maschinenarbeit. Eine möglichst zuverlässige Klassifikation der Bodenarten ist daher gerade bei Erdarbeiten im Handbetriebe äußerst wichtig.

Die Gewinnung des Erdbodens läßt sich zerlegen in das Lösen (Auflockern) des Bodens und das Laden, d. h. das Werfen des gelösten Bodens in die Transportgefäße. Im allgemeinen läßt sich die Tätigkeit des Lösens und Ladens nicht trennen und es sind die

meisten verfügbaren Angaben über Erdarbeitsleistungen zusammen für das Lösen und Laden gemacht. Immerhin empfiehlt es sich, die Bildung des gesamten Gewinnungspreises getrennt aus den Kosten für das Lösen und für das Laden herzuleiten. Die Arbeitsleistungen und daher auch die Kosten, welche für das Lösen des Bodens erfordert werden, hängen vornehmlich von der Festigkeit des Bodens ab. Ganz loser Sand und dergleichen braucht überhaupt nicht gelockert zu werden und bei etwas festeren Bodenarten kommt die Lösungsarbeit nur dadurch zur Geltung, daß dem Einstechen der Schaufel beim Laden ein kleiner Widerstand entgegengesetzt wird. Noch festerer Boden muß vor der Benutzung der Schaufel oder des Spatens mit anderen Werkzeugen, Picken, Kreuzhacken, Keilen und dergleichen gelockert werden. Fester Fels wiederum muß mit Sprengmitteln aus seinem Gefüge gebracht werden. Während also bei der ersterwähnten Bodenart Lösungskosten überhaupt nicht entstehen, bei der zweiten nur durch Verringerung der Leistung in die Erscheinung treten, können und müssen bei den beiden anderen Bodenarten die Lösungskosten unmittelbar in Rechnung gestellt werden. Von den sieben Bodenklassen (s. S. 26) gehört zu der ersten Bodenart Klasse I, zu der zweiten Klasse II, zu der dritten die Klassen III, IV und V und zu der vierten Bodenart Klasse VI und VII.

Auch die Kosten für das Laden sind, wenn auch in geringerem Grade, abhängig von der Bodenart. Auch hier vermindern sich die Leistungen etwa mit der Festigkeit des Bodens. Die Gründe hierfür liegen erstens in der größeren Auflockerung der festeren Bodenarten, die eine größere Anzahl von Schaufelwürfen auf 1 cbm nötig macht, und zweitens in dem im allgemeinen höheren spezifischen Gewicht, das die festeren Bodenarten besitzen und durch das die mechanische Arbeit des Hebens vergrößert wird. Außerdem hängt naturgemäß die Leistung in hohem Grade von der Höhe der Transportwagen ab.

2. Leistungen.

Schon früher ist darauf hingewiesen worden, daß die Höhe der Leistungen nicht durch kurze Beobachtungen ermittelt werden kann, sondern daß die Ergebnisse größerer Arbeiten hierzu benutzt werden müssen. Ein wie falsches Bild man sonst erhalten kann, ergibt sich

daraus, daß nach Gillette ein Arbeiter in einer Stunde eine Bodenmenge von 4,6 cbm (6 Kubik-Yards) hat laden können, während die größte Durchschnittsleistung sonst auf 2 cbm in einer Stunde angegeben wird.

Die Ermittlung der Durchschnittsleistungen von Erdarbeitern in verschiedenen Bodenarten sind schon der Gegenstand zahlreicher Beobachtungen und Veröffentlichungen gewesen. Aus verschiedenen Gründen können die Angaben nicht genau übereinstimmen. Zieht man aber die zahlreichen Ursachen abweichender Ergebnisse in Betracht, so kann man wohl sagen, daß die Uebereinstimmung der zahlreichen Autoren überraschend günstig ist. Für den praktischen Gebrauch wird oft die Angabe einer oberen und einer unteren Grenze der Leistungen in verschiedenen Bodenarten angebracht sein, um auch innerhalb einer Bodenklasse die etwa in Frage stehende Bodenart noch verschieden bewerten zu können. Um jedoch für unsere Untersuchungen einfache Vergleichswerte zu schaffen, soll für jede Bodenklasse nur eine Durchschnittsleistung für Lösen und Laden angenommen werden. Gefunden soll dieser Durchschnittswert werden als der Durchschnitt aller Leistungsangaben für die Bodenklasse. Auf S. 33 befindet sich eine Zusammenstellung der dem Verfasser zugänglichen deutschen und ausländischen Angaben über Leistungen von Erdarbeitern. In der letzten Spalte ist die ermittelte Durchschnittszahl angegeben.

3. Kosten.

- a) Die einmaligen Kosten umfassen bei Handbetrieb:
1. Hin- und Rücktransport der Picken, Keile, Brechstangen, Meßgeräte, des Baubudenmaterials usw
 2. Aufstellung und Abbruch der Baubuden
 3. Allgemeine Unkosten.

Für die Berechnung des größten Teils dieser Ausgaben ist die Arbeiterzahl maßgebend. Bezeichnet man mit q die mittlere Leistung eines Arbeiters in einer Arbeitsstunde, mit n die Zahl der Arbeiter, mit s die tägliche Arbeitszeit, mit t die Zahl der Arbeitstage im Jahre und mit x den Prozentsatz der für Nebenarbeiten oder wegen

Leistungen eines Arbeiters in cbm für eine Arbeitsstunde.

	Deutschland		Oesterreich	Frankreich	Nordamerika				Durchschnitt
	Handbuch der Ing. IV. Auf. I, 2, S. 35	Streckert S. Becker B. Pleßner Pl.			Heyne	Pontzen	Gillette: Earthwork and its cost	Ancelin A. Cole Parker	
I. Loser Sand, Damm- erde usw.	1,11—2,00	S. 1,33—1,78 B. 1,67 Pl. 1,35—1,80	1,00	1,0—1,5	1,38—1,93	C. 0,96—1,62 P. 1,75	Cl. 1,54	1,11—1,43	1,45
II. Leichter Lehm, fet- ter Kies usw.	0,67—1,11	B. 1,11 Pl. 0,88	0,67	0,63—1,0	0,61—1,00	C. 0,77 A. 0,70—0,92	H. 0,88	0,56—0,77	0,82
III. Schwere Lehm und Ton, Mergel, fester grober Kies	0,44—0,67	B. 0,67	0,50	0,42—0,63	0,69	C. 0,65	B. 0,61		0,59
IV. Trümmergestein, Ge- rölle, kleinbrüchi- ger Schiefer usw.	0,30—0,44						B. 0,54	0,40—0,50	0,44
V. Felsen, welcher noch mit Spitzhacke und Brecheisen zu lö- sen ist	0,22—0,30		0,29					0,20—0,29	0,26
VI. Felsen, welcher ge- sprengt werd. muß	0,17—0,22		0,21		0,24—0,28			0,10—0,14	0,19
VII. Sehr fester, schwer schießbarer Felsen der ältesten For- mationen	0,10—0,17		0,13		0,18			0,07—0,09	0,12

vorübergehender Krankheit im Durchschnitt ausfallenden Arbeiter, so beträgt die Jahresleistung

$$Q = t \cdot s \cdot n \cdot q \left(1 - \frac{x}{100} \right).$$

Für 240 Arbeitstage im Jahre, bei 10 stündiger Arbeitszeit, bei 5 vH. Abgang für Nebenarbeiten und Kranke beträgt also für je 100 000 cbm Jahresleistung die Arbeiterzahl

$$n = \frac{100\,000}{240 \cdot 10 \cdot q \cdot 0,95} = \frac{43,86}{q}.$$

Bei einem Boden z. B. von Klasse II beträgt unter den obigen Annahmen die Arbeiterzahl für je 100 000 cbm Jahresleistung

$$n = \frac{43,86}{0,82} = 53,5, \text{ rd. } 54.$$

Die unter den ebenerwähnten Annahmen erforderlichen Arbeiterzahlen für je 100 000 cbm Jahresleistung sind für die verschiedenen Bodenklassen in die Zusammenstellung auf S. 36 aufgenommen.

Das Gesamtgewicht des Materials (s. umstehend 1.) wird im allgemeinen höchstens 1000 kg betragen. Der Eisenbahntransport auf 300 km kostet dann als Frachtgut 3,15 Mark für je 100 kg, für Hin- und Rückfracht also

$$63 \text{ Mark.}$$

Die Anfuhrr kostet (zweimal 1,2 und zweimal 2,5 Mark für je 1000 kg)

$$2 (1,2 + 2,5) \cdot \frac{1000}{1000} = 7,4 \text{ Mark.}$$

Zusammen für Hin- und Rücktransport

$$63,0 + 7,4 = 70,4 \text{ Mark.}$$

Die Kosten für Aufstellung und Abbruch der Baubuden für je 100 000 cbm Jahresleistung mögen 100 Mark betragen.

Die einmaligen Unkosten betragen dann

1. Hin- und Rücktransport	70,4 Mark
2. Baubude	100,0 „
3. Allgemeine Unkosten 20 vH.	34,6 „

zusammen 205,0 Mark

$$\text{oder auf 1 cbm } \frac{205 \cdot 100}{100\,000} = 0,205 \text{ Pf.} = \frac{1}{5} \text{ Pf.}$$

Falls Felsen gesprengt werden muß und Bohrgerät gebraucht wird, sind natürlich die einmaligen Kosten höher. Man ersieht aber aus obigem Beispiel, daß die auf die Kubikmeter verteilten einmaligen Kosten keinen nennenswerten Betrag ausmachen werden. Ihr Anteil soll deshalb unter die Allgemeinen Unkosten bei den dauernden Kosten gerechnet werden.

b) Die dauernden Kosten setzen sich zusammen aus:

1. Verzinsung der Geräte und der Baubuden,
2. Abnutzung der Geräte und der Baubuden,
3. Arbeitslöhnen,
4. Sprengmaterial,
5. Reparaturen der Geräte,
6. Allgemeine Unkosten.

Alle diese dauernden Kosten sind von der Bodenart abhängig. Leider sind nur sehr vereinzelte und zum Teil veraltete Veröffentlichungen über die Höhe dieser Ausgaben vorhanden. Nach dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften entstehen außer den Arbeitslöhnen, die in den leichtesten Bodenarten die einzigen Ausgaben sind, bei festeren Bodenarten nur Ausgaben für die Benutzung der Arbeitsgeräte, bei Arbeiten im Felsboden außerdem für die Bohrgeräte oder Bohrmaschinen und für die Sprengstoffe. Die Schaufeln und Spaten sind im allgemeinen von den Arbeitern mitzubringen und zu unterhalten, so daß weder für Verzinsung, noch für Abnutzung dieser Geräte ein Betrag zu rechnen ist. Die Kosten für Verzinsung, Abnutzung und Reparaturen der Geräte, die vom Unternehmer zu stellen sind, werden nach dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften folgendermaßen angenommen:

Bodenklasse I	—		
„ II	0,05	Mark	für 1 cbm
„ III	0,06	„ „	I „
„ IV	0,08	„ „	I „
„ V	0,10	„ „	I „
„ VI	0,10 bis 0,15	„ „	I „
„ VII	0,15 „ 0,20	„ „	I „

Die Kosten für Sprengstoffe sollen nach derselben Quelle betragen:

Bodenklasse VI	0,20 bis 0,30	Mark	für 1 cbm
„ VII	0,30 „ 0,40	„ „	I „

Diese Zahlen, die auf Zusammenstellungen zurückgehen, die Henz in seiner „Anleitung zum Erdbau“ gibt, sollen für die Gerätekosten mangels besserer Angaben zugrunde gelegt werden, der Verbrauch der Sprengmittel ist aber nach amerikanischen Quellen so bedeutend höher, daß der Einheitssatz geändert werden muß. Nach Gillette ist für 1 cbm Fels verbraucht worden:

	in sehr festem Kalkstein (Chicago-Kanal)	0,45 kg Dynamit
„	„	„ Basalt 0,42 „
„	„	„ Gneis 0,33 „

Wenn nun auch der große Sprengstoffverbrauch zum Teil zur Beschleunigung der Arbeiten gedient haben mag, so kann man wohl doch annehmen, daß ein Verbrauch von 0,3 kg Dynamit in Bodenklasse VII angemessen ist. Bei einem mittleren Dynamitpreise von 2,50 Mark für 1 kg frei Baustelle sind also die Kosten 75 Pf. Am Panamakanal, wo Fels der Bodenklasse VII gar nicht vorkommt, ist der durchschnittliche Dynamitverbrauch 0,36 kg für 1 cbm Fels. Auch hier wird der große Verbrauch zum Teil der Beschleunigung der Arbeiten dienen sollen. Ein Mehrverbrauch von

Zusammenstellung der Bodengewinnungskosten und der erforderlichen Arbeiterzahlen.

Boden- klasse	Durch- schnitts- leistung eines Arbeiters cbm in der Stunde	Kosten der Gewinnung in Pfennigen von 1 cbm Boden (Arbeitslohn 40 Pf. für die Stunde)					Arbeiterzahl für je 100 000 cbm Jahresleistung, 10 stündige Arbeitszeit und 240 Arbeits- tage
		Arbeits- lohn	Geräte	Spreng- stoffe	All- gemeine Unkosten 5 vH.	Gesamt- kosten	
I	1,45	28	—	—	2	30	30
II	0,82	49	5	—	3	57	54
III	0,59	68	6	—	4	78	74
IV	0,44	91	8	—	5	104	100
V	0,26	154	10	—	8	172	169
VI	0,19	210	15	38	13	276	231
VII	0,12	333	20	75	22	450	365

Sprengmitteln wird aber überhaupt bei gestiegenen Arbeitslöhnen wirtschaftlich, und es werden deshalb auch die Sprengmittelkosten in Bodenklasse VI, die auf Arbeiten vor etwa 40 Jahren zurückgehen, angemessen erhöht werden müssen. Es möge hier 0,15 kg Dynamit = 38 Pf angenommen werden. Die allgemeinen Unkosten mögen 5 vH. der vorher ermittelten Kosten betragen. Es ergibt sich dann vorstehende Zusammenstellung.

B. Trockenbaggerbetrieb.

1. Allgemeines.

Unter „Bagger“ schlechthin versteht man im allgemeinen eine Vorrichtung, welche Erdmassen unter Wasser löst und aus dem Wasser herausfördert. Von der in Europa hauptsächlich angewendeten Baggermaschine, dem schwimmenden „Eimerbagger“, wurde der Gedanke übernommen, eine ähnliche Maschine zu bauen, welche, anstatt auf dem Wasser zu schwimmen, sich auf Schienen zu bewegen und seitlich der Schienen befindlichen Boden zu lösen und in die Transportgeräte zu befördern vermag. Eine derartige Grabmaschine, ursprünglich vielfach „Exkavator“ genannt, wird jetzt allgemein als „Trockenbagger“ bezeichnet obwohl dieselbe eigentlich kein Bagger ist. Doch bezeichnet man keineswegs alle Grabmaschinen, die im Trockenen arbeiten, als Trockenbagger. Diese Bezeichnung wird vielmehr nur dem auf Schienen sich bewegenden Eimerleiterbagger beigelegt. Die sonst noch gebräuchlichen Grabmaschinen werden nach der Art ihres Arbeitens oder nach der Form ihrer Grabgefäße benannt, wie z. B. Greifbagger und Löffelbagger oder Dampfschaufel.

Nach diesem Sprachgebrauch soll auch in den vorliegenden Untersuchungen verfahren werden. Zur Vereinfachung soll im besonderen, falls nichts anderes erwähnt, unter Trockenbagger ein Exkavator, Typ B, der Lübecker Maschinenbaugesellschaft verstanden werden, wie er in den Abb. 3 und 4 dargestellt ist. Dieser Typ wird bei großen Bodenbewegungen neuerdings fast allgemein angewendet und es liegen über seinen Betrieb die meisten Erfahrungen vor. Vor anderen Ausführungsformen ist der Typ B hauptsächlich dadurch gekennzeichnet, daß er portalartig gebaut ist, so daß der Förderzug unter dem Trockenbagger hindurchfährt und dabei be-

laden wird, und daß die Dampfkraftanlage, welche eine erhebliche Stärke (bis zu 90 PS) entwickeln muß, fest eingebaut ist.

Es kann indessen vorkommen, daß Trockenbagger des vorerwähnten Typs statt mit selbsterzeugter Dampfkraft billiger mittels elektrischer Energie angetrieben werden, so daß die Dampfanlage entbehrlich wird. Von diesen Ausnahmefällen soll aber im Nachfolgenden der Einfachheit halber abgesehen werden.

2. Hoch- und Tiefbagger.

Die Trockenbagger können entweder als „Hochbagger“ (Abb. 3) Boden abgraben, welcher über ihrer Gleisebene sich befindet, oder als

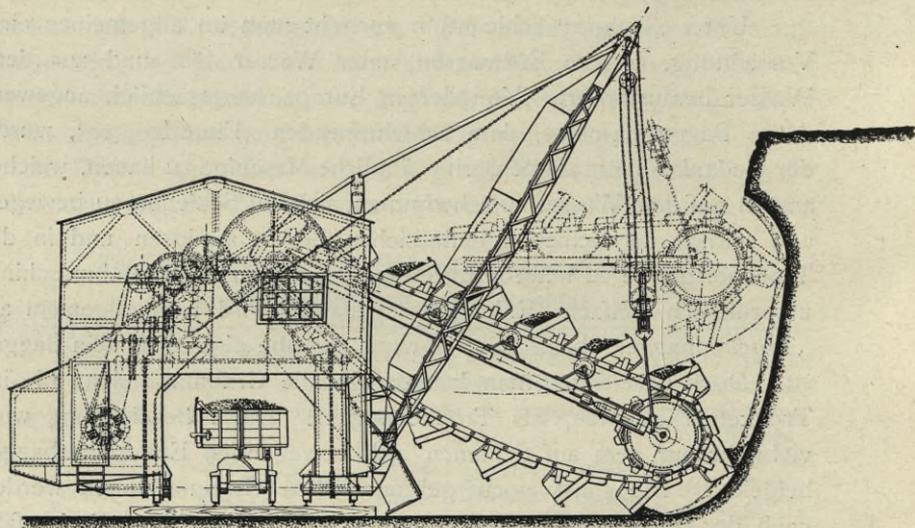


Abb. 3.

