

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

26

schen

**Erbau**

Von

**Erwin Link**

Mit 72 Abbildungen

G 36

71 <sup>l</sup>



630

15262295 3811424

# Sammlung Götschen

Unser heutiges Wissen  
in kurzen, klaren, allgemeinverständlichen  
Einzeldarstellungen

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlags-  
buchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Berlin W. 10 und Leipzig

## Tiefbautechnische Bibliothek

aus der Sammlung Götschen

**Geologie** von Dr. Edgar Dacqué.

I. Allgemeine Geologie. Mit 75 Figuren . . . . . Nr. 13

II. Stratigraphie. Mit 56 Figuren und 7 Tafeln . . . . . Nr. 846

**Mineralogie** von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 132 Figuren. Nr. 29

**Petrographie** von Prof. Dr. W. Bruhns. Mit 15 Figuren. Nr. 173

**Praktisches Zahlenrechnen** von Prof. Dr.-Ing. P. Werk-  
meister. Mit 58 Figuren . . . . . Nr. 405

**Technische Tabellen u. Formeln** v. Dr.-Ing. W. Müller.  
Mit 106 Figuren . . . . . Nr. 579

**Materialprüfungswesen.** Einführung in die moderne  
Technik der Materialprüfung von Dipl.-Ingenieur Prof.  
K. Memmler

I. Me . . . . . ttel  
für . . . . . Nr. 311

II. Me . . . . . les

Ma . . . . . ng.

Sch . . . . . Mit

31 . . . . . Nr. 312

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298001

**Statik** von Prof. W. Hauber.  
 I. Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Fig. Nr. 178  
 II. Angewandte Statik. Mit 61 Figuren . . . . . Nr. 179

**Graphische Statik** mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien von Dipl.-Ing. Otto Henkel. 2 Bände. Mit 121 Figuren . . . . . Nr. 603, 695

**Festigkeitslehre** von Prof. W. Hauber. Mit 56 Figuren. Nr. 288

**Aufgabensammlung z. Festigkeitslehre m. Lösungen** von Dipl.-Ing. R. Haren. Mit 42 Figuren . . . . . Nr. 491

**Hydraulik** v. Dipl.-Ing. Prof. W. Hauber. Mit 44 Figuren. Nr. 397

**Kinematik** von Dipl.-Ing. Hans Polster. Mit 76 Figuren. Nr. 584

**Elastizitätslehre für Ingenieure.** I. Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gekrümmte Träger von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin. Mit 60 Figuren . . . . . Nr. 519

**Geometrisches Zeichnen** von H. Becker, neubearbeitet v. Prof. J. Vonderlinn. Mit 290 Fig. u. 23 Tafeln i. Text. Nr. 58

**Schattenkonstruktionen** von Prof. J. Vonderlinn. Mit 114 Figuren . . . . . Nr. 236

**Parallelperspektive.** Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn. Mit 121 Figuren. Nr. 260

**Zentral-Perspektive** v. Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 132 Figuren . . . . . Nr. 57

**Darstellende Geometrie** von Prof. Dr. Robert Hausner.  
 I. Mit 110 Figuren . . . . . Nr. 142  
 II. Mit 40 Figuren . . . . . Nr. 143

**Die Baustoffkunde** von Prof. H. Haberstroh. Mit 36 Fig. Nr. 506

**Vermessungskunde** von Prof. Dipl.-Ing. P. Werkmeister.  
 I. Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Figuren . . . . . Nr. 468  
 II. Der Theodolit. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Figuren . . . . . Nr. 469

**Die Kostenberechnung im Ingenieurbau** von Prof. E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln. Nr. 750

**Erdbau** von Reg.-Baumeister Erwin Link. Mit 72 Figuren. Nr. 630

**Landstraßenbau** von Ober-Ing. A. Liebmann. Mit 44 Fig. Nr. 598

**Stadtstraßenbau** von Dr.-Ing. Georg Klose. Mit 50 Fig. Nr. 740

**Die Entwicklung des modernen Eisenbahnbaues** von Dipl.-Ing. Alfred Birk. Mit 27 Figuren . . . . . Nr. 553

**Die Linienführung d. Eisenbahnen** v. Prof. H. Wegele. Mit 52 Figuren . . . . . Nr. 623

**Hochbauten d. Bahnhöfe** v. Eisenbahnbauinsp. C. Schwab.  
 I. Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Figuren . . . . . Nr. 515

**Die mechanischen Stellwerke der Eisenbahnen** von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 3 Bände. Mit vielen Figuren . . . . . Nr. 674, 688, 747

- Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen** von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 2 Bände. Mit 72 Figuren. Nr. 689, 690
- Das elektrische Fernmeldewesen bei den Eisenbahnen** von Geh. Baurat K. Fink. Mit 50 Figuren . . . Nr. 707
- Eisenbahnfahrzeuge** v. Reg.-Baumeister H. Hinnenthal.  
 I. Die Dampflokomotiven. Mit 89 Fig. i. Text u. 2 Tafeln. Nr. 107  
 II. Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Figuren im Text und 3 Tafeln . . . . . Nr. 108
- Der Eisenbahnbetrieb** v. Oberbaurat a. D. S. Scheibner. Mit 3 Figuren . . . . . Nr. 676
- Der Eisenbahnverkehr** v. Eisenbahn-Rechnungsdirektor Theodor Wilbrand . . . . . Nr. 618
- Schmalspurbahnen** (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 99 Figuren . . . . . Nr. 524
- Straßenbahnen** v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 72 Fig. Nr. 559
- Kolonial- und Kleinbahnen** v. Geh. Oberbaurat Prof. F. Baltzer.  
 I. Begriff und Wesen, Kolonialbahnen Afrikas, Kleinbahnen der wichtigsten Länder u. a. Mit 7 Figuren. Nr. 816  
 II. Bauliche Ausgestaltung von Bahn und Fahrzeug, Betrieb und Verkehr. Mit 22 Figuren . . . . . Nr. 817
- Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues** von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. Th. Landsberg. Mit 45 Fig. Nr. 687
- Gründungen d. Brücken** v. Prof. Th. Janssen. Mit 40 Fig. Nr. 803
- Eisenbetonbrücken** von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle Mit 104 Figuren . . . . . Nr. 627
- Wasserversorgung der Ortschaften** von Prof. Dr.-Ing. Robert Weyrauch. Mit 85 Figuren . . . . . Nr. 5
- Entwässerung und Reinigung der Gebäude** von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 92 Figuren . . . . . Nr. 822
- Gas- und Wasserversorgung** von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit vielen Figuren . . . . . Nr. 412
- Flußbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit vielen Figuren . . . . . Nr. 597
- Kanal- und Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit 78 Figuren . . . . . Nr. 585
- Wasserkraftanlagen** von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. Th. Rümelin.  
 I. Beschreibung. Mit 66 Figuren . . . . . Nr. 655  
 II. Gewinnung der Wasserkraft. Mit 35 Figuren . . . . . Nr. 666  
 III. Bau und Betrieb. Mit 56 Figuren . . . . . Nr. 667
- Meliorationen** von Baurat Otto Fauser. 2 Bände. Mit vielen Figuren . . . . . Nr. 691, 692

---

Weitere Bände sind in Vorbereitung

Sammlung Göschen

# Erdbau

Von

**Erwin Link**

Regierungsbaumeister in Stuttgart

Mit 72 Abbildungen

Zweite Auflage



Reichsverkehrsministerium

\* Postkammer \*



Bestandsbuch Nr. 331

Leitwort: *Leinfelden* Spind: Fach:

Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung - J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung - Georg Reimer - Karl J. Trübner - Veit & Comp.

1920

X  
1743

G36.71<sup>l</sup>

1-301271

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,  
von der Verlagshandlung vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