„Tiefbagger“ (Abb. 4) Boden fördern, der seitlich unterhalb der Gleisebene liegt. Soll der Bagger als Hochbagger arbeiten, so muß schon vorher eine tiefliegende ebene Fläche hergestellt werden, auf welcher die Gleise für die Bewegung des Baggers verlegt werden können. Dabei bedingt die Art des Arbeitsfortschritts eine beträchtliche Länge dieser Baggergleise. Falls z. B. ein Kanaleinschnitt mittels des Hochbaggers hergestellt werden soll, so muß zunächst in der ganzen Länge des Einschnitts ein Schlitz hergestellt werden, dessen Sohle tief genug liegt und breit genug ist, um die Baggergleise

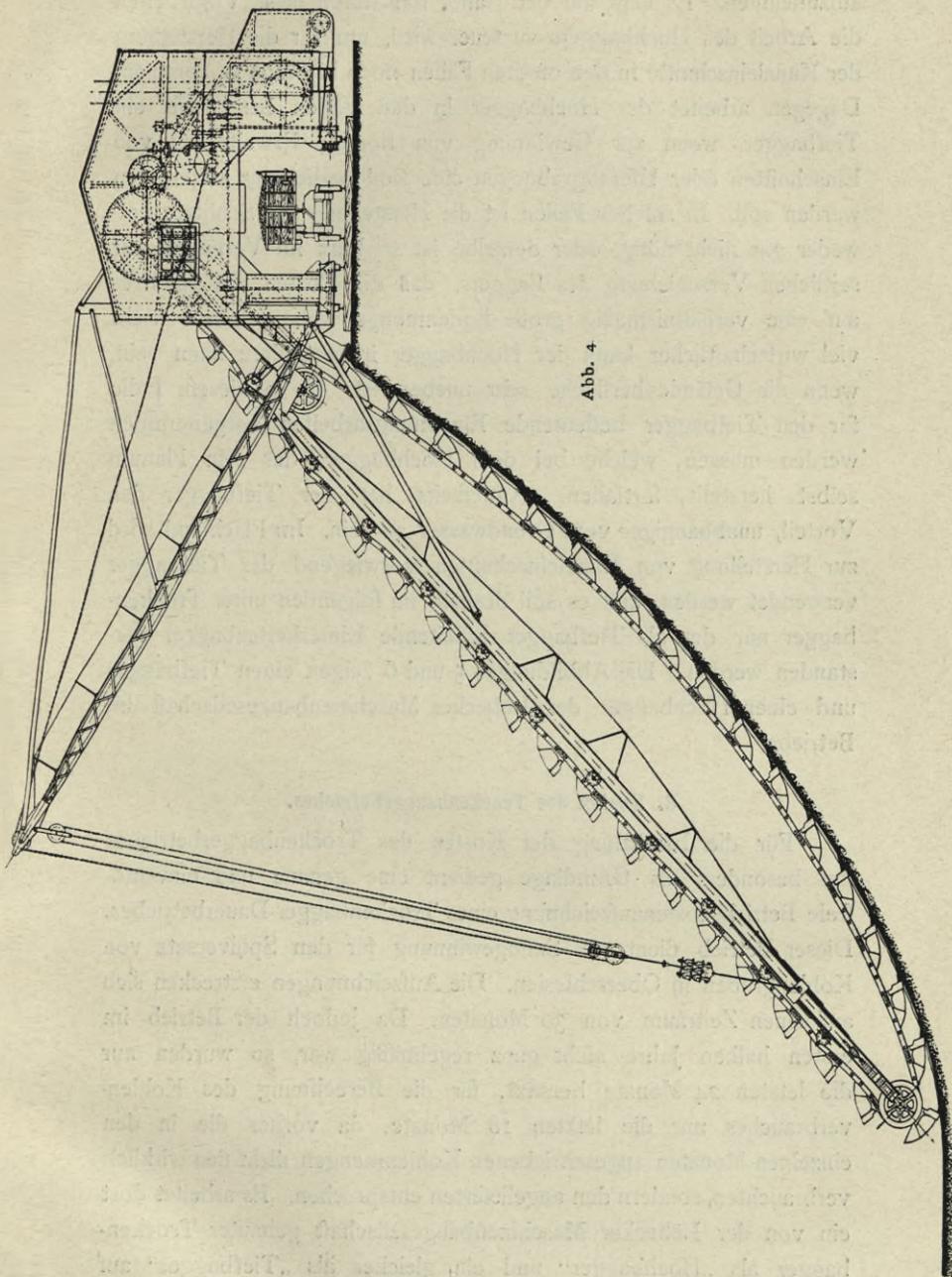


Abb. 4

aufzunehmen. Es liegt auf der Hand, daß durch diese Vorarbeiten die Arbeit des Hochbaggers zu teuer wird, um für die Herstellung der Kanaleinschnitte in den meisten Fällen noch in Frage zu kommen. Dagegen arbeitet der Hochbagger in den Fällen besser als ein Tiefbagger, wenn zur Gewinnung von Boden, Erweiterung von Einschnitten oder Uferabgrabungen eine Bodenerhebung abgetragen werden soll. In solchen Fällen ist die Herstellung des Schlitzes entweder gar nicht nötig, oder derselbe ist so kurz im Verhältnis zur seitlichen Verschiebung des Baggers, daß die Kosten des Schlitzes auf eine verhältnismäßig große Bodenmenge sich verteilen. Sehr viel wirtschaftlicher kann der Hochbagger insbesondere dann sein, wenn die Geländeoberfläche sehr uneben ist, da in diesem Falle für den Tiefbagger bedeutende Einebnungsarbeiten vorgenommen werden müssen, welche bei dem Hochbagger, der sein Planum selbst herstellt, fortfallen. Andererseits hat der Tiefbagger den Vorteil, unabhängiger vom Grundwasser zu sein. Im Flachland wird zur Herstellung von Kanaleinschnitten vorwiegend der Tiefbagger verwendet werden, und es soll deshalb im folgenden unter Trockenbagger nur der als Tiefbagger arbeitende Eimerkettenbagger verstanden werden. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen einen Tiefbagger und einen Hochbagger der Lübecker Maschinenbaugesellschaft im Betriebe.

3. Kosten des Trockenbaggerbetriebes.

Für die Ermittlung der Kosten des Trockenbaggerbetriebes hat besonders als Grundlage gedient eine genaue und einwandfreie Betriebskostenaufzeichnung eines Trockenbagger-Dauerbetriebes. Dieser Betrieb dient zur Sandgewinnung für den Spülversatz von Kohlengruben in Oberschlesien. Die Aufzeichnungen erstrecken sich auf einen Zeitraum von 30 Monaten. Da jedoch der Betrieb im ersten halben Jahre nicht ganz regelmäßig war, so wurden nur die letzten 24 Monate benutzt, für die Berechnung des Kohlenverbrauches nur die letzten 18 Monate, da vorher die in den einzelnen Monaten angeschriebenen Kohlenmengen nicht den wirklich verbrauchten, sondern den angelieferten entsprechen. Es arbeitet dort ein von der Lübecker Maschinenbaugesellschaft gebauter Trockenbagger als „Hochbagger“ und ein gleicher als „Tiefbagger“ auf demselben Planum. Die Förderung der gewonnenen Sandmassen



Abb. 5.

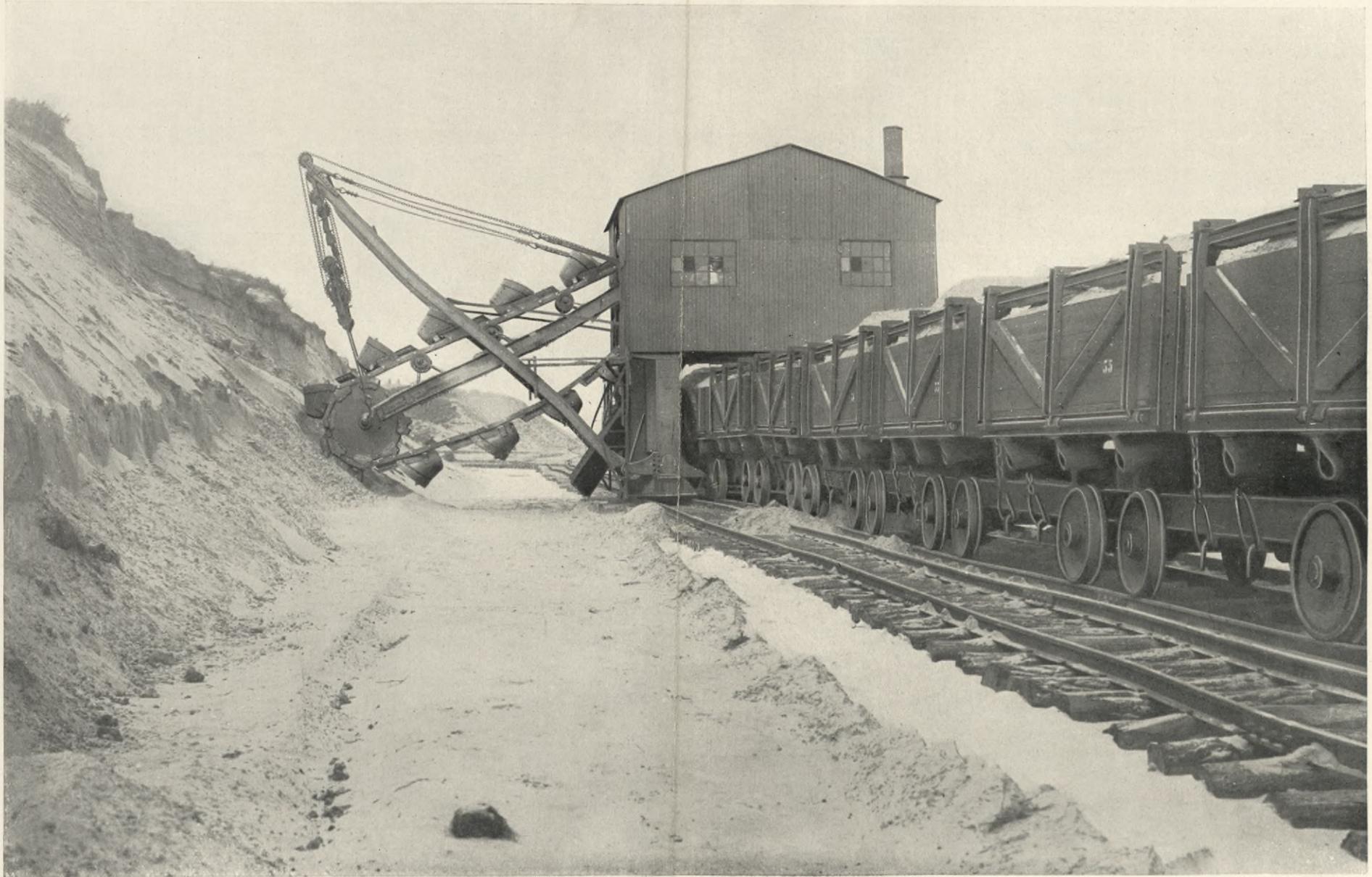


Abb. 6.

geschieht auf einer sehr leistungsfähigen normalspurigen Eisenbahn mit Selbstentladewagen von 20 t Tragfähigkeit. Die beim Baubetrieb oft unvermeidlichen Unterbrechungen des Baggerbetriebes durch Aussetzen der Förderung treten in diesem Falle in viel geringerem Umfange ein, und da hier außerdem zwei Baggerapparate gleichzeitig arbeiten, so ergibt sich ein recht zuverlässiges Bild der durchschnittlichen Ausgaben eines Dauerbetriebes. Inwieweit die hier gewonnenen Zahlen auch für den Baubetrieb Anwendung finden können, wird weiter unten näher erörtert werden.

Ueber die Kosten des Trockenbaggerbetriebes bei größeren Erdbauten sind ähnliche genaue Aufzeichnungen nicht erhältlich. Es haben aber dem Verfasser zahlreiche Auskünfte erfahrener Erdarbeitenunternehmer über Einzelfragen zur Verfügung gestanden.

Die Bestandteile der Kosten des Trockenbaggerbetriebes, die, wie früher erörtert, sich aus einmaligen und dauernden zusammensetzen, sollen im folgenden einzeln besprochen und es sollen für Vergleichszwecke brauchbare Durchschnittswerte ermittelt werden.

I. Einmalige Kosten für Einrichtung eines Trockenbaggerbetriebes.

1. Anfuhr zur Bahn.

Das Gewicht des Trockenbaggers beträgt etwa 70 t. Die Anfuhr vom Lagerplatz des Unternehmers zum nächsten Bahnhof auf etwa 2 km Entfernung kostet nach diesbezüglichen Erkundigungen etwa 1,20 Mark für 1 t.

2. Fracht.

Die Fracht für Baugeräte wird auf den preußischen Staatsbahnen nach dem Spezialtarif I berechnet. Sie beträgt danach auf der als Durchschnitt angenommenen Entfernung von 300 km 14,7 Mark für 1 t.

3. Anfuhr zur Baustelle.

Die Kosten der Anfuhr von der Bahn zur Baustelle auf 10 km Durchschnittsentfernung über verschiedenartige Wege dürften nach Erkundigungen etwa 2,5 Mark für 1 t betragen.

4. Zusammenbauen des Baggers, erstmaliges Einebnen des Planums und Vorstrecken der Baggergleise.

Ueber die Kosten des Zusammenbauens schwanken die Angaben zwischen 800 und 1400 Mark. Als brauchbaren Mittelwert kann man annehmen, daß zum Zusammenbauen nötig sind

225 Arbeiterschichten je 4 Mark	=	900	Mark
50 Monteurschichten „ 6 „	=	300	„
		zusammen 1200 Mark.	

Die Kosten für das Einebnen des Gleisplanums schwanken naturgemäß je nach der Beschaffenheit der Geländeoberfläche und des Bodens. Als ungefähren Mittelwert im Flachlande kann man vielleicht 200 Mark (50 Tagelöhnerschichten zu je 4 Mark) rechnen. Das erstmalige Vorstrecken der Baggergleise erfordert etwa

6 Vorarbeitertagewerke je 6 Mark	=	36	Mark
141 Arbeitertagewerke „ 4 „	=	564	„
		zusammen 600 Mark.	

5. Auseinandernehmen.

Die Kosten des Auseinandernehmens werden als etwas mehr als halb so hoch wie die für das Zusammenbauen angegeben. Sie mögen daher mit 700 Mark angesetzt werden.

6. bis 8. Rückbeförderung des Gerätes.

Die Kosten berechnen sich ebenso wie die des Transportes vom Lagerplatz zur Baustelle.

9. Zinsverlust beim Transport.

Während des Transportes zur und von der Baustelle, des Zusammenbauens und des Auseinandernehmens muß die Verzinsung und eine mäßige Abschreibung des Trockenbaggers der Arbeit zur Last geschrieben werden, falls diese Arbeiten nicht in die beiden zur Verzinsung und Abschreibung gar nicht beitragenden Frostmonate fallen. Es soll aber damit gerechnet werden, daß sie, wie es meist der Fall sein wird, in die übrigen Arbeitsmonate fallen. Die Zeit für die Transporte und für das Zusammenbauen und Auseinandernehmen beträgt etwa 30 Tage. Bei einem Werte des Baggers einschließlich Zubehör von 69 000 Mark und einem Satz

von 6 vH. Zinsen und 4 vH. Abschreibung betragen diese Kosten

$$\frac{69\,000 \cdot 10}{100 \cdot 12} = 575 \text{ Mark.}$$

10. Allgemeine Unkosten.

Unter die allgemeinen Unkosten sollen noch alle in vorigen Sätzen nicht enthaltenen einmaligen Kosten zusammengefaßt werden, die natürlich in jedem Falle verschieden sein werden und deren wahrscheinlicher Mittelwert deshalb nur geschätzt werden kann. Hierunter fallen die Beschädigungen und Verluste von Baggerteilen während der Transporte, des Zusammenbauens und des Auseinandernehmens, Kosten für das etwaige Vorhalten einer Baubude, Wasserbehälter usw., für Beaufsichtigung während des Auf- und Abladens, des Zusammenbauens und des Auseinandernehmens, für die Verzögerungen und die unwirtschaftliche Arbeit des Trockenbaggers bei Herstellung des ersten Schlitzes und sonstige unvorhergesehene einmalige Ausgaben. Die Gesamtsumme dieser Kosten soll hier mit 20 vH. der Ausgaben unter 1. bis 9. angenommen werden.

Zusammenstellung.

Es ergeben sich hiernach die einmaligen Kosten für die Einrichtung des Baggerbetriebes laut nachfolgender Zusammenstellung:

Einmalige Ausgaben.

1. Anfuhr zur Bahn	70 · 1,2 Mark	84 Mark
2. Fracht	70 · 14,70 Mark	1029 „
3. Anfuhr zur Baustelle	70 · 2,5 Mark	175 „
4. Zusammenbauen	1200 „	
Einebnen	200 „	
Gleisvorstrecken	600 „	
5. Auseinandernehmen	700 „	
6. Anfuhr zur Bahn	175 „	
7. Fracht	1029 „	
8. Anfuhr zum Lagerplatz	84 „	
9. Zinsverlust	575 „	
10. Allgemeine Ausgaben	1149 „	
	zusammen	<u>7000 Mark.</u>

II. Dauernde Kosten.

1. Verzinsung des Baggerapparates.

Die Anschaffungskosten einer Trockenbaggeranlage betragen:

für den Bagger selbst	50 000	Mark
„ Kohlen- und Wasserwagen	3 300	„
„ Baggergleise (nach Forchheimer) <u>15 700</u> „		
zusammen	69 000	Mark.

Nach den bereits früher gemachten Annahmen betragen die sechsprozentigen Zinsen hierfür, d. h. für die Arbeitsstunde bei 220 Arbeitstagen zu je 10 Stunden

$$69\,000 \cdot \frac{6}{100} \cdot \frac{1}{220 \cdot 10} = 1,88 \text{ Mark.}$$

2. Abschreibung auf Entwertung.

Der Abschreibungssatz möge betragen:

10 vH. für den Bagger selbst,
6 „ „ Wagen und Gleise.

Die Kosten der Abschreibung für die Arbeitsstunde würden sich dann berechnen auf:

$$\left(50\,000 \cdot \frac{10}{100} + 19\,000 \cdot \frac{6}{100} \right) \cdot \frac{1}{220 \cdot 10} = 2,79 \text{ Mark.}$$

3a. Arbeitslöhne.

Abgesehen von den Mannschaften für das Gleisrücken, von denen später die Rede sein soll, besteht die Besetzung eines Trockenbaggers aus:

- 1 Baggerführer,
- 1 Maschinenführer,
- 1 Maschinenheizer,
- 1 bis 2 Hilfsarbeitern zum Heranschieben des Wasserwagens, zur Hilfe beim Kohlennehmen, Freimachen des Baggergleises von dem zur Seite gefallenem Boden, Oelen der Lager, Beseitigen von Hindernissen usw.

Der Baggerführer und der Maschinenführer werden gewöhnlich monatlich bezahlt und es erhalten in Norddeutschland:

ein Baggerführer	etwa 150	Mark
„ Maschinenführer	„ 130	„

Nach den weiter oben (S. 21) bereits gemachten Annahmen entfallen auf den Monat (mit Ausnahme der beiden Frostmonate von 60 Tagen)

$$30 \cdot \frac{220}{365 - 60} = 21,6 \text{ Arbeitstage}$$

oder 216 Arbeitsstunden. Die Vergütung für die Arbeitsstunde beträgt daher

für den Baggerführer $150/216 = 0,70$ Mark
 „ „ Maschinenführer $130/216 = 0,60$ „

Der Heizer und der Hilfsarbeiter werden im Tagelohn bezahlt. Der Heizer möge 0,45 Mark und die Hilfsarbeiter je 0,40 Mark für die Arbeitsstunde erhalten. Die Gesamtkosten für Arbeitslöhne betragen darnach für die Stunde:

1 Baggerführer	0,70	Mark
1 Maschinenführer	0,60	„
1 Heizer	0,45	„
2 Hilfsarbeiter 2 · 0,40 Mark	0,80	„
	<hr/>	
	zusammen	2,55 Mark.

3b Gleisrücken.

Den größten Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Trockenbaggerbetriebes haben nicht etwa die Kosten für die Verzinsung und Tilgung des aufgewendeten Kapitals, auch nicht die Ausgaben für Kohlen, sondern die Kosten für das Unterhalten und Verschieben der Baggergleise. Da diese Kosten nun je nach der Bodenbeschaffenheit stark wechseln (z. B. im Lehm größer sind als im Sand), umgekehrt proportional der Baggertiefe und annähernd proportional der Leistungsfähigkeit des Trockenbaggers sich verhalten, so ist es sehr schwer, brauchbare Mittelwerte für die Kosten des Gleisrückens für die vorliegenden Untersuchungen aufzustellen. In diesbezüglichen Rentabilitätsberechnungen wird gewöhnlich eine bestimmte Durchschnittszahl von Arbeitern, mindestens 10, als erforderlich für das Gleisrücken und weitere Nebenarbeiten, z. B. Beseitigen von Findlingen, Wurzeln, Planieren des Baggergleisplanums (soweit bei unebenem Boden hierfür nicht ein besonderer Schacht eingestellt werden muß) angenommen. Die Zahl der nötigen Arbeiter wird je nach der Bodenbeschaffenheit stark wechseln. Jeder Arbeiter, welcher

für das Gleisrücken mehr eingestellt werden muß, verteuert nun aber im Sandboden bei 200 cbm stündlicher Baggerleistung und 0,40 Mark Stundenlohn die Baggerkosten um $\frac{0,40}{200} = 0,2 = \frac{1}{5}$ Pf. für 1 cbm.

Im Lehm Boden, wo die Vermehrung der Gleisrückmannschaften noch eher erforderlich wird als im Sandboden, ist die stündliche Baggerleistung nur etwa halb so groß, und die Baggerkosten werden daher durch jeden mehr eingestellten Arbeiter bei einer Stundenleistung von 120 cbm um $\frac{0,40}{120} = 0,33 = \frac{1}{3}$ Pf. für 1 cbm verteuert.

Eine Gleisrückkolonne von 20 Mann ist gar nichts Ungewöhnliches. In diesem Falle würden allein die Kosten des Gleisrückens im Lehm Boden $20 \cdot \frac{1}{3} = 6,7$ Pf. ausmachen. Wie schon oben erwähnt, ist es aus diesen Gründen unmöglich, einen Mittelwert für die Kosten des Gleisrückens anzunehmen und es muß die Zahl n der erforderlichen Arbeiter je nach den vorliegenden Verhältnissen geschätzt werden.

Bei 6 m Baggertiefe, 20 Arbeitern zu je 40 Pf. für 1 Stunde, 1000 m Gleislänge entspricht einer Verschiebung um 1,20 m eine Bodenmenge von $1000 \cdot 6 \cdot 1,2 = 7200$ cbm, deren Gewinnung bei 120 cbm Stundenleistung im Lehm Boden 60 Stunden dauert. Es kostet also die Verschiebung von 1000 m Gleis $20 \cdot 60 \cdot 40$ Pf. = 48 000 Pf. oder die Bewegung von 1 m Gleis um 1,20 m = 48 Pf., um 1,00 m = 40 Pf.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Einführung von Maschinenarbeit zum Verschieben des Baggergleises zu erheblichen Ersparnissen führt. Hat sich doch schon zur Verschiebung von einfachen Gleisen auf den Kippstellen beim Bau des Panamakanals eine zu diesem Zwecke neu erbaute, kranartige Maschine (track throwing machine) außerordentlich bewährt. Nach Eng. News, Vol. 57, Nr. 24, S. 635, 13. Juni 1907 kostete 1 lfd. m Gleis 1,20 m seitlich zu verschieben mit Verwendung dieser Maschine nur 6,9 Pf., während es mit Handarbeit 117 Pf., also das 17fache kostete. Allerdings sind bei der Maschinenarbeit nur die Betriebskosten ohne die Verzinsung und Tilgung berechnet und auch die Arbeitslöhne sind von den unsrigen sehr verschieden. Immerhin ist wohl eine erhebliche Ersparnis vorhanden.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß bei dem aus fünf Schienen bestehenden, sehr schwer beweglichen Baggergleis der Vorsprung der Maschinenarbeit noch erheblicher sein wird als bei dem zweiseitigen Gleis. Da aber Versuche hiermit noch nicht bekannt geworden sind, so soll bei den vorliegenden Untersuchungen die Verwendung von Maschinen zum Gleisrücken nicht weiter erörtert werden.

4. Kohlenverbrauch.

Die für den Trockenbaggerbetrieb benötigte Energiemenge hängt neben dem Alter und dem Grade der Instandhaltung der Maschinen, der Sorgfalt der Bedienung, den geschickten Dispositionen für möglichst ununterbrochenen Betrieb hauptsächlich ab von der Baggertiefe und von der Bodenbeschaffenheit. Da wir hier durchgängig mit einer mittleren Baggertiefe von etwa 6 m unter dem Baggergleis rechnen wollen, so bleibt in erster Linie die Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit. Leider liegen über die Abhängigkeit des Kohlenverbrauchs von der Bodenbeschaffenheit Versuchsergebnisse nicht vor. Der Kohlenverbrauch, für 1 cbm Boden berechnet, ist jedenfalls je nach der Bodenbeschaffenheit erheblich verschieden. Berechnet man jedoch den Kohlenverbrauch in der Zeiteinheit, so ergibt sich, daß die Mehrkosten des Lösens im schweren Boden dadurch wieder aufgehoben werden, daß der Bagger langsamer geht und daher sowohl die Lösungs- als auch die Hebearbeit in der Zeiteinheit geringer wird. Ja, bei gleichmäßigem, nicht stoßweisem Betrieb des Baggers ist sogar theoretisch die Leistung und daher auch der Kohlenverbrauch der Maschine für die Zeiteinheit gleich, was für Boden auch gefördert wird. Man kann nämlich annehmen, daß die Maschine in jedem Boden dauernd mit der zulässigen mittleren Pferdekraftzahl beansprucht wird*) und die Verschiedenartigkeit des Bodens nur die Schnelligkeit der Bewegung und den Füllungsgrad der Eimer beeinflußt. Einer gleichen Leistung in Pferdestunden entspricht aber die gleiche Kohlenmenge. Nach dieser Ueberlegung ist es im allgemeinen zulässig, den Kohlenverbrauch

*) Dies darf natürlich nicht die Höchstleistung sein, da immer noch ein Spielraum für etwaige Stöße und Hindernisse übrig bleiben muß, auch eine Dampfmaschine, dauernd mit der Höchstleistung beansprucht, unwirtschaftlich arbeitet und zu schnell abgenutzt wird.

in der Zeiteinheit als unabhängig von der Bodenbeschaffenheit zu betrachten, wie das auch bisher in allen Untersuchungen über den Trockenbaggerbetrieb geschehen ist. Diese Gleichmäßigkeit im Kohlenverbrauch wird auch dadurch noch vermehrt, daß die Kohlenmengen, die während der Nacht und der Arbeitspausen verbrennen, die zum Pumpen des Speisewassers, zur Fortbewegung des Baggers und zum Heben der Baggerleiter dienen, bei jeder Bodenbeschaffenheit dieselben sind.

Es ist selbstverständlich, daß bei gut geleiteten Betrieben der Kohlenverbrauch für den Tag hoch ist, die Leistung allerdings entsprechend noch höher. Nach den Angaben von Forchheimer ist der Kohlenverbrauch eines Trockenbaggers in 10 Stunden 1800 kg. Die schon mehrfach erwähnten beiden oberschlesischen Trockenbagger verbrauchten für Tag und Bagger im Durchschnitt von 18 Monaten 2175 kg bei einer durchschnittlichen Leistung für den Tag und Bagger von 1886 cbm schwach lehmigem Sandboden. Der Kohlenverbrauch für 1 cbm geförderten Boden betrug also 1,15 kg. Bei Erdarbeiten, die gewöhnlich nicht mit derselben Baggerausnutzung arbeiten, wie der oberschlesische Dauerbetrieb, wird der Kraft- und Kohlenverbrauch in der Zeiteinheit gewöhnlich etwas geringer sein, sich also den Forchheimerschen Angaben nähern.

Als Durchschnittskohlenverbrauch wird man darnach für den Tag und Bagger bei Erdarbeiten etwa 2000 kg annehmen können.

Nach der Berechnung S. 23 sollen als Kohlenpreis frei Baustelle 18,5 Mark für 1000 kg angenommen werden. Die Kosten der Kohlen für die Arbeitsstunde betragen also:

$$\frac{2 \cdot 18,5}{10} = 3,70 \text{ Mark.}$$

5. Schmier- und Putzmittel.

In dem mehrerwähnten oberschlesischen Dauerbetrieb betragen die Ausgaben für Putz- und Schmiermittel zwischen 1,50 und 2,70 Mark, im Durchschnitt 1,94 Mark für den Tag. Nach anderweiten Angaben soll er 2 Mark für den Tag betragen. Diese letztere Angabe soll auch hier benutzt werden.

Die Kosten für die Beschaffung des Kesselspeisewassers sind naturgemäß sehr verschieden. Bei der Herstellung des Bremer Freihafens, über den Forchheimer berichtet, wurden in 12 Stunden für

3 Mark Wasser verbraucht, in Oberschlesien durchschnittlich für 2,35 Mark (Durchschnitt von 18 Monaten). Es soll hier mit einem Preise von 2,50 Mark für den Tag gerechnet werden.

6. Reparaturen.

Die Kosten der Reparaturen der Trockenbagger sind naturgemäß am allerschwierigsten zu schätzen. Teilweise ist die Unsicherheit objektiv begründet. So hat die Beschaffenheit des geförderten Bodens einen ausschlaggebenden Einfluß. Schwerer Boden kann Beschädigungen der Maschinenteile durch Stöße und Ueberanstrengungen hervorrufen. Die größten Reparaturkosten treten aber trotzdem nicht etwa bei schwer zu lösendem Boden auf, sondern bei Sandboden. Je schärfer nämlich der Sand ist, desto mehr greift er nicht nur die Schneiden der Eimer, sondern auch alle anderen Maschinenteile an, mit denen er zufällig zusammenkommt, besonders Lager und Zahnräder. Eine vollständig sanddichte Abschließung aller empfindlichen Teile würde eine derartige Gewichtsvermehrung des Trockenbaggers bedingen, daß seine Beweglichkeit allzusehr behindert würde. Es müssen dafür lieber die recht erheblichen Reparatur- und Erneuerungskosten in Kauf genommen werden. Sehr große Reparatur- und Erneuerungskosten führen natürlich Hindernisse aller Art, besonders Findlinge, Wurzeln, grobe Kiesschichten herbei. Besonders wenn sie unerwartet angetroffen werden, können sie sehr leicht zu recht erheblichen Beschädigungen wichtiger Baggerteile führen. Einen großen Einfluß auf die Reparaturkosten hat weiter das Alter und der Zustand des Baggergeräts. Bereits abgenutzte Teile werden natürlich viel eher Stößen und anderen Unregelmäßigkeiten zum Opfer fallen und andererseits bewirken auch die Atmosphärien eine allmähliche Schwächung aller Teile. Während diese Abhängigkeiten der Reparaturkosten von der geförderten Bodenart und von dem Lebensalter des Trockenbaggers sich feststellen lassen und in Rechnung gestellt werden können, entzieht sich der Einfluß der Instandhaltung, Wartung und Beaufsichtigung der Maschine vollständig der Schätzung.

Diese Unsicherheit in der Schätzung der Reparaturkosten ist der Grund für den großen Widerstreit, in dem die von den Bagger liefernden Firmen angegebenen Zahlen für die Gesamtkosten des Trockenbaggerbetriebes mit den tatsächlich später eingetretenen

Unkosten oft stehen. Der Prospekt der Lübecker Maschinenbau-gesellschaft gibt z. B. die Kosten der Reparaturen für 1 cbm Bagger-gut zu durchschnittlich 1,3 Pf. an. Die beiden Bagger in Ober-schlesien erforderten aber bereits im zweiten Jahre allein an Ersatz-teilen, ohne die nicht von den Maschinisten und Heizern ausgeführten Werkstattarbeiten 2,83 Pf./cbm, im nächsten Halbjahre 3,55 Pf./cbm. In diesem Falle waren jedenfalls die Dispositionen der Verwaltung und die Beaufsichtigung nicht zu tadeln, die Anstrengung der Maschinen wegen des Dauerbetriebes, auch während des Winters, allerdings auch erheblich. Die Angaben der Erdarbeitenunternehmer über die Kosten der Reparaturen schwanken zwischen 1 und 10 Pf. für 1 cbm Baggergut. Ein Unternehmer mit größeren Erfahrungen im Trockenbaggerbetrieb gibt an, daß die Reparaturkosten betragen

in den ersten 5 Jahren	10 vH.	der Anschaffungskosten
„ „ zweiten 5 „	12 bis 15 vH.	„ „
„ „ dritten 5 „	16 „ 20 „	„ „

Bei einem Baggerpreis von 50 000 Mark und bei einer Förde-rung in 220 Arbeitstagen von je 2000 · 220 cbm = 440 000 cbm Sand bzw. 1500 · 220 cbm = 330 000 cbm Lehm würden danach die Reparaturkosten für 1 cbm Baggergut betragen

	Sand	Lehm
in den ersten 5 Jahren	1,14	1,52 Pf./cbm
„ „ zweiten 5 „	1,37 bis 1,71	1,82 bis 2,27 „
„ „ dritten 5 „	1,82 „ 2,27	2,43 „ 3,03 „

Nach den Angaben eines anderen Erdarbeitenunternehmers betragen die Reparaturkosten im Durchschnitt:

3 bis 4 Pf. für 1 cbm Sandboden
2 „ 3 „ „ 1 „ Lehm Boden.

Pontzen*) gibt eine genaue Zusammenstellung der Kosten für eine Trockenbaggerarbeit von 34 Monaten Dauer und 1,36 Millionen cbm Gesamtleistung. Danach betragen die Ausgaben für Unterhaltung und Reparaturen des Baggers 0,072 Fr. (= 5,76 Pf.) für 1 cbm. Die durchschnittliche Stundenleistung betrug 180 cbm, die Ausgaben

*) Pontzen, Procédés généraux de construction. Travaux de terrassement etc. Paris 1891.

für Reparaturen also $180 \cdot 0,072 = 12,96$ Fr. = 10,37 Mark für die Arbeitsstunde.

Aus diesen Mitteilungen ergibt sich, daß sich Angaben über die Durchschnittskosten der Reparaturen von Trockenbaggern nicht machen lassen, daß es vielmehr dem erfahrenen Erdarbeitenunternehmer überlassen bleiben muß, für die Reparaturkosten je nach der Beschaffenheit des Geräts und der Bodenbeschaffenheit einen Satz anzunehmen, der von 1 bis 10 Pf./cbm schwanken wird. Bei der Unsicherheit gerade in diesem Posten wird er nicht vorsichtig genug rechnen dürfen. Um aber eine Vervollständigung unserer bisher gefundenen Kosten zu erreichen, wollen wir auch für die Kosten der Reparaturen eine Annahme machen. Sie mögen 0,03 Mark für 1 cbm geförderten Boden betragen. Die Kosten der Reparaturen für die Stunde Arbeitszeit sind daher je nach der Leistung verschieden und betragen bei einer Leistung von 120 cbm Lehm- boden 3,6, von 200 cbm Sandboden 6 Mark.

7. Allgemeine Unkosten.

Die allgemeinen Unkosten sollen auf 10 vH. der unter 1 bis 6 ermittelten dauernden Kosten angenommen werden.

Hiernach ergibt sich die nachfolgende Zusammenstellung für die dauernden Betriebsausgaben.

Dauernde Ausgaben.