~~126~~



Druck  
der Spamerschen  
Buchdruckerei in Leipzig

BPU-3-569/200/57  
~~3710~~ | 49  
Akc. Nr. \_\_\_\_\_

# Inhaltsverzeichnis.

|   | Seite |
|---|-------|
| Einleitung . . . . .  | 7     |
| Technische Entwicklung des Erdbaus. Maschinelle Arbeitsweise . . . . .                        | 7     |
| <b>A. Die Bodenarten.</b>   |       |
| § 1. Geologisches Verhalten der Bodenarten . . . . .  | 10    |
| 1. Erdarten: Ton, Mergelarten, Lehm, Sand, Humus, Torf und Moor . . . . .                     | 10    |
| 2. Felsgesteine . . . . .   | 14    |
| § 2. Bodenuntersuchungen . . . . .  | 15    |
| 1. Herstellen von Probegruben . . . . .   | 16    |
| 2. Sondieren . . . . .  | 16    |
| 3. Bohren . . . . .   | 17    |
| 4. Abteufen von Schächten . . . . .   | 20    |
| § 3. Bodenarten als Baugrund . . . . .  | 21    |
| 1. Guter Baugrund . . . . .   | 22    |
| 2. Mittlerer Baugrund . . . . .   | 23    |
| 3. Schlechter Baugrund . . . . .  | 23    |
| § 4. Die Bodenarten mit Rücksicht auf ihre Lösbarkeit . . . . .                               | 23    |
| Einteilung. Tabelle 1 . . . . .   | 25    |
| Abkeilen . . . . .  | 26    |
| Sprengungen . . . . .   | 26    |
| § 5. Verhalten der Bodenarten bei der Herstellung von Dammschüttungen. Auflockerung . . . . . | 27    |
| § 6. Verhalten der Bodenarten an Böschungen . . . . .   | 31    |
| Natürlicher Böschungswinkel. Böschungsverhältnis . . . . .                                    | 32    |
| Tabelle 2 . . . . .   | 33    |
| <b>B. Ausführung der Erdarbeiten.</b>   |       |
| § 7. Geräte im Erdbau . . . . .   | 34    |
| 1. Geräte für die Vorarbeiten . . . . .   | 35    |
| 2. Geräte für Bodengewinnung von Hand . . . . .   | 36    |
| § 8. Bodengewinnung durch Maschinen . . . . .   | 37    |
| Übersicht über die vorkommenden Maschinen . . . . .   | 38    |
| § 9. Eimerkettenbagger . . . . .  | 40    |
| Durchhängende Eimerkette . . . . .  | 40    |
| Zwangläufig geführte Eimerkette . . . . .   | 40    |
| Einige Trockenbaggerarten. Tabelle 3 . . . . .  | 46    |
| Arbeitsprogramm beim Baggern . . . . .  | 49    |
| Transporteure . . . . .   | 52    |
| § 10. Löffelbagger oder Schaufelbagger . . . . .  | 52    |
| 1. Der gewöhnliche Löffelbagger . . . . .   | 55    |
| 2. Der Eisenbahnlöffelbagger . . . . .  | 55    |
| Tabelle 4. Abmessungen der Löffelbagger . . . . .   | 60    |
| § 11. Vergleich zwischen Eimerkettenbagger und Löffelbagger . . . . .                         | 63    |
| § 12. Greifbagger . . . . .   | 66    |
| Greifbagger. Tabelle 5 . . . . .  | 68    |

|   |     |
|---|-----|
| § 13. Naßbagger oder schwimmende Baggermaschinen . . . . .                            | 68  |
| 1. Schwimmbagger mit Handbetrieb . . . . .  | 68  |
| a) Vertikalhandbagger . . . . .   | 68  |
| b) Schrägbagger . . . . .   | 69  |
| 2. Schwimmbagger mit maschinellem Antrieb . . . . .                                   |     |
| a) Für leichte Bodenarten. Saugbagger und Pumpenbagger . . . . .                      | 69  |
| α) Spültransport . . . . .  | 69  |
| β) Schutensauger, Elevatoren . . . . .  | 70  |
| γ) Hopperbagger . . . . .   | 71  |
| δ) Spülbare Bodenarten. . . . .   | 71  |
| b) Für schwere Bodenarten. Eimerkettenbagger und Löffelbagger . . . . .               | 73  |
| Tabelle 6. Eimerkettenbagger als Naßbagger . . . . .                                  | 74  |
| Pflüge und pflugartige Maschinen. Schrapper . . . . .                                 | 75  |
| § 14. Förderung des Bodens, Fördergefäße und Fördermaschinen. . . . .                 |     |
| § 15. Förderung des Bodens, Fördergefäße und Fördermaschinen. . . . .                 |     |
| 1. Werfen . . . . .   | 76  |
| 2. Tragen . . . . .   | 76  |
| 3. Beförderung in Kähnen . . . . .  | 78  |
| 4. Beförderung mit Schubkarren und Kippkarren. Tabelle 7 . . . . .                    | 78  |
| 5. Bodenbeförderung auf Rollwagen und Schienengleis. . . . .                          | 79  |
| a) Muldenkipper. Tabelle 8 . . . . .  | 80  |
| b) Holzkastenskipper. Tabelle 9 . . . . .   | 83  |
| c) Lokomotiven. Tabelle 10 . . . . .  | 85  |
| d) Gleis und Weichen. Tabelle 11 . . . . .  | 85  |
| 6. Bänder ohne Ende . . . . .   | 89  |
| 7. Schüttrinnen . . . . .   | 89  |
| 8. Bremsberge . . . . .   | 89  |
| 9. Drahtseilbahnen . . . . .  | 96  |
| § 16. Arbeitsbetrieb am Aufladeort, Einschnittsarbeiten . . . . .                     | 92  |
| Lagenbau, Strossenbau, Seitenbau, Röschenbau, englischer Einschnittsbetrieb . . . . . | 93  |
| § 17. Arbeitsbetrieb am Abladeort . . . . .   |     |
| I. Schüttungsarbeiten . . . . .   | 95  |
| 1. Lagenschüttung . . . . .   | 97  |
| 2. Kopfschüttung . . . . .  | 97  |
| 3. Seitenschüttung . . . . .  | 99  |
| 4. Gerüstschüttung . . . . .  | 99  |
| II. Überhöhung der Dämme . . . . .  | 101 |
| § 18. Absteckungsarbeiten . . . . .   | 103 |
| <b>C. Kostenberechnung der Erdarbeiten.</b>   |     |
| § 19. Berechnung der Erdkörper . . . . .  | 106 |
| 1. Flächenermittlung der Querprofile . . . . .  | 106 |
| 2. Ermittlung der Erdmassen . . . . .   | 108 |
| § 20. Kosten der Erdarbeiten . . . . .  | 109 |
| I. Unvorhergesehene Kosten und Zuschläge für Risiko und Gewinn . . . . .              | 109 |
| II. Allgemeine Bauunkosten . . . . .  | 110 |
| III. Direkte technische Ausführungskosten . . . . .                                   |     |
| 1. Kosten für Lösen und Laden des Bodens . . . . .                                    |     |
| a) Kosten für Lösen und Laden von Hand. Tabelle 12 . . . . .                          | 110 |