	Mark für die Stunde			
	Lehmboden		Sandboden	
	(120 cbm Stundenleistung)		(200 cbm Stundenleistung)	
	10 Gleis- rücken	20 Gleis- rücken	10 Gleis- rücken	20 Gleis- rücken
1. Verzinsung	1,88	1,88	1,88	1,88
2. Abschreibung	2,79	2,79	2,79	2,79
3. a) Arbeitslöhne: Bagger	2,55	2,55	2,55	2,55
b) Gleisrücken	4,00	8,00	4,00	8,00
4. Kohlenverbrauch	3,70	3,70	3,70	3,70
5. Schmier- und Putzmittel	0,20	0,20	0,20	0,20
Wasser (1½ cbm)	0,25	0,25	0,25	0,25
6. Reparaturen	3,60	3,60	6,00	6,00
7. Allgemeine Unkosten	1,88	2,28	2,13	2,93
zusammen f. d. Std.	20,85	25,25	23,50	27,90

4. Leistungen.

Die Bestimmung der von einem Trockenbagger in einer Bodenart zu erwartenden durchschnittlichen Stundenleistung kann nur auf Grund der Erfahrung und nach Berücksichtigung aller Verhältnisse geschehen. Wie groß die theoretische Leistung ist, läßt sich aus dem Eimerinhalt und der Geschwindigkeit der Eimerkette annähernd berechnen, über besonders große Leistungen der gewählten Baggergattung werden Mitteilungen gemacht; die für die ganze Arbeit wahrscheinliche DurchschnittsStundenleistung kann aber nur geschätzt werden. Wie starke Schwankungen in den Leistungen vorkommen, zeigt die Abb. 7, die die Leistungen der Trockenbagger im Hohenhörner Einschnitt des Kaiser-Wilhelm-Kanals darstellt. *)

Pontzen rechnet für einen Couvreux-Trockenbagger theoretisch 229,5 cbm, in Wirklichkeit 150 cbm in der Stunde, also 65 vH. der theoretischen Leistung.

Die theoretische Leistung eines Trockenbaggers Typ B der Lübecker Maschinenbaugesellschaft ist nach dem Prospekt 288 cbm (0,24 cbm Eimerinhalt, 20 Eimer in der Minute), nach Mitteilung von Fülcher 207 bis 234 cbm (0,23 cbm Eimerinhalt, 15 bis 17 Eimer in der Minute). In Sandboden soll der Trockenbagger nach dem Prospekt der Gesellschaft 240 cbm, nach Mitteilungen von Großunternehmern 160 bis 240, im Durchschnitt 195 cbm, nach den Ergebnissen in Oberschlesien 190 cbm in der Stunde leisten. 195 cbm würden 68 vH. der von der Gesellschaft angegebenen theoretischen Stundenleistung sein.

Für die Arbeit im Lehmboden schwanken die dem Verfasser vorliegenden Angaben der Unternehmer zwischen 80 und 150 cbm Stundenleistung. Der Durchschnitt beträgt 120 cbm. Die Gesellschaft gibt 160 cbm an. In grobem Sand und Kies beträgt nach Forchheimer die mittlere Stundenleistung 103 cbm, in Kreide nach dem Prospekt 80 cbm.

Stellt man diese Durchschnittsleistungen des Trockenbaggers nach den früher (S. 26) bestimmten Bodenklassen zusammen, so ergibt sich etwa folgendes:

*) Aus der Zeitschrift für Bauwesen 1896, S. 518.

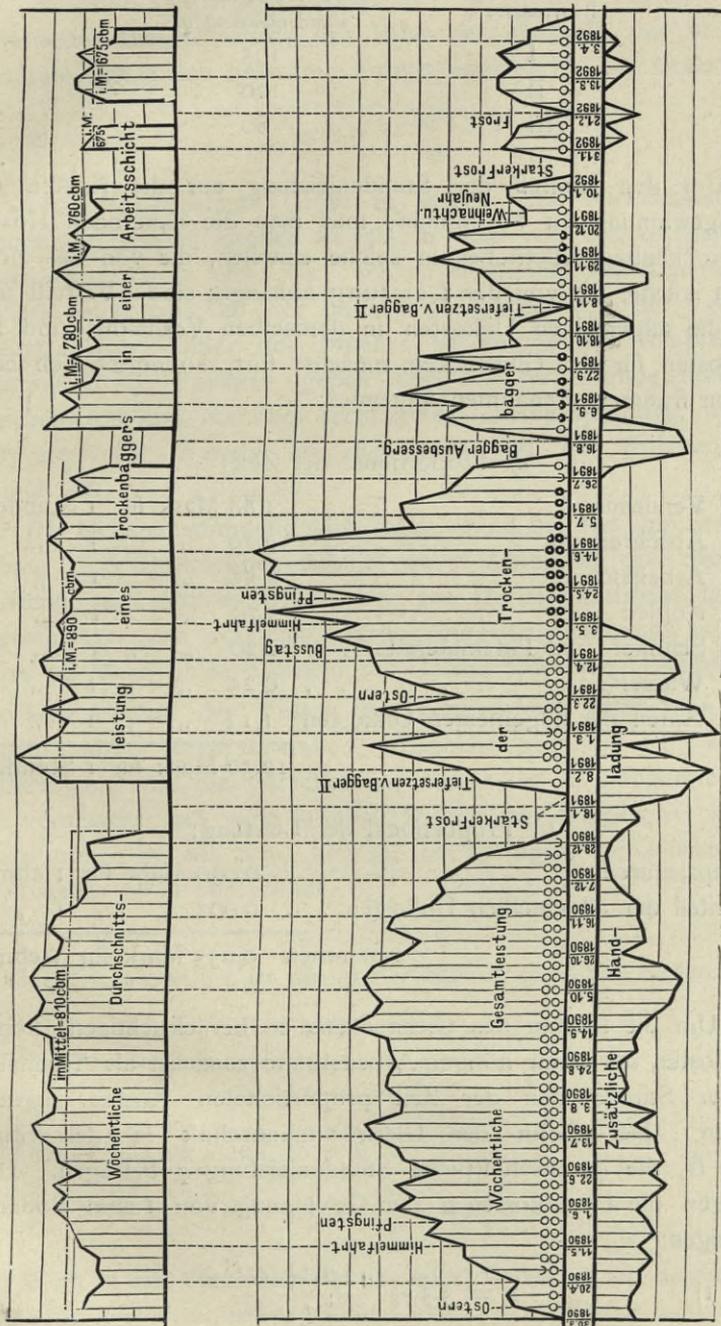


Abb. 7.

Bodenklasse	Durchschnitts- stundenleistung q
I	195
II	120
III	80

Um den Einfluß der Stundenleistung auf die Kosten der Bodengewinnung zu bestimmen, muß man die dauernden Kosten des Trockenbaggerbetriebes in solche einteilen, die von der Zeit, und in solche, die von der Leistung abhängig sind. Verteilt man auch die allgemeinen Unkosten in demselben Verhältnis und läßt die Kosten für das Gleisrücken zunächst fort, so ergibt sich nach unseren früheren Annahmen folgendes:

a) Proportional der Zeit:

1. Verzinsung	1,88	Mark	für	1	Stunde
2. Abschreibung	2,79	„	„	1	„
3. Arbeitslöhne	2,55	„	„	1	„
4. Kohlen	3,70	„	„	1	„
5. Schmier- und Putzmaterial . . .	0,20	„	„	1	„
Wasser	0,25	„	„	1	„
6. Anteil der allgemeinen Unkosten	1,13	„	„	1	„
	<hr/>				
	12,50	Mark	für	1	Stunde.

b) Proportional der Leistung:

Reparaturen	0,030	Mark	für	1	cbm
Anteil der allgemeinen Unkosten . .	0,003	„	„	1	„
	<hr/>				
zusammen	0,033	Mark	für	1	cbm.

Um die Kosten des Gleisrückens zu berücksichtigen, können die Kosten der dafür nötigen Arbeitskräfte zunächst als Arbeitslohn in der Stunde den der Zeit proportionalen Kosten zugezählt werden. Der Lohn der Gleisrückmannschaft in der Stunde möge G , die durchschnittliche Stundenleistung q betragen. Dann betragen die Dauerkosten a der Gewinnung von 1 cbm Boden in Pfennigen:

$$1) \quad a = 3,3 + \frac{1250 + G}{q}$$

Aus den Betriebsergebnissen der mehrfach erwähnten ober-schlesischen Bagger wurde mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate eine gleich gestaltete Formel entwickelt. Sie lautet:

$$2) \quad a = 8,9 + \frac{971}{q}.$$

Daß die konstante Größe in diesem der Wirklichkeit entnommenen Beispiel größer ist als in dem von uns entwickelten, ist natürlich, da ja nicht nur, wie angenommen, die Reparaturen, sondern auch ein Teil der anderen Ausgaben von der Leistung abhängt. Der Zähler des Bruches ist naturgemäß entsprechend kleiner. Beide Formeln geben übrigens für Stundenleistungen zwischen 100 und 200 cbm recht gute Uebereinstimmung, die ein sehr wertvoller Beweis für die Richtigkeit der früheren Annahmen ist.

Die Uebereinstimmung wird genau, wenn bei 100 cbm Stundenleistung eine Gleisrückmannschaft von 7 Mann, bei 200 cbm von 21 Mann angenommen wird. Bei den Durchschnittsleistungen in Oberschlesien von 190 cbm würde eine Gleisrückmannschaft von 19 bis 20 Mann beide Formeln zur Uebereinstimmung bringen.

Den Einfluß der Kosten des Gleisrückens kann man auch noch in anderer Weise darstellen. Bezeichnet man mit c die Kosten in Pfennigen, die die Verschiebung von 1 lfd. m Baggergleis um 1 m verursacht und wird in einer Stunde das Baggergleis in l m Länge um b m zur Seite bewegt, so betragen die Kosten des Gleisrückens G in der Stunde:

$$G = c \cdot b \cdot l.$$

Bei einer Baggertiefe t ist die in der Stunde geleistete Bodenmenge

$$q = b \cdot l \cdot t.$$

Es ist also

$$G = c \cdot \frac{q}{t}.$$

Die Formel 1) geht dann über in

$$3) \quad a = 3,3 + \frac{1250}{q} + \frac{c}{t}.$$

Der Wert c ist durch Erfahrung oder Versuche zu bestimmen. Wenn für die drei ersten Bodenklassen der Wert c zu 25, 30

35 Pf. angenommen wird, so beträgt bei einer Bagbertiefe von $t = 6$ m der Gewinnungspreis a :

Bodenklasse	a
I	13,9 Pf. für 1 cbm
II	18,7 „ „ I „
III	26,7 „ „ I „

Diese Zahlenwerte sind zwar bei der Unsicherheit der Unterlagen nur als Beispiele aufzufassen, sie sollen aber bei den späteren Vergleichen zugrunde gelegt werden.

C. Dampfschaufelbetrieb.

1. Allgemeines.

Die Dampfschaufel (Löffelhochbagger, Stielbagger, in Amerika steamshovel, in England navy) (Abb. 8) ist in Nordamerika die fast

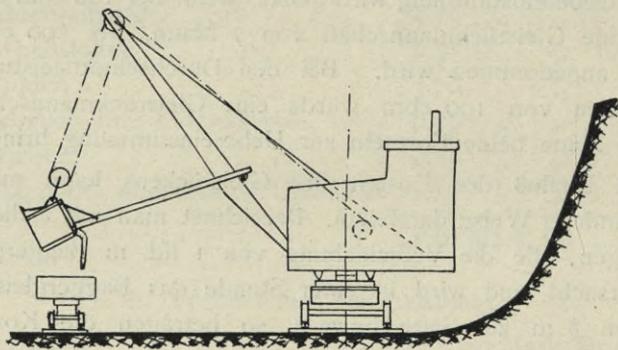


Abb. 8.

ausschließlich angewendete Grabmaschine und scheint sich auch bei uns neuerdings einzuführen. Sie besteht aus dem 0,4 bis 3,8 cbm haltenden Grabgefäß (Eimer, englisch bucket), das mittels Dampfkraft fast genau so bewegt wird, wie die mit der Hand bewegte Schaufel. Nur wird der Boden nicht geworfen, sondern fällt durch eine Klappe in die Transportgefäße. Die Eimer sind je nach der Bodenart mit Stahlschneiden und Stahlzähnen versehen. Der den Eimer tragende und bewegende Kran und die Dampfmaschine befinden sich auf einem Wagengestell, das sich auf zwei Schienen bewegt. In Nordamerika, wo die Dampfschaufel hauptsächlich für

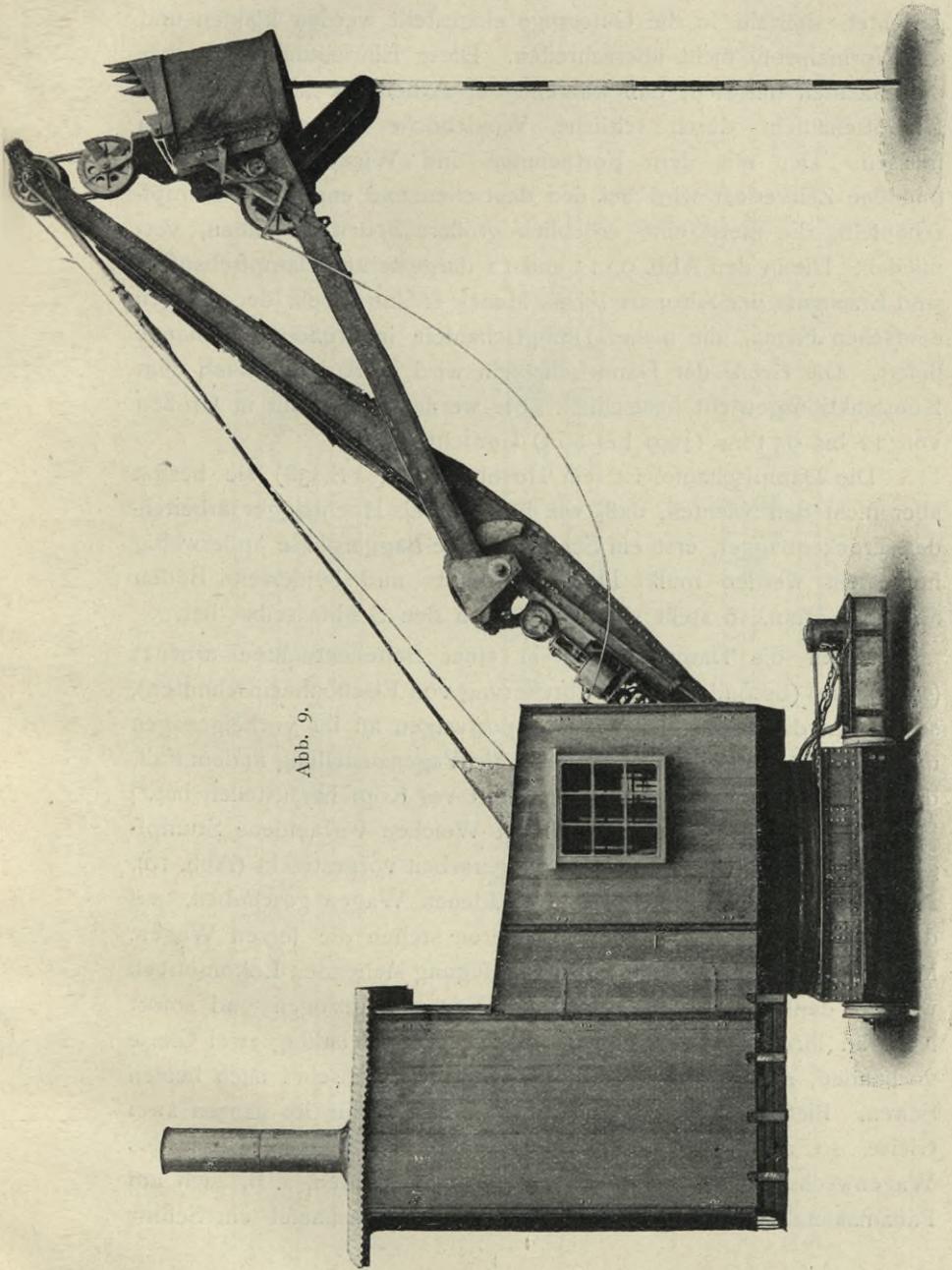


Abb. 9.

Eisenbahnbauten benutzt wird, sind die Wagengestelle so eingerichtet, daß sie in die Güterzüge eingestellt werden können und das Normalprofil nicht überschreiten. Diese Einrichtung führt aber den Nachteil mit sich, daß während der Arbeit die amerikanischen Dampfschaufeln durch seitliche Windeböcke abgestützt werden müssen. Der mit dem Fortnehmen und Wiederanbringen verbundene Zeitverlust wird bei den deutschen und englischen Dampfschaufeln, die meist eine erheblich größere Spurweite haben, vermieden. Die in den Abb. 9, 11 und 12 dargestellten Dampfschaufeln sind Erzeugnis der Altonaer Firma Menck & Hambrock, der einzigen deutschen Firma, die bisher Dampfschaufeln in größerem Umfange liefert. Die Größe der Dampfschaufeln wird in Amerika nach dem Konstruktionsgewicht bezeichnet. Sie werden hergestellt in Größen von 12 bis 95 tons (10,9 bis 86 t) Gewicht.

Die Dampfschaufel ist ein Hochbagger (s. S. 38) sie besitzt aber nicht den Nachteil, daß, wie bei dem als Hochbagger arbeitenden Trockenbagger, erst ein Schlitz für die Baggergleise anderweitig hergestellt werden muß. Da sie vorwärts und beiderseits Boden abgraben kann, so stellt sie sich nämlich den Schlitz selbst her.

Wenn die Dampfschaufel in einer Seitenentnahme arbeitet (s. Abb. 12) (besonders bei Verbreiterung von Eisenbahneinschnitten), so werden die zu beladenden Transportwagen an ihr vorbeigezogen und beladen. Sehr viel schwieriger ist die Wagenzustellung in dem Fall, daß die Dampfschaufel einen Einschnitt vor Kopf herzustellen hat.*) Es werden dann zwei oder drei mit Weichen verbundene Stumpfgleise mit dem Fortschreiten der Baggerarbeit vorgestreckt (Abb. 10). Auf das eine Gleis werden die beladenen Wagen geschoben, auf dem anderen oder den beiden anderen stehen die leeren Wagen. Mit Pferden oder mit dauernd zur Verfügung stehenden Lokomotiven werden dann einzeln die gefüllten Wagen abgezogen und sofort leere an ihre Stelle geschoben. Sind für die Beladung zwei Gleise vorhanden, so arbeitet die Dampfschaufel abwechselnd nach beiden Seiten. Bietet jedoch der Einschnitt nur Platz für im ganzen zwei Gleise, so muß die Dampfschaufel während der ganzen Zeit des Wagenwechsels stillstehen. Bei großen Kanalbauten, z. B. auch am Panamakanal, wird zunächst durch eine Dampfschaufel ein Schlitz

*) Vergl. M. Buhle, Massentransport S. 139 u. f.

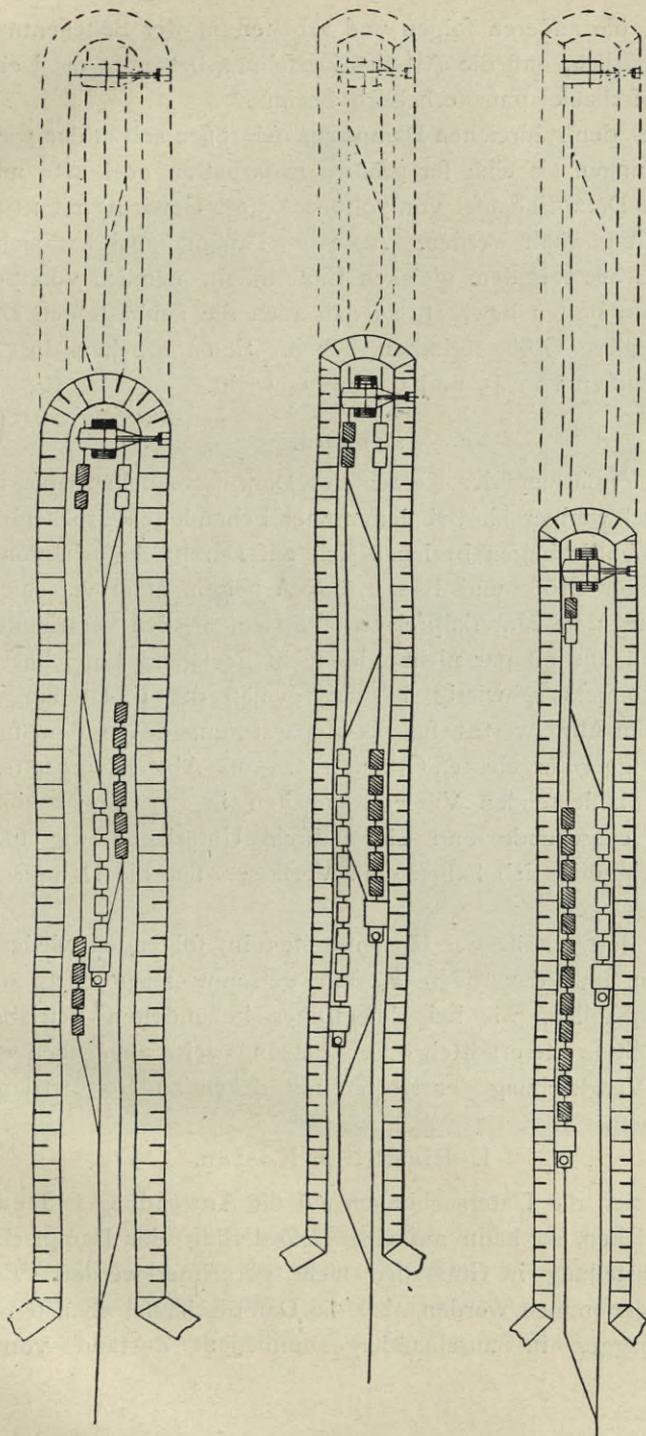


Abb. 10.

gebaggert, die anderen folgen und arbeiten in der Seitenentnahme. Es ist erklärlich, daß die Art des Zustellungsbetriebes die Leistung der Dampfschaufel ganz erheblich beeinflußt.

Unter den zahlreichen Dampfschaufelgrößen soll in den weiteren Untersuchungen als eine für größere Erdarbeiten geeignete mittlere Größe eine Dampfschaufel von 70 tons (63,5 t Gewicht) mit 1,91 cbm Eimerinhalt gewählt werden. Auch am Panamakanal hat sich eine ähnliche Größe mit dem gleichen Eimerinhalt, nämlich von 75 tons Gewicht am besten bewährt, so daß auch die neubestellten Dampfschaufeln diese Größe erhalten haben. Sonst arbeiten dort noch Dampfschaufeln von 45 und 95 tons Gewicht.

2. Kosten.

Die Ermittlung der Kosten des Dampfschaufelbetriebes ist bedeutend schwieriger als bei dem früher behandelten Trockenbagger. Die Veröffentlichungen beziehen sich auf Dampfschaufeln von ganz verschiedener Größe und Bauart, auf Arbeiten unter verschiedenen Arbeitslohn- und Materialpreisverhältnissen, in den verschiedensten Bodenarten, die oft gar nicht oder nicht genügend bezeichnet sind. Ganz besonders schwierig ist naturgemäß die Feststellung eines brauchbaren Mittelwertes für die Reparaturen, da zu den für den Trockenbagger dargelegten Gründen für große Abweichungen (s. S. 52) noch die bedeutenden Verschiedenheiten in der Größe kommen. Ähnlich eingehende und einwandfreie Unterlagen wie für den Trockenbaggerbetrieb haben dem Verfasser für die Dampfschaufel nicht vorgelegen.

Die Bestandteile der Kosten sollen im folgenden wieder nach einmaligen und dauernden Kosten getrennt besprochen werden. Außerdem sollen, wie bei den früher behandelten Betriebsarten, Durchschnittswerte ermittelt oder schätzungsweise angegeben werden, die eine Vergleichung der Kosten mit denen anderer Betriebsarten ermöglichen.

I. Einmalige Kosten.

Da sich die Untersuchungen auf die Anwendung in Deutschland beziehen, so kann auf eine Beförderung der Dampfschaufeln durch Einstellung in Güterzüge nicht gerechnet werden. Es muß daher angenommen werden, daß die Dampfschaufel ebenso wie der Trockenbagger in auseinandergenommenem Zustand von einer

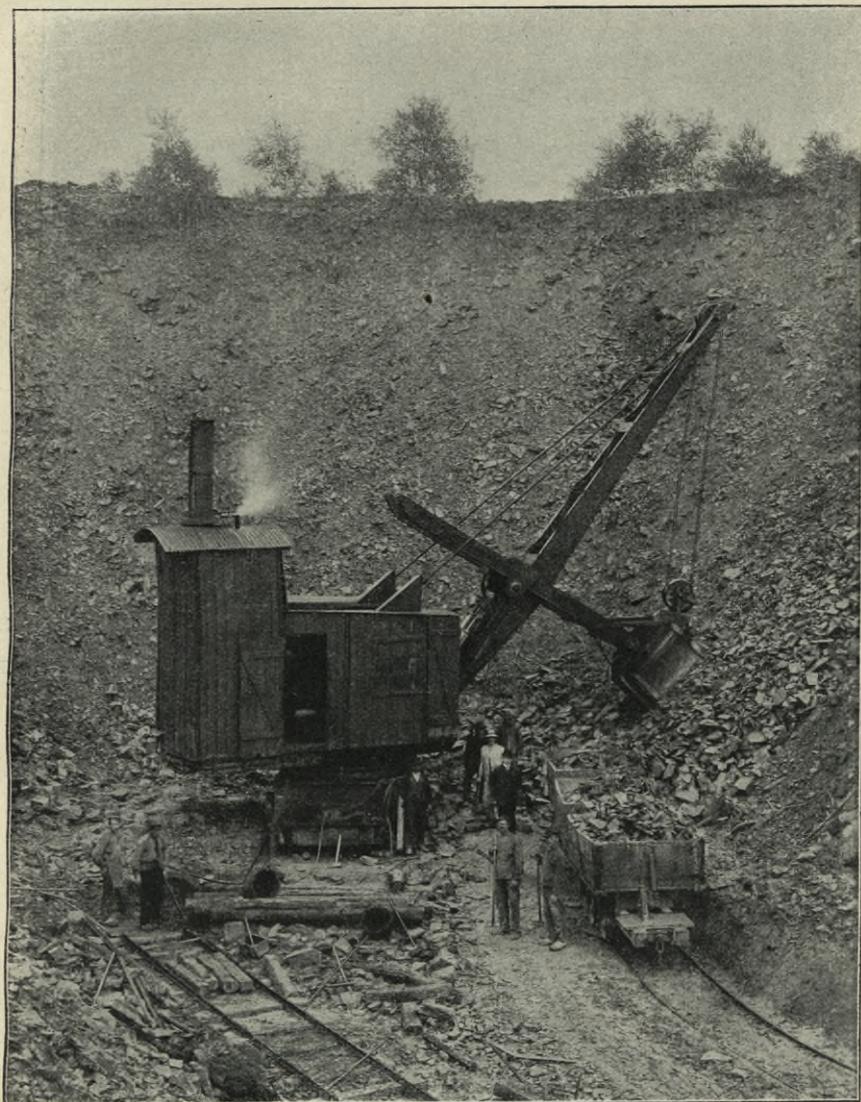


Abb. 11.

Baustelle zur anderen und zum Lagerplatz befördert wird. Für den Transport zur und von der Baustelle müssen deshalb dieselben Einheitssätze wie beim Transport des Trockenbaggers angenommen werden (s. S. 41). In Amerika wird die Dampfschaufel, falls Eisen-

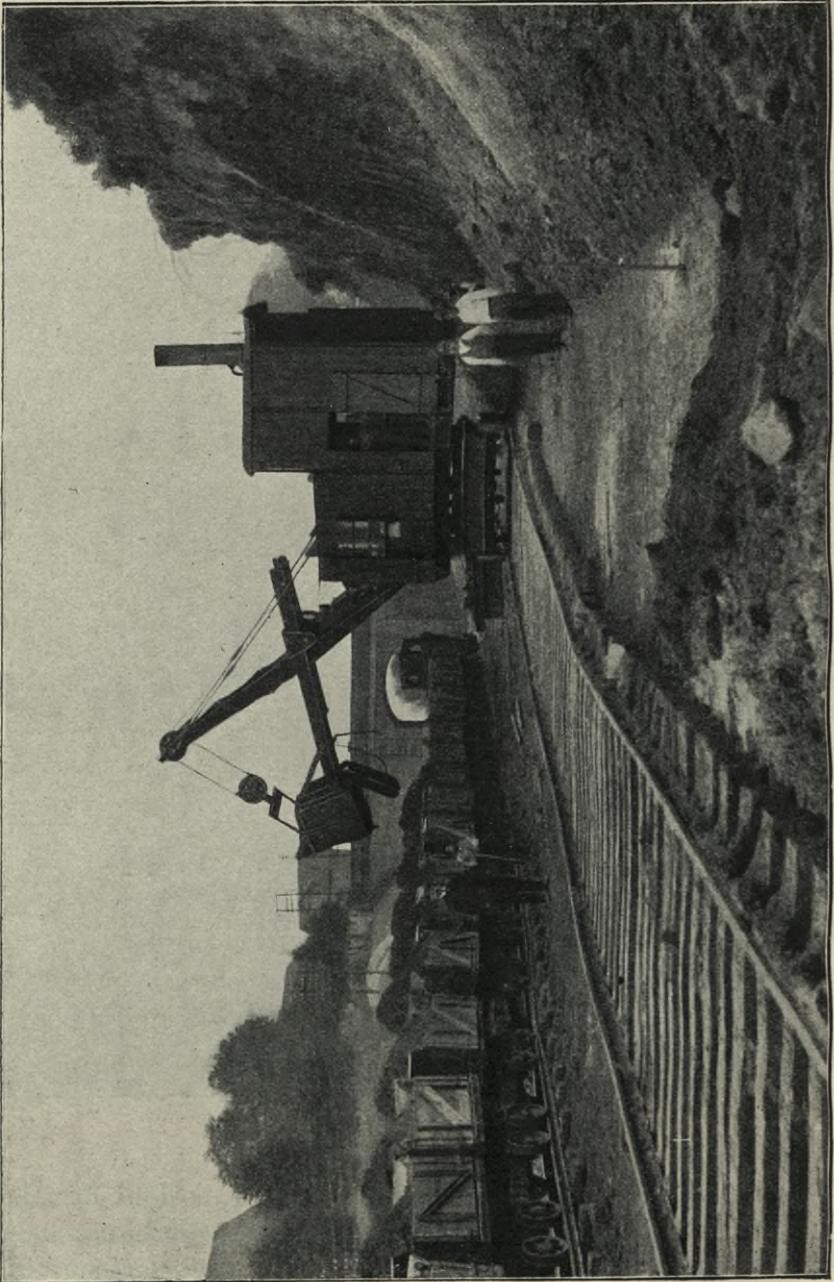


Abb. 12.

bahnen nicht zur Verfügung stehen, auf vorübergehenden, stückweise gelegten Gleisen befördert. Die Kosten hierfür sind recht erheblich. Gillette z. B. gibt an, daß der Transport einer Dampfschaukel von 65 t Gewicht 1600 m weit auf einer Landstraße mit starken Neigungen und 800 m weit über Feld mit 15° Neigung an Arbeitslöhnen 316 Dollar kostete. Leichtere Dampfschaukeln sind allerdings oft auch mit breiten Rädern und Dampftrieb zum Befahren von Landstraßen ausgerüstet. Diese kommen aber für die hier betrachteten größeren Erdarbeiten nicht in Betracht.

Ueber die Kosten des Zusammenbauens und Auseinandernehmens der Dampfschaukel fehlen irgendwelche Angaben. Es soll deshalb geschätzt werden, daß diese Kosten etwa im Verhältnis des Gewichts stehen, also etwa 90 vH. der gleichen Kosten für den Trockenbagger betragen. Es mögen daher betragen die Kosten:

$$\text{für das Zusammenbauen} \quad \frac{1200 \cdot 90}{100} = 1080 \text{ Mark}$$

$$\text{„ „ Auseinandernehmen} \quad \frac{700 \cdot 90}{100} = 630 \text{ „}$$

Die Kosten für das Einebnen und für das erste Gleisvorstrecken sind bedeutend geringer als beim Trockenbagger und mögen je 50 Mark betragen.

Die Zeit für die Transporte und für das Zusammenbauen und Auseinandernehmen betrage wie früher 30 Tage. Bei einem Werte der Dampfschaukel von 40 000 Mark und einem Satz von 6 vH. Zinsen und 4 vH. Abschreibung betragen die Zinsverluste während der erwähnten Zeit von 30 Tagen $\frac{40000 \cdot 10}{100 \cdot 12} = \text{rd. } 335 \text{ Mark.}$

Die Gesamtsumme der allgemeinen Unkosten soll ebenso wie beim Trockenbagger zu rd. 20 vH. der bisherigen einmaligen Kosten angenommen werden.

Es ergeben sich hiernach die nachstehend zusammengestellten einmaligen Kosten für die Einrichtung des Dampfschaukelbetriebes:

I. Einmalige Kosten.

1. Anfuhr zur Bahn	63,5 · 1,2	76	Mark
2. Fracht	63,5 · 14,7	934	„
3. Anfuhr zur Baustelle	63,5 · 2,5	159	„

Zu übertragen 1169 Mark

	Übertrag	1169	Mark
4. Zusammenbauen		1080	„
Einebnen		50	„
Gleisvorstrecken		50	„
5. Auseinandernehmen		630	„
6. Anfuhr zur Bahn		159	„
7. Rückfracht		934	„
8. Anfuhr zum Lagerplatz		76	„
9. Zinsverlust		335	„
10. Allgemeine Unkosten		917	„
	zusammen	5400	Mark.

II. Dauernde Kosten.

1. Verzinsung des Baggergeräts.

Die Anschaffungskosten eines Dampfschaufelbetriebes betragen:

für die Dampfschaufel	40 000	Mark
„ Gleise	150	„
„ Wasserstation, Kohlenbehälter usw.	1 850	„

zusammen 42 000 Mark.

Bei einem Zinsfuß von 6 vH. betragen die Zinsen für die Arbeitsstunde bei 220 Arbeitstagen zu je 10 Stunden:

$$42\,000 \cdot \frac{6}{100} \cdot \frac{1}{220 \cdot 10} = 1,15 \text{ Mark.}$$

2. Abschreibung auf Entwertung.

Der Abschreibungssatz möge betragen:

15 vH. für die Dampfschaufel selbst
6 „ „ „ Gleise
10 „ „ „ Wasserstation usw.

Die Kosten der Abschreibung für die Arbeitsstunde sind dann:

$$(40\,000 \cdot 15 + 150 \cdot 6 + 1850 \cdot 10) \frac{1}{100 \cdot 220 \cdot 10} = 2,81 \text{ Mark.}$$

Der Prozentsatz der Abschreibung ist für die Dampfschaufel mit 15 vH. gegen 10 vH. für den Trockenbagger angenommen worden, da wegen des stoßweisen und unregelmäßigen Betriebes und wegen der erheblich größeren wirkenden Kräfte die Abnutzung und Entwertung größer ist.

3. Arbeitslöhne.

Die Summe der Arbeitslöhne ist nicht so wechselnd wie bei Trockenbaggerbetrieb, weil das Verschieben der Baggergleise nicht nötig ist. Die Verlängerung der Gleise um kurze Stöße geschieht mit Hilfe der Dampfschaufel selbst mit wenigen Hilfsarbeitern. Auch sonst werden Hindernisse, wie Steine, Baumwurzeln usw. bequem beseitigt, indem sie mit Ketten an dem Ausleger der Dampfschaufel befestigt werden. Andererseits muß das Rangieren der Transportwagen vom Aufstellungsgleis zur Dampfschaufel und umgekehrt dem Bodengewinnungsbetrieb zur Last geschrieben werden. Es soll angenommen werden, daß zwei Pferde mit je einem Führer diese Bewegungen ausführen.