|  | Seite |
|--|-------|
| b) Kosten für Lösen und Laden durch Bagge-<br>rung. Beispiel . . . . .                 | 112   |
| 2. Kosten für Bodentransport auf horizontaler Bahn                                     | 114   |
| a) Ladekoeffizient und Abtragskoeffizient.<br>Auflockerung. Tabelle 13 . . . . .       | 114   |
| b) Zweckmäßigste Transportart . . . . .  | 115   |
| c) Transportkosten für Schubkarrentransport.<br>Tabelle 14 . . . . .                   | 116   |
| d) Kippwagentransport mit Menschenbetrieb<br>auf Schmalspurgleis. Tabelle 15 . . . . . | 118   |
| e) Kippwagentransport mit Lokomotivbetrieb<br>auf Schmalspurgleis . . . . .            | 118   |
| Beispiel 1: Transportzug von Mulden-<br>kippern. Tabelle 16 . . . . .                  | 118   |
| Beispiel 2: Transportzug von Holzkasten-<br>kippern. Tabelle 17 . . . . .              | 120   |
| 3. Kostenzuschläge für Steigung und Gefälle der<br>Transportbahn . . . . .             | 121   |
| IV. Kosten verschiedener Nebenarbeiten   |       |
| 1. Rodungsarbeiten . . . . .   | 123   |
| 2. Einhauen von Terrassen . . . . .  | 123   |
| 3. Aussetzen anfallender Einschnittsmaterialien . . . . .                              | 123   |
| 4. Humusandecken . . . . .   | 124   |
| 5. Ansäen der Böschungen . . . . .   | 124   |
| <b>D. Vollendungs- und Wiederherstellungsarbeiten.</b>                                 |       |
| § 21. Böschungsbefestigung . . . . .   | 124   |
| Ansäen, Rasenbekleidung, Bepflanzen mit Sträuchern,<br>Abplastern . . . . .            | 124   |
| § 22. Erdrutschungen . . . . .   | 127   |
| 1. Rutschungen an Einschnittsböschungen . . . . .                                      | 128   |
| 2. Einschnittsrutschungen infolge vorhandener Gleit-<br>flächen . . . . .              | 130   |
| 3. Dammrutschungen . . . . .   | 132   |
| Sachregister . . . . .   | 134   |