Die Besetzung einer Dampfschaufel besteht aus:

- 1 Baggermeister,
- 1 Maschinenführer,
- 1 Maschinenheizer,
- 1 Mann zur Bedienung der Klappe (cranesman),
- 3 bis 6 Hilfsarbeitern beim Gleisvorstrecken, für Beseitigung von Hindernissen, Abstecken von Boden usw. (pitmen),

Wie auf S. 22 und auf S. 44 dargelegt ist, beträgt der Lohn für die Arbeitsstunde:

1 Baggermeister	0,70	Mark
1 Maschinenführer	0,60	„
1 Maschinenheizer	0,45	„
1 Mann an der Klappe	0,40	„
4 Hilfsarbeiter je 0,40 Mark	1,60	„
2 Pferde mit Führern je 0,90 Mark	1,80	„
	zusammen	5,55
		Mark.

4. Kohlenverbrauch.

Die Angaben über den Kohlenverbrauch der Dampfschaufel sind sehr unsicher. Er ist wegen der un stetigen Arbeitsweise und der mannigfachen Bremsarbeit verhältnismäßig höher als der des Trockenbaggers. Für eine Dampfschaufel der gewählten Größe schwanken die Angaben über den Stundenverbrauch zwischen 60 kg und über 200 kg. Als ein passender Durchschnittswert mögen 120 kg angenommen werden. Die Kosten der Kohlen betragen also $0,12 \cdot 18,5 = 2,22$ Mark.

5. Schmier- und Putzmittel.

Die Kosten für Schmier- und Putzmittel sollen etwas geringer angesetzt werden als für den Trockenbagger. Es mögen für die Arbeitsstunde kosten:

Schmier- und Putzmittel	0,18	Mark
Wasser	0,20	„

6. Reparaturen und Auswechslungen.

Noch bedeutend schwieriger als für den Trockenbagger ist es, für die Dampfschaufel einen einigermaßen passenden Wert zu finden. Die sehr spärlichen Angaben beziehen sich auf so verschiedene Maschinengrößen und Leistungen und sind zudem meist so unzuverlässig, daß es wohl der Zukunft überlassen bleiben muß, über diesen Teil der Kosten genauere Kenntnis zu schaffen.

Die zuverlässigsten Angaben sind in dem Bericht über den Bau des Panamakanals für die Zeit vom 1. Juli 1907 bis zum 30. Juni 1908 enthalten. Von den 101 vorhandenen Dampfschaufeln mußten 55 in der Werkstatt ausgebessert werden. Die Kosten für Material und Arbeit betragen 611 000 Mark. Für die Ausbesserungen und Auswechslungen, die außerdem auf der Baustelle erforderlich waren, wurden 1 107 000 Mark ausgegeben. Gefördert wurde eine Bodenmenge von 13 354 000 cbm. Es betragen also die Kosten der Reparaturen für 1 cbm:

in der Werkstatt	4,6	Pf.
auf der Baustelle	8,3	„
	<hr/>	
zusammen	12,9	Pf.

Die Durchschnittsleistung betrug 67 cbm in 1 Stunde, die Reparaturkosten also $67 \cdot 0,129 = 8,64$ Mark. Nun betragen allerdings die Arbeitslöhne für gelernte Arbeiter am Panamakanal reichlich das Dreifache, für die ungelernten das Doppelte, nämlich etwa 0,85 Mk. in 1 Stunde, als in unseren Untersuchungen angenommen. Die Kosten des Materials dürften etwa doppelt so hoch sein als bei uns. Da die Materialkosten den wesentlichsten Anteil an den Kosten der Reparaturen und Auswechslungen haben werden, so dürfte jenen Angaben für hiesige Verhältnisse ein Satz von 4 Mark für die Arbeitsstunde entsprechen. Die Durchschnittsgröße der am Panamakanal angewendeten Dampfschaufeln entspricht etwa dem hier zugrunde gelegten Typ.

Im übrigen sind nur zwei wenig brauchbare Angaben vorhanden. Gillette gibt an, daß bei einer sechs Monate dauernden Arbeit im westlichen Nordamerika die Kosten für die Reparaturen einer wahrscheinlich sehr kleinen Dampfschaufel, der dazu gehörigen Lokomotiven und Wagen an Material 460 Dollar, an Arbeit 210 Dollar betragen haben. Nimmt man die Zahl der Arbeitstage zu $25 \cdot 6 = 150$ an, so ergibt sich eine Ausgabe von etwa 4,50 Dollar, gleich etwa 19 Mark für den Arbeitstag. Wieviel hiervon der Dampfschaufel zur Last geschrieben werden muß, wie groß diese war, wie die Bodenverhältnisse waren und ob die Instandsetzungsarbeiten vor Beginn und nach Beendigung der Erdarbeit in dem angegebenen Preise enthalten sind, wird nicht berichtet. Die zweite Angabe ist noch unzuverlässiger. Gillette gibt als Kosten für Reparaturen und Abnutzung für eine kleine Dampfschaufel von 38 cbm Stundenleistung den Betrag von 5 Dollar oder 21 Mark für den Arbeitstag oder 2,10 Mark für die Arbeitsstunde an.

Die Kosten für Reparaturen und Auswechslungen werden natürlich auch erheblich mit den Bodenarten wechseln. Die Höhe kann aber bei dem Mangel an Angaben nur ungefähr geschätzt werden und soll in der beispielweisen Zusammenstellung auf 3 Mark für die Arbeitsstunde angenommen werden.

7. Allgemeine Unkosten.

Die allgemeinen Unkosten sollen auch bei Dampfschaufelbetrieb zu 10 vH. der bisher ermittelten Kosten angenommen werden.

Hiernach ergibt sich folgende zum Vergleich dienende Zusammenstellung der dauernden Ausgaben für eine Dampfschaufel von 63,5 t Gewicht und 1,91 cbm Eimerinhalt.

Dauernde Ausgaben.

1. Verzinsung	1,15	Mark	für 1	Arbeitsstunde
2. Abschreibung	2,81	„	„	1 „
3. Arbeitslöhne	5,55	„	„	1 „
4. Kohlenverbrauch	2,22	„	„	1 „
5. Putz- und Schmiermittel	0,18	„	„	1 „
Wasser	0,20	„	„	1 „
6. Reparaturen und Auswechslungen	3,00	„	„	1 „
7. Allgemeine Unkosten	1,51	„	„	1 „

zusammen für 1 Arbeitsstunde 16,62 Mark.

Zum Vergleich ist nachstehend noch eine Zusammenstellung der dauernden Ausgaben einer kleineren englischen Dampfschaufel gegeben, von denen beim Bau des Manchester-Seekanals 55 Stück angewendet worden sind. Die Zahlen entstammen teils der Veröffentlichung von Vogt und Maienthou,^{*)} welche die Ergebnisse des Unternehmers wiedergibt, teils sind sie gemäß unseren früheren Ueberlegungen ergänzt worden.

Dauernde Ausgaben der Dampfschaufeln beim Bau des
Manchester-Seekanals.

1. Verzinsung $24\,000 \cdot \frac{6}{100} \cdot \frac{1}{220 \cdot 10}$	= 0,65 Mark
2. Abschreibung $24\,000 \cdot \frac{15}{100} \cdot \frac{1}{220 \cdot 10}$	= 1,64 „
3. Arbeitslöhne (Dieselbe Besatzung wie bei der 63 t-Dampfschaufel, nur fehlt der Baggermeister.) . .	4,90 „
4. Kohlenverbrauch $\frac{50 \cdot 18,5}{1000}$	= 0,93 „
5. Schmier- und Putzmaterialien	0,15 „
Wasser	0,15 „
6. Reparaturen und Auswechslungen	2,00 „
7. Allgemeine Unkosten	1,08 „

zusammen für die Arbeitsstunde 11,50 Mark.

8. Leistungen.

Die theoretische Stundenleistung einer Dampfschaufel ergibt sich aus dem Produkt des Eimerinhalts mit der Zahl der in einer Stunde möglichen Schaufelspiele. Von dieser Leistung muß man zunächst den Verlust abziehen, der beim Vorbringen der Dampfschaufel eintritt. Er ist verschieden, je nachdem in der Seitenein- oder Ausnehmung gebaggert wird oder ein neuer Einschnitt hergestellt wird. Im ersteren Falle entsteht nur ein Zeitverlust dadurch, daß die seitlichen Unterstützungsböcke fortgenommen werden, die Dampfschaufel sich fortbewegt und wieder mit den Böcken unterstützt wird. Beim Einschnittbetrieb kommt dazu noch ein Teil der Zeit, in der eine Fläche für den neuen Gleisstumpf hergestellt, dieser vorgestreckt und verlascht wird. Wie oft die Fortbewegung erfolgen

^{*)} Dinglers Polytechnisches Journal 1908, Heft 24 und 25.

muß, richtet sich nach der Höhe und Breite der Abgrabung, der Leistung der Dampfschaufel und der Art des Nachstürzens des Bodens.

Ein zweiter Grund zum Zeitverlust ist schwerer in Rechnung zu stellen.

Er liegt in der Art der Zustellung. Bei Schlitzbaggerung ist es nur, wenn drei Stumpfgleise ausgeführt werden (s. S. 58) möglich, in der Zeit der Beladung eines Wagens den anderen auszuwechseln. Stehen nur zwei Gleise zur Verfügung, so bleibt für das Fortschieben und Wiederheranschieben nur ein Teil der Zeit eines Schaufelspiels, der naturgemäß unzureichend ist. Es muß also in diesem Falle ein weiterer, notwendiger Zeitverlust in Rechnung gestellt werden. Seine Größe hängt in hohem Maße von der Größe der zu beladenden Wagen ab. Diese Abhängigkeit von der Wagengröße ist so erheblich, daß nach Gillette die Leistung einer Dampfschaufel bei Ladung in Wagen von 2,29 cbm Inhalt das Anderthalbfache der Leistung bei einer Ladung in solche von halbem Inhalt beträgt. Auch bei den Arbeiten in der Seitenentnahme muß nach Beladung eines Wagens der Zug um eine Wagenlänge vorgezogen werden.

Es würde weit über die Absichten dieser Untersuchungen hinausgehen, falls der Versuch gemacht würde, allen oben erwähnten und noch weiteren Einflüssen genauer nachzugehen. Die Ermittlung der Durchschnittsleistung soll in der Weise versucht werden, daß aus allen Quellen der durchschnittliche Prozentsatz gefunden wird, in dem die tatsächlich erzielten Leistungen zu den theoretischen stehen. Bei den verschiedenen Größen der Dampfschaufeln, von denen die nicht sehr zahlreichen Mitteilungen herrühren, ist die Ermittlung dieses Prozentsatzes das einzige Mittel, um zu einem brauchbaren Ergebnis zu kommen. Es ist so ermittelt worden, daß ungefähr in Prozenten beträgt:

	in Bodenklasse		
	I	II	III
1. Die theoretische Leistung	100	100	100
2. Rekord- oder Paradeleistung . . .	70	65	60
3. Größte durchschnittliche Stundenleistung am Arbeitstage	50	40	30
4. Größte durchschnittliche Stundenleistung im Monat	45	35	25
5. Durchschnittliche Stundenleistung im Jahre oder in längerer Zeit . . .	40	30	20

Die vorstehenden Prozentsätze für Bodenklasse III sind aus neun Angaben ermittelt, die jede zweierlei Arten Leistungen enthalten, die Prozentsätze für die Bodenklassen II und I sind bloße Schätzungen.

Die theoretische Stundenleistung der ausgewählten Dampfschaukelgröße beträgt bei einem Eimerinhalt von 1,91 cbm und einer Geschwindigkeit von drei Baggerspielen in der Minute

$$3 \cdot 1,91 \cdot 60 = 344 \text{ cbm.}$$

Die Durchschnittsleistungen würden demnach sein

Bodenklasse	Durchschnittsleistung
I	138 cbm in der Stunde
II	103 „ „ „ „
III	69 „ „ „ „

Diese Zahlen stimmen mit den Ergebnissen gut überein, so betrug die Durchschnittsleistung am Panamakanal, wo der Boden vorwiegend der Bodenklasse III zuzuweisen ist und die gewählte Dampfschaukelgröße, wie früher erwähnt, vorherrscht, im Rechnungsjahre 1906/07 66 cbm in der Stunde.

Entwickelt man in ähnlicher Weise wie früher (S. 54) für den Trockenbaggerbetrieb aus den Annahmen für die dauernden Kosten eine Formel, so ergibt sich

$$a = c_1 + \frac{c_2}{q} = 6 + \frac{1320}{q}.$$

Die Größe c_1 besteht aus dem für die drei ersten Bodenklassen mit 6 Pf. angenommenen Betrag für die Reparaturkosten einschließlich Anteil an den allgemeinen Unkosten.

Die der Zeit proportionalen Kosten sind

1. Verzinsung	1,28 Mark
2. Abschreibung	2,54 „
3. Arbeitslöhne	5,60 „
4. Kohlen	2,22 „
5. Schmier- und Putzmittel	0,18 „
Wasser	0,20 „
6. Anteil an den allgemeinen Unkosten	1,18 „
	13,20 Mark.

Bei den beispielsweise angegebenen Durchschnittsleistungen betragen also die Dauerkosten in den ersten drei Bodenklassen

Bodenklasse	Dauerkosten
	Pfennig für 1 cbm
I	15,6
II	18,8
III	25,1

Die beim Bau des Manchester-Seekanals angewendeten Dampfschaufeln leisteten in leichtem Boden 55 cbm, in schwerem 35 cbm in der Stunde. Da die dauernden Ausgaben nach der Zusammenstellung (S. 68) 11,50 Mark betragen, so waren die Dauerkosten für 1 cbm in leichtem Boden 20,9 Pf., in schwerem Boden 32,9 Pf. Diese leichten Dampfschaufeln können also mit den sonst von uns betrachteten bei großen Erdarbeiten nicht in Wettbewerb kommen. Es soll deshalb nicht weiter auf ihre Leistungen eingegangen werden.

Ueber die Leistungen und Gewinnungskosten in den festeren Bodenklassen liegen zu wenig zuverlässige Mitteilungen vor, um in ähnlicher Weise die Dauerkosten zu bestimmen.

Es ist auch in näherer Zukunft nicht zu erwarten, daß bei Kanaleinschnitten in Deutschland in erheblichem Umfange derartige Bodenarten angetroffen werden. Der Vollständigkeit halber soll jedoch auch eine Zusammenstellung über die ungefähren Dauerkosten in den Bodenklassen IV bis VII gegeben werden.

In diesen Bodenklassen beträgt die Stundenleistung entsprechend weniger. Wenn auch die Abhängigkeit von der Bodenfestigkeit geringer ist als beim Trockenbagger, so ging doch in dem gesprengten Fels (Gneis) beim Bau des Chicagoer Entwässerungskanals die Leistung einer Dampfschaufel der gewählten Größe auf 23 cbm in der Stunde zurück. Bei noch geringeren Leistungen wurde der Dampfschaufelbetrieb zugunsten des Handbetriebes aufgegeben.

Man wird vielleicht für die Ermittlung der Kosten des Dampfschaufelaushubes hier folgende Annahme machen können:

Bodenklasse	c_1	Zahl der pitmen	c_2	q
IV	7	5	1360	55 cbm
V	8	5	1360	40 „
VI	9	6	1400	30 „
VII	10	7	1440	23 „

Die gesamten Gewinnungskosten setzen sich dann folgendermaßen zusammen:

	Bohrerarbeit (Handarbeit)				Gewinnungskosten von 1 cbm Fels in Pfennigen				
	Auf 1 lfd. m Bohrloch		Auf 1 cbm Fels		Bohren, Arbeitslohn	Bohrerschärfen	Sprengmittel	Aushub mit Dampfschaufel	Zusammen
Arbeiterstunden	Kosten des Bohrer-schärfens	lfd. m Bohr-löcher	Arbeiterstunden						
IV	3	10	0,10	0,3	12	1	10	32	55
V	4	12	0,20	0,8	32	2	20	42	96
VI	6	15	0,40	2,4	96	6	38	56	196
VII	9	20	1,00	9,0	360	20	75	73	528

Wird das Bohren mit Druckluftbohrmaschinen ausgeführt, so ergeben sich die Kosten nach Angaben von Gillette folgendermaßen:

	Kosten für 1 Bohrmaschine in 1 Stunde Pfennig	Leistung in 1 Stunde cm	Kosten von 1 lfd. m Bohrung Pfennig	Auf 1 cbm Fels lfd. m Bohr-löcher	Gewinnungskosten von 1 cbm Fels in Pfennigen			
					Bohren	Sprengmittel	Aushub mit Dampfschaufel	Zusammen
IV	210	700	30	0,10	3	10	32	45
V	210	610	35	0,20	7	20	42	69
VI	210	410	53	0,40	21	38	56	115
VII	210	270	78	1,00	78	75	73	226

Die Verbilligung der Kosten für das Bohren durch Maschinenbetrieb ist also sehr erheblich. Sie beträgt in den Bodenklassen IV bis VII 10, 27, 81 und 127 Pf. Dieselbe Verbilligung tritt auch ein, wenn der Fels im Handbetrieb gewonnen wird. Die für den Wettbewerb in Betracht kommende Differenz der Kosten bleibt also dieselbe und es sollen deshalb, da die Umänderung der Zusammenstellung für Handbetrieb Schwierigkeiten macht, die Kosten der Handbohrung für die späteren Vergleiche beibehalten werden.

V. Schlußbetrachtungen.

1. Grenzbodenmengen.

Läßt man alle in den vorgehenden Untersuchungen gemachten Annahmen als richtig gelten und beschränkt die weiteren Betrachtungen zunächst auf die dort als Beispiele aufgeführten Fälle, so lassen sich nach den Darstellungen auf S. 27 u. f. die Kurven der Gewinnungskosten für die drei Betriebsarten und die sieben Bodenklassen auftragen.

Für die Bodenklassen I bis III ergibt sich das Bild auf Blatt 1.

Die Grenzbodenmengen betragen:

	Trockenbagger gegen Handbetrieb	Dampfschaufel gegen Handtrieb	Dampfschaufel gegen Trockenbagger
I	$\frac{700\ 000}{30-13,9} = 43\ 500\ \text{cbm}$	$\frac{540\ 000}{30-15,6} = 37\ 500\ \text{cbm}$	$\frac{700\ 000 - 540\ 000}{15,6 - 13,9} = 94\ 000\ \text{cbm}$
II	$\frac{700\ 000}{57-18,8} = 18\ 200\ \text{„}$	$\frac{540\ 000}{57-18,8} = 14\ 200\ \text{„}$	$\frac{700\ 000 - 540\ 000}{18,8 - 18,7} = 1\ 600\ 000\ \text{cbm}$
III	$\frac{700\ 000}{78-26,7} = 13\ 600\ \text{„}$	$\frac{540\ 000}{78-25,1} = 10\ 200\ \text{„}$	$\frac{700\ 000 - 540\ 000}{25,1 - 26,7} = *)$

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß schon in Bodenart III der Trockenbagger der Dampfschaufel unterlegen ist, auch wenn die in einem Betriebe zu bewältigende Bodenmenge noch so groß ist. In Bodenklasse I arbeitet der Trockenbagger bei Bodenmengen von etwa 100 000 cbm an, in Bodenklasse II von 1 600 000 cbm an wirtschaftlicher als die Dampfschaufel.

Für die festeren Bodenarten kommt daher der Trockenbagger nicht mehr in Frage. Die Grenzbodenmengen des Handbetriebes gegen die Dampfschaufel betragen, wenn die früher angegebenen Gewinnungskosten zugrunde gelegt werden:

*) Die Kurven schneiden sich nicht, Trockenbaggerbetrieb ist also immer teurer.

Bodenklasse	
IV	$\frac{540\ 000}{104 - 55} = 11\ 000\ \text{cbm}$
V	$\frac{540\ 000}{172 - 96} = 7\ 100\ \text{,,}$
VI	$\frac{540\ 000}{276 - 196} = 6\ 800\ \text{,,}$
VII	$\frac{540\ 000}{450 - 528} = *)$

Während also in den Bodenklassen IV, V und VI schon bei kleinen Bodenmengen die Dampfschaufel wirtschaftlich arbeitet, kann sie bei den festen Gesteinen der Bodenklasse VII nicht mehr mit dem Handbetrieb in Wettbewerb treten. Dies ist, wie schon erwähnt, durch die Erfahrung bestätigt.

2. Einfluß der Höhe des Arbeitslohnes und des Kohlenpreises auf die Wirtschaftlichkeit der drei Betriebsarten.

Bis hierher ist mit einem Stundenlohn von 40 Pf. für den Erdarbeiter gerechnet worden. Es soll nun untersucht werden, welchen Einfluß eine Erhöhung oder Erniedrigung des Arbeitslohnes ausübt. Es ist dabei angenommen, daß der auf die Arbeitsstunde berechnete Lohn der Maschinenbesetzung in der Weise steigt, daß die Differenz gegen den Stundenlohn der Erdarbeiter dieselbe bleibt. Die Erhöhung oder Erniedrigung Δl des Stundenlohnes l ist also für die ganze Mannschaft von n Köpfen gleich.

Bezeichnet man nun für zwei Betriebsarten

die einmaligen Kosten mit C_1 und C_2

die Dauerkosten für 1 cbm „ a_1 „ a_2

die Zahl der Mannschaft „ n_1 „ n_2

die durchschnittliche Stundenleistung „ q_1 „ q_2 ,

so beträgt die Grenzbodenmenge beider Betriebsarten

$$Q' = \frac{C_2 - C_1}{a_1 + \frac{n_1}{q_1} \Delta l - a_2 - \frac{n_2}{q_2} \Delta l}$$

$$Q' = \frac{C_2 - C_1}{a_1 - a_2 + \left(\frac{n_1}{q_1} - \frac{n_2}{q_2} \right) \cdot \Delta l}$$

*) Handbetrieb bei allen Bodenmengen billiger.

Jeder Wettbewerb zwischen zwei Betriebsarten hört auf, wenn Q' unendlich groß wird, wenn also

$$\Delta l = - \frac{a_1 - a_2}{\frac{n_1}{q_1} - \frac{n_2}{q_2}}$$

Der Lohnsatz l beträgt allgemein

$$l = 40 \pm \Delta l.$$

Um die Mannschaftszahl für den Trockenbagger eindeutig zu bestimmen, muß für die Zahl der Gleisrückarbeiter eine Durchschnittszahl angenommen werden. Diese möge 15 betragen. Für die drei Betriebsarten gelten daher folgende Werte:

Betriebsart	n	q			$\frac{n}{q}$		
		in den Bodenklassen			in den Bodenklassen		
		I	II	III	I	II	III
Handbetrieb . .	1	1,45	0,82	0,59	0,690	1,220	1,700
Trockenbagger . .	20	195	120	80	0,102	0,166	0,250
Dampfschaufel . .	10	138	103	69	0,073	0,097	0,145

In der Darstellung auf Blatt 2, 3 u. 4 sind die Ergebnisse der letzten Formel für Q' in der Weise aufgenommen, daß die Höhen des Arbeitslohnes als Abszissen, die entsprechenden Grenzbodenmengen als Ordinaten aufgetragen worden sind. Es ergibt sich dadurch ein sehr übersichtliches Bild, welches sofort die Frage beantwortet, welche Betriebsart bei gegebenem Arbeitslohn und bei gegebener Gesamtbodenmenge unter den früher erörterten Annahmen die wirtschaftlich richtige ist.

Zur Vervollständigung der Auftragungen seien im folgenden noch die Arbeitslohnhöhen zusammengestellt, bei denen der Wettbewerb zweier Betriebsarten überhaupt aufhört. Es sind dies:

Arbeitslohn in Pfennigen beim Aufhören des Wettbewerbs.

Wettbewerb zwischen	Bodenklasse		
	I	II	III
Handbetrieb und Trockenbagger . .	13	4	4
„ „ Dampfschaufel . .	17	6	6
Trockenbagger „ „ . .	99	41	25

Durch diese Zahlen werden die senkrechten Asymptoten an die aufgetragenen Kurven festgelegt.

Betrachten wir zunächst die Auftragungen für Bodenklasse I. Bei Arbeitslöhnen unter 13 Pf. kommt Maschinenbetrieb gar nicht in Frage. Aber schon bei 20 Pf. Lohn wird der Trockenbagger wirtschaftlich, wenn die zu bewegende Bodenmenge 163 000 cbm beträgt. Diese Bodenmenge fällt sehr bald auf 78 000 cbm bei einer Lohnhöhe von 27,8 Pf. (Schnittpunkt der drei Kurven). Von hier an tritt auch die Dampfschaufel in Wettbewerb, und zwar für Arbeiten von mittlerem Umfange. Bei einem Lohnsatze von z. B. 50 Pf. verdrängt die Dampfschaufel den Handbetrieb schon bei einer Bodenmenge von 26 200 cbm. Falls jedoch mehr als 114 000 cbm zu bewegen sind, ist der Betrieb mit Trockenbagger der wirtschaftlichste. Der Wettbewerb des Trockenbaggers hört überhaupt auf bei einem Lohnsatz von 99 Pf. Bei 100 Pf. Stundenlohn kommt bei Bodenmengen bis 10 500 cbm der Handbetrieb, darüber allein die Dampfschaufel in Frage.

Für Bodenklasse II ist das Bild ähnlich. Maschinenarbeit kommt jedoch schon bei Arbeitslöhnen von 4 Pf. an, also für praktische Fälle stets, bei ausreichender Bodenmenge in Frage. Bis 12,1 Pf. Lohn steht sich nur Handbetrieb und Trockenbagger gegenüber, darüber wieder alle drei Betriebsarten je nach der Gesamtbodenmenge. Bei dem Lohnsatz von 40 Pf. ist bis zu 14 200 cbm der Handbetrieb, bis zu 1 600 000 cbm die Dampfschaufel, darüber der Trockenbagger die wirtschaftlichste Betriebsart. Bei 41 Pf. Stundenlohn hört der Wettbewerb des Trockenbaggers gänzlich auf. Bei einem Lohnsatz von 100 Pf. liegt die Grenze der Wirtschaftlichkeit der Dampfschaufel und des Handbetriebes schon bei 5100 cbm.

In Bodenart III tritt der Wettbewerb des Trockenbaggers noch mehr zurück. Nur bei den heute wohl nicht mehr vorkommenden Lohnsätzen von 4 bis 9,5 kommt er mit dem Handbetrieb, von 9,5 bis 25 Pf. mit der Dampfschaufel in Wettbewerb. Darüber hinaus bleiben nur Dampfschaufel und Handbetrieb. Bei 100 Pf. Stundenlohn liegt die wirtschaftliche Grenze zwischen beiden Betriebsarten bei 3700 cbm Gesamtbodenmenge.

Bei der Unsicherheit der Angaben für die Kosten und die Leistungen der Erdarbeiten in den festeren Bodenarten sollen diese

nicht in derselben eingehenden Weise behandelt werden, wie die drei ersten Bodenklassen. Der Trockenbagger kommt bei keiner der letzten vier Klassen in Frage, bei der Bodenklasse VII ist auch der Wettbewerb der Dampfschaufel ausgeschaltet.

Als Grund für die Vorherrschaft der Erdarbeitmaschinen in Nordamerika ist häufig die Billigkeit der Kohle angeführt worden. Das ist aber in zweifacher Beziehung nicht ganz richtig. Denn erstens ist der Kohlenpreis absolut genommen nicht so erheblich billiger als in Europa. Er beträgt im Osten der Vereinigten Staaten im Durchschnitt 3,0 bis 3,5 Dollar für 1 ton von 907 kg oder 13,9 bis 16,1 Mark für 1 t, während wir 18,5 Mark angenommen werden. Zweitens spielt der Kohlenpreis bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Dampfschaufelbetriebes eine ganz untergeordnete Rolle. So würde z. B. die Grenzbodenmenge in Bodenklasse I gegen Handbetrieb bei 40 Pf. Stundenlohn nur von 37 000 auf 35 800 heruntergehen, wenn die Kohlen 10,00 Mark statt 18,5 Mark kosteten. Die Dauerkosten für 1 cbm würden von 15,6 auf 14,9, also nur um 0,7 Pf. abnehmen. Eine Steigerung des Kohlenpreises von 18,5 auf 25,0 Mark würde unter denselben Verhältnissen die Grenzbodenmenge von 37 500 auf 39 000 cbm und die Dauerkosten um 0,5 Pf. von 15,6 auf 16,1 Pf. für 1 cbm erhöhen. Für den Trockenbagger sind die Zahlen ganz ähnlich, so daß sich die wirtschaftliche Grenze des Trockenbaggerbetriebes gegen den Dampfschaufelbetrieb bei Veränderung des Kohlenpreises kaum verschiebt. Ein weiteres Eingehen auf den Einfluß des Kohlenpreises auf die Wirtschaftlichkeit des maschinellen Betriebes bei Erdarbeiten dürfte sich daher erübrigen.

3. Verschiedene Vorzüge der drei Betriebsarten voreinander.

Die bisherigen Untersuchungen haben sich darauf beschränken müssen, unter Zugrundelegung von Durchschnittsverhältnissen die wirtschaftlichen Vorzüge der drei Bodengewinnungsverfahren insoweit darzustellen, als sie rechnermäßig erfaßt werden können. Die zahlreichen anderen Vorzüge, die einzelne der Betriebsarten gegenüber anderen haben, sollen in nachstehendem kurz zusammengestellt werden:

1. Vorzüge des Handbetriebes vor dem maschinellen Betrieb.

- a) Mit Schaufel und Spaten lernt bald auch der ungelernete Arbeiter umgehen.
- b) Bessere Anpassung an Arbeitsunterbrechungen und an Aenderung von Dispositionen.
- c) Unabhängiger von Zufahrtverhältnissen.
- d) Anschluß an Bauwerke, Beseitigung von vorübergehenden Einrichtungen ist leichter zu bewirken.
- e) Weniger Böschungsarbeiten.
- f) Herstellung eines Schlitzes leichter.
- g) Bei flachen Abgrabungen erheblich im Vorteil.
- h) Bei Verkürzung der Arbeitszeit (Achtstundentag) verschiebt sich die wirtschaftliche Grenze zugunsten des Handbetriebes.

2. Vorzüge des maschinellen Betriebes vor dem Handbetrieb.

- a) Ersparung von Zeit und Bauzinsen.
- b) Bei Tag- und Nachtbetrieb verschiebt sich die wirtschaftliche Grenze zugunsten des maschinellen Betriebes.
- c) Bei Trockenbaggerbetrieb kann die Wasserhaltung billiger werden.
- d) Der Trockenbagger hebt die gewonnenen Bodenmengen, daher fällt oft ein Steigungszuschlag zum Transportpreise fort.
- e) Die Dampfschaufel kann zugleich als Kran (etwa 25 t) dienen und schwere Hindernisse beseitigen.

3. Vorzüge des Trockenbaggers vor der Dampfschaufel.

- a) Wasserhaltung kann billiger werden.
- b) Falls der Boden beim Transport gehoben werden muß (bei Kanalbauten die Regel), spart der Tiefbagger den Steigungszuschlag (nach dem Handbuch der Ing.-Wiss. I, II, S. 98 $\frac{1}{2}$ Pfennig für 1 m, also 3 Pf. für 6 m Hebung).
- c) Der Trockenbagger läßt sich leichter mit besonderen Transporteinrichtungen (Gurtförderer) verbinden.

4. Vorzüge der Dampfschaufel vor dem Trockenbagger.

- a) Vorbereitende Handarbeit geringer.
- b) Im Hügellande im Vorteil, da die Dampfschaufel ihre Baggerebene selbst herstellt.
- c) Kein Druck auf die Böschungskante.

- d) Besserer Anschluß an Bauwerke.
- e) Bei rauhem Betrieb im Vorteil, da der kräftige Löffel die meisten Hindernisse ohne Nachhilfe durch Handarbeit beseitigt (Fortschaffen von großen Findlingen).
- f) Kann auch enge Einschnitte herstellen.
- g) Im Vorteil bei hohen Abgrabungen und Sprengungen, die die Baggergleise verschütten können.

4. Anwendung der Ergebnisse auf große Erdarbeiten in Gegenwart und Zukunft.

Soweit die mangelhaften Unterlagen es zulassen und soweit die zahlreichen Nebenumstände unberücksichtigt bleiben können, die gerade bei großen Erdarbeiten alle Berechnungen unsicher machen und nur von erfahrenen Erdarbeitenunternehmern einigermaßen zuverlässig bewertet werden können, lassen die graphischen Auftragungen auf Blatt 2, 3 und 4 genau erkennen, welche der drei betrachteten Betriebsarten unter gegebenen Verhältnissen die wirtschaftlich richtige ist.

Man darf annehmen, daß die Unternehmer auch ohne derartig eingehende Untersuchungen durch längere Erfahrung zu denselben Ergebnissen kommen müssen, wenn die hier zugrunde gelegten Verfahren und Annahmen richtig sind. Daß in Wirklichkeit die Betriebsarten nicht immer von den Unternehmern da gewählt werden, wo sie beginnen, wirtschaftlich zu werden, hat mehrere Gründe. Erstens gehen die Unternehmer erst bei einer größeren Bodenmenge als der theoretischen Grenzmenge zu einem komplizierteren Betrieb über, da dieser mehr unbestimmbare Einflüsse besitzt. Zweitens werden bei steigenden Arbeitslöhnen zum Teil die Erfahrungen, die bei niedrigeren Löhnen gemacht wurden, noch weiter benutzt. Drittens arbeitet der Unternehmer lieber mit dem Gerät, das er schon besitzt, da er nicht wissen kann, ob er etwa angeschafftes neues Gerät später ausnutzen kann. Andererseits zwingen manchmal Mangel an Zeit oder an Arbeiterangebot zur Maschinenarbeit, auch wenn sie nicht die wirtschaftlichste Betriebsart ist.

Im allgemeinen werden aber die vorstehenden Untersuchungen auch tatsächlich durch die Erfahrungen bei großen Erdarbeiten bestätigt. So entspricht es nur dem Ergebnis derselben, daß der

maschinelle Betrieb überhaupt nicht in Frage kam, so lange der Arbeitslohn noch sehr niedrig war. Auf dem europäischen Kontinent, bei verhältnismäßig billigen Löhnen und vorherrschend leichten Bodenarten gab es bis vor kurzer Zeit neben der Handarbeit als Bodengewinnungsmaschine nur den Trockenbagger. Aber seit einigen Jahren beginnt bei festen Bodenarten die Dampfschaufel sich ihr Feld zu erwerben. Beides steht mit den Ergebnissen unserer Untersuchungen in Einklang. Beim Bau des Kanals von Korinth waren zwar auch die Löhne niedrig, der Boden aber fest, größtenteils Fels. Zutreffenderweise wurde daher der Handbetrieb als die wirtschaftlichste Betriebsart gewählt. Beim Bau des Manchester-Seekanals haben sich die Trockenbagger und die Dampfschaufeln gleich gut bewährt. Nach den vorstehenden Untersuchungen würde dies z. B. der Fall sein für Bodenklasse II, bei Löhnen zwischen 35 und 40 Pf. und zusammenhängend geförderten Bodenmengen von 360 000 bis 1 600 000 cbm. Da diese Zahlen ungefähr den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen (der Arbeitslohn betrug 35 Pf.), so sind auch hier die Untersuchungen bestätigt. In Nordamerika gilt heute (wenigstens im Herbst 1907) ein Stundenlohn von 20 cent = 84 Pf. für billig. Im westlichen Teil des Seengebietes wurden erheblich höhere Stundenlöhne bezahlt. Daß der Trockenbagger unter diesen Umständen dort so gut wie gar nicht Verwendung findet, stimmt mit den Untersuchungen völlig überein. Bei derartigen Lohnsätzen kommt der Trockenbagger mit der Dampfschaufel in der Bodenklasse II bis VI überhaupt nicht, in der Bodenklasse I nur für sehr große Erdarbeiten in Wettbewerb. Auch in dieser Bodenklasse hört bei einem Stundenlohn von 99 Pf. jeder Wettbewerb auf. Daß für die seltenen Fälle der Anwendung des Trockenbaggers dort keine derartigen Geräte gebaut werden, ist hiernach erklärlich.

Die bisherige und jetzige Anwendung der Betriebsarten zur Erdgewinnung steht also mit den Ergebnissen der Untersuchung völlig in Einklang, und man kann daher auch der Frage näher treten, wie sich diese Anwendung in Zukunft gestalten wird.