## Tabellenverzeichnis.

- Tabelle 1: Einteilung der Bodenarten und Arbeitszeit zum Lösen und Laden von Hand. S. 25.
- „ 2: Natürlicher Böschungswinkel und Böschungsverhältnisse für die Ausführung. S. 33.
- „ 3: Eimerkettenbagger der Lübecker Maschinenbaugesellschaft. S. 46.
- „ 4: Löffelbagger der Fa. Menck & Hambrock, Altona. S. 60.
- „ 5: Greifbagger. S. 68.
- „ 6: Eimerkettenbagger als Naßbagger. S. 74.
- „ 7: Eiserne Schubkarren. S. 79.
- „ 8: Muldenkipper. S. 82.
- „ 9: Holzkastenkipper. S. 84.
- „ 10: Lokomotiven für Erdtransport. S. 86.
- „ 11: Abmessungen für Holzschwellen. S. 88.
- „ 12: Kosten für Lösen und Laden von Hand. S. 111.
- „ 13: Werte für die Auflockerung. S. 115.
- „ 14: Transportkosten für Schubkarrentransport. S. 117.
- „ 15: Transportkosten für Kippwagentransport mit Menschenbetrieb. S. 119.
- „ 16: Transportkosten für Muldenkippertransport mit Lokomotivbetrieb. Beispiel 1. S. 120.
- „ 17: Transportkosten für einen Transportzug mit Holzkastenkippwagen und Lokomotivbetrieb. Beispiel 2. S. 121.

## Literatur.

- Handbuch der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von L. von Willmann I. Teil, 2. Bd. Leipzig 1905.
- Desgleichen I. Teil, 1. Bd. Leipzig 1904.
- Karl Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaus. Leipzig 1910.
- Handbuch der Baukunde, bearbeitet von Barkhausen, Nessonius und Housselle. Berlin 1892.
- Osthoff-Scheck, Kostenberechnungen für Ingenieurbauten, 6. Auflage. Leipzig 1909.
- Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1902, Nr. 12 u. 13.
- Henz, Anleitung zum Erdbau, 3. Auflage, bearbeitet von Streckert. Berlin 1874.

Angaben und Abbildungen über Baggerarbeiten und Drahtseilbahnen sind enthalten in den Katalogen und Druckschriften folgender Firmen, die dem Verfasser von denselben in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt wurden:

Lübecker Maschinenbaugesellschaft in Lübeck.

Menck & Hambrock G. m. b. H. in Altona.

Adolf Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis, Spezialfabrik für Transportanlagen.

## Einleitung.

Unter Erdbau versteht man diejenigen Tiefbauarbeiten, bei welchen es sich um die Gewinnung und das Verbauen von Bodenmassen handelt, also einerseits um die Herstellung von Einschnitten und Abträgen, andererseits um die Ausführung von Anschüttungen und Dämmen.

Die technische Entwicklung des Erdbaus setzt mit dem Beginn des Eisenbahnwesens im zweiten Drittel des verflossenen Jahrhunderts ein. Der Bau von Eisenbahnen brachte es mit sich, daß bedeutende Erdbewegungen in kurzer Zeit ausgeführt werden mußten. Um diese Ausführungen wirtschaftlich günstig zu gestalten, waren zweckmäßige Vorkehrungen für die Art der Gewinnung, Förderung und Verteilung der Erdmassen notwendig. Dies führte einerseits zur Ausbildung bestimmter Arbeitsmethoden, andererseits infolge des stetigen Steigens der Arbeitslöhne zur Einführung des maschinellen Betriebes.

Die weitgehende Vervollkommnung der Arbeitsmaschinen für die Ausführung von Erdarbeiten vollzog sich vor allem in neuester Zeit durch die auf dem Gebiet des Wasserbaus durch die großen modernen Kanal- und Hafenbauten entstandenen technischen Aufgaben. Die Ausführung von Schiffahrtskanälen für große Seeschiffe wie beispielsweise der Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals und des Panamakanals erforderte die Bewegung

von Erdmassen größten Umfangs und veranlaßte durchgreifende Verbesserungen der Baggermaschinen, die zum erstenmal beim Bau des Suezkanals im Jahre 1863 im Gebrauch waren. Die Bagger, die früher nur in lockerem Kies und Sand Verwendung finden konnten, kommen jetzt in Ausführungen zur Verwendung, mit denen auch schwere Bodenarten unmittelbar bewältigt werden können.

In ähnlicher Weise entwickelte sich in jüngster Zeit die Bohr- und Sprengtechnik für die Aufarbeitung großer Felsmassen.