Daß bei weiterem Steigen der Arbeitslöhne bei großen Erdarbeiten der maschinelle Betrieb den Handbetrieb immer mehr verdrängen wird, ist mit Sicherheit zu erwarten. Nur bei den allerfestesten Gesteinen scheint eine dauernde Ueberlegenheit des Handbetriebes zu bestehen, jedenfalls so lange, als nicht noch andere

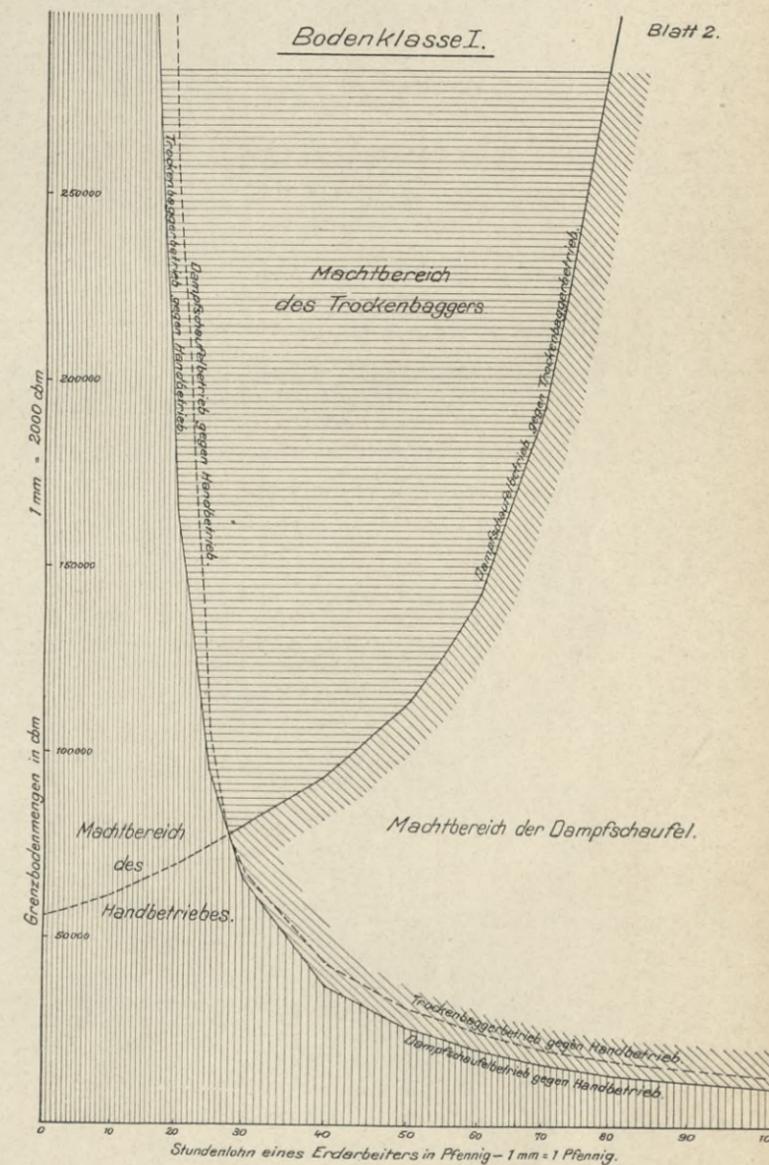
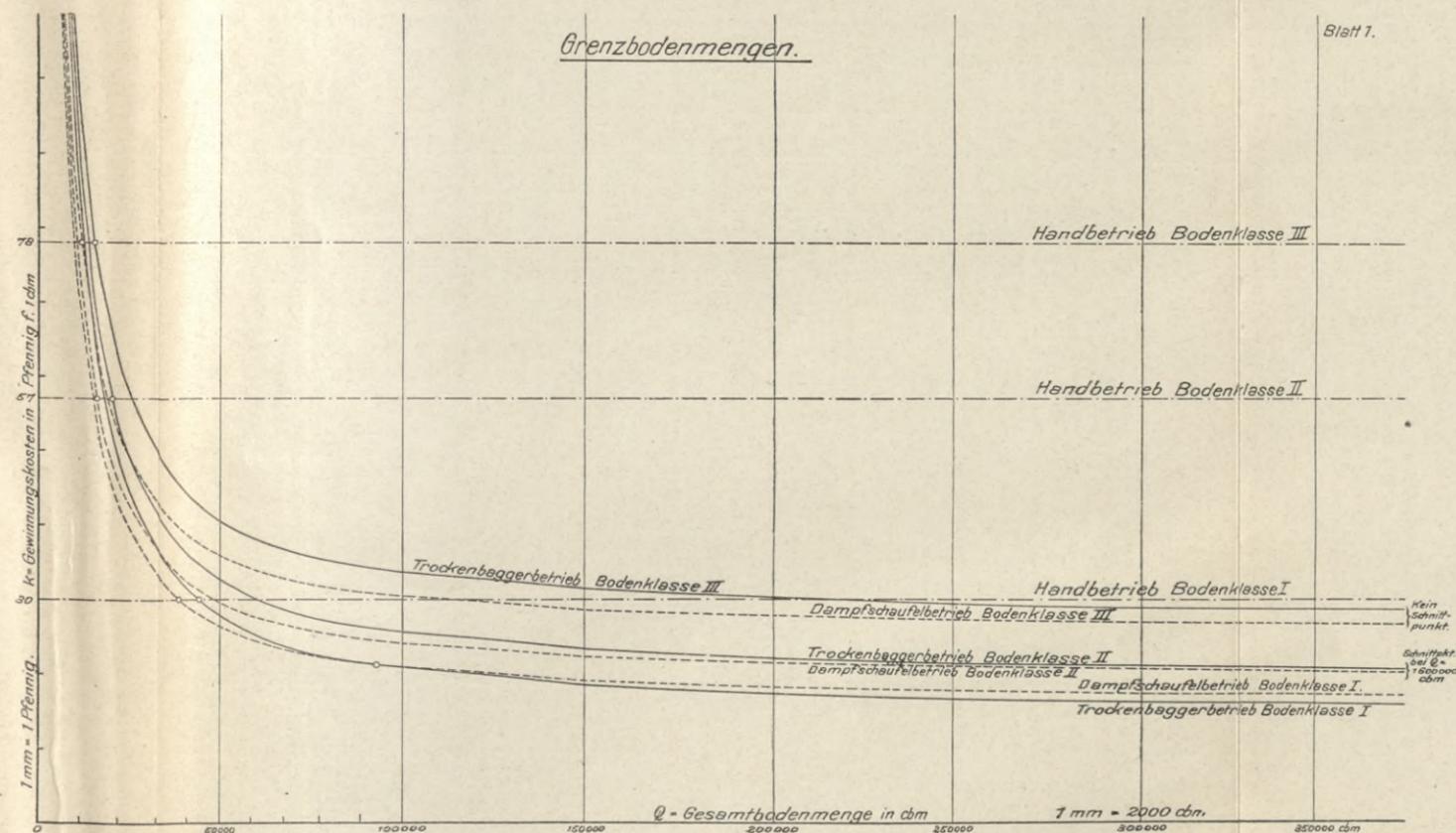
Maschinen zur Gewinnung derartiger Gesteinsarten erfunden werden.

Sehr viel schwerer ist die Frage zu beantworten, welche Bodengewinnungsmaschine in Zukunft in Deutschland vorherrschen wird. Daß die beiden bisher betrachteten Maschinen für gegebene Fälle ihre wirtschaftliche Berechtigung haben, kann nach vorstehenden Untersuchungen als erwiesen gelten. Es wird nur Sache der Zukunft sein, die Unterlagen zu vervollständigen und danach die Ergebnisse im einzelnen zu verbessern. Wird man aber überhaupt dahin kommen, daß für jede große Erdarbeit stets diejenige Maschine angewendet werden wird, welche den wirtschaftlichsten Betrieb gewährleistet?

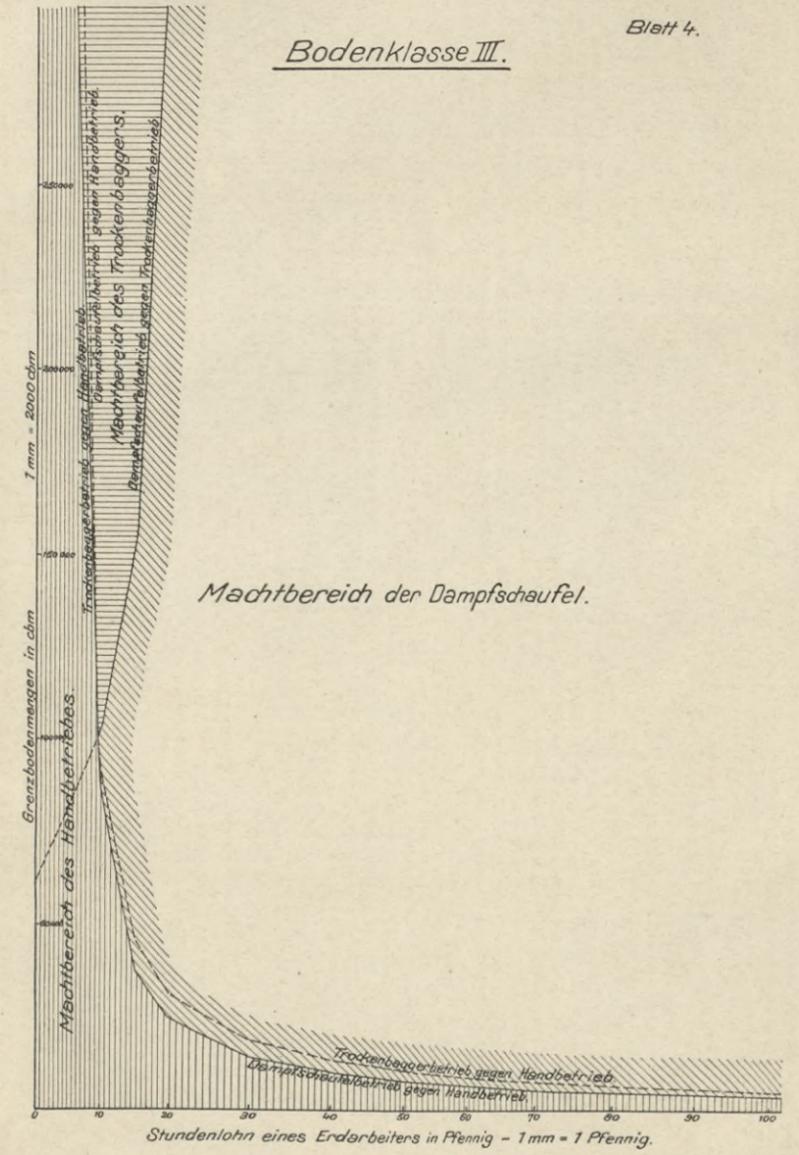
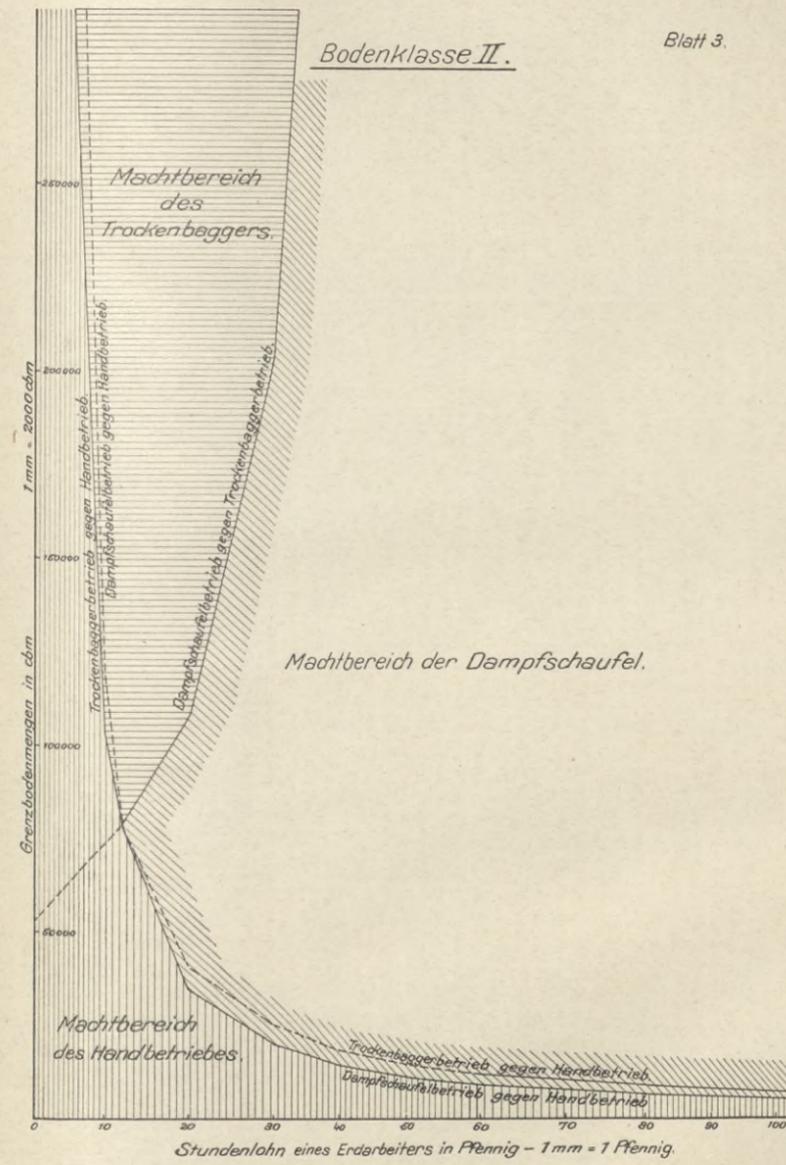
Der Erdarbeitenunternehmer steht in den meisten Fällen dieser Frage ganz anders gegenüber als eine Bauverwaltung, die für einen bestimmten Fall eine Betriebsart für große Erdarbeiten auszuwählen hat. Sie kennt die im ganzen und jährlich zu fördernde Bodenmenge, die Bodenarten und in gewissen Grenzen auch die Arbeitslöhne und die Kosten der Kohle. Sie ist daher in der Lage, nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten die beste Gewinnungsart auszuwählen. Anders im allgemeinen der Erdarbeitenunternehmer. Abgesehen von dem seltenen Fall, daß die zunächst in Aussicht stehende Arbeit derart groß ist, daß sie allein zur vollständigen Ausnutzung und Abschreibung des Gerätes genügt, muß er damit rechnen, mit wie großer Wahrscheinlichkeit er sein Gerät bei späteren Arbeiten wieder verwenden kann. Als in Nordamerika die Handarbeit durch die Maschinenarbeit verdrängt wurde, hatten die Erdarbeiten vorwiegend kleineren Umfang, so daß die Unternehmer gezwungen waren, ihr Gerät nicht auf eine Arbeit einzurichten, sondern bei der Auswahl an die Zukunft zu denken. Da zudem festere Bodenarten überwogen, war unbedingt die Dampfschaufel das geeignetste Gerät. Ob sich daneben der Trockenbagger jetzt noch einführen können, scheint ziemlich ausgeschlossen, da er der hohen Löhne wegen nur für wenige Arbeiten in leichtem Boden in Frage kommt. Dazu kommt in Nordamerika noch der große Vorzug der Dampfschaufel, daß sie in die gewöhnlichen Güterzüge eingestellt werden kann, so daß bei Arbeiten in der Nähe einer Eisenbahn nur sehr geringe einmalige Kosten entstehen.

Auf dem europäischen Kontinent ist die Entwicklung eine andere gewesen. Auch heute noch ist der Arbeitslohn nicht so hoch, als daß nicht für den größten Teil der Erdarbeiten die Handarbeit noch in Wettbewerb mit Maschinenarbeit kommt. Nur bei großen Kanaleinschnitten und Hafengebäuden hat sich die wirtschaftliche Ueberlegenheit der Maschinenarbeit schon seit längerer Zeit gezeigt. Da für diese Arbeiten bei dem meist vorhandenen leichten Boden der Trockenbagger das geeignetste Werkzeug ist, war es naturgemäß, daß die Unternehmer, die sich mit diesen Arbeiten befaßten, Trockenbagger anschafften. Die anderen blieben zunächst beim Handbetrieb. Aber bei steigenden Arbeitslöhnen hat sich auch hier schon gezeigt, daß auch kleinere Erdarbeiten, z. B. Baugruben für Schleusen, Gasbehälter usw. wirtschaftlich durch Maschinenarbeit hergestellt werden können. Welche Maschinengattung nun später vorwiegend angewendet wird, hängt außer von der größten Wirtschaftlichkeit auch etwas von der Gewohnheit, welche gern an bewährten Betriebsarten festhält, ab. Aber der Anfang mit der Einführung der Dampfschaufel ist bereits gemacht, und so kann man wohl die Vermutung aussprechen, daß in Zukunft die größeren Unternehmerfirmen sich Trockenbagger und Dampfschaufeln, die kleineren Unternehmer nur Dampfschaufeln anschaffen werden, da sie in ihnen ein für alle Zwecke geeignetes Werkzeug haben, wenn es vielleicht auch in einigen Fällen nicht das wirtschaftlichste ist. Zur weiteren Verbreitung der Dampfschaufel wird auch besonders der Umstand beitragen, daß sie die Zahl der Arbeiter gegenüber dem Handbetrieb auch in den Fällen zu vermindern gestattet, in denen sich der Trockenbagger nicht verwenden läßt.

Wir werden daher bei steigenden Löhnen, wenn auch nicht wie Nordamerika zu einer Alleinherrschaft, so doch zu einer Vorherrschaft der Dampfschaufel gelangen. Der Trockenbagger, der nicht geeignet ist, seine Ueberlegenheit überall zu behaupten, wird indessen sowohl bei sehr großen Erdarbeiten, als auch bei Dauerbetrieben, bei denen es auf äußerste Wirtschaftlichkeit ankommt, z. B. bei Abraumarbeiten und Sandversatz von Bergwerken, zumal bei leichteren Bodenarten, noch lange seine Berechtigung behalten.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15987

Druk. U. J. Zap. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298838