Die Bodenbeförderung geschieht aus wirtschaftlichen Gründen mit Fördergefäßen und Lokomotiven von stetig zunehmenden Abmessungen; wo besondere Geländeschwierigkeiten zu überwinden sind, bedient man sich neuerdings mit Vorteil der Drahtseilbahnen.

Durch die umfassende Durchführung des maschinellen Betriebs bei der Ausführung von Erdarbeiten ist dieser Zweig der Technik in einen neuen Entwicklungsabschnitt getreten. Es genügt nicht allein, daß der Bauingenieur die im Erdbau üblichen Arbeitsmethoden kennt, sondern er muß auch in den einschlägigen Teilen des Maschinenwesens Bescheid wissen, um selbständig beurteilen zu können, ob und wie im einzelnen Fall bei der Bauausführung maschinell vorgegangen werden kann und welche besonderen Forderungen dabei an die Konstruktion der Maschinen zu stellen sind. Der wirtschaftliche Erfolg hängt bei größeren Ausführungen in erster Linie von den in dieser Richtung getroffenen Entschließungen ab. Erfahrung im maschinellen Teil des Erdbaus ist nicht allein für den ausführenden Ingenieur der Bauunternehmung, sondern in gleichem Maße für den mit der Planbearbeitung und Kostenveranschlagung betrauten

Ingenieur notwendig. Die Arbeitsmaschine bestimmt den Arbeitsvorgang und damit die Ausführungskosten.

Die gesteigerten Arbeitslöhne und die jetzt verfügbaren besseren Arbeitsmaschinen machen das maschinelle Arbeiten schon bei verhältnismäßig kleinen zu befördernden Gesamtmassen wirtschaftlich, wo in früheren Jahren nur Handarbeit in Frage kommen konnte.

Die im Text angegebenen Preise für Geräte und Materialien sind die der früheren Auflage entnommenen „Friedenspreise“. Ebenso sind für die Arbeitsleistung der Erdarbeiter die vor dem Kriege üblichen Mittelwerte beibehalten worden. Als Nachwirkung des Krieges haben die Warenpreise und Löhne ungeahnte Verschiebungen erfahren und sind z. Zt. noch einem fast täglichen, vielfach sprunghaften Wechsel unterworfen. Die ehemalige Arbeitsleistung wird im Durchschnitt bei uns unter den veränderten Verhältnissen nicht mehr erzielt. Hierauf ist im Einzelfall Rücksicht zu nehmen. Die eingetretenen Verschiebungen auf dem Material- und Arbeitsmarkt haben das Anwendungsgebiet der Baumaschine für die Ausführung von Erdarbeiten weiter erheblich gesteigert.

---

## A. Die Bodenarten.

### § 1. Geologisches Verhalten der Bodenarten.

Die Eigenschaften der Bodenarten, die für die Zwecke des Erdbaues von Interesse sind, sind deren Härte, Lagerung, Wasserführung und Wasserdurchlässigkeit, Neigung zu Rutschungen, Tragfähigkeit, Auflockerung usw.

Man unterscheidet:

1. Erdarten,
2. Felsgesteine (Sediment- und Eruptivgesteine).

Die Erdarten sind im vorliegenden Fall am wichtigsten, da bei den technischen Ausführungen in der Hauptsache Erdarten durchschnitten werden. Sie entstehen aus den Felsgesteinen durch die Einwirkung der Atmosphärenteilchen, die durch die Angriffe des Wassers, der Luft, durch Temperaturänderungen, durch mechanische und chemische Einwirkungen die Zersetzung und Aufarbeitung der kompakten Felsmassen bewirken.

Diese Zersetzungsprodukte können als geschlossene Massen, in Schichten, als Spalten- und Gangausfüllungen, als kernartige Einlagerungen (Nester) sich absetzen und zeigen je nach ihrer Beschaffenheit, Lagerung und Kohäsion verschiedenes Verhalten bei der Ausführung von Abträgen oder Dammschüttungen.

1. Die wichtigsten Erdarten, um die es sich hier handelt, sind:

- a) der Ton,
- b) die Mergelarten,

c) der Lehm,

d) Sandarten,

e) Erdarten, die durch die Zersetzung organischer Stoffe entstanden sind (Humus, Moor- und Torfboden).

a) Der Ton ist seiner chemischen Zusammensetzung nach eine Verbindung von kieselsaurer Tonerde und Wasser und bildet zusammen mit seinen Abarten die verbreitetste Erdart. Er tritt selten rein auf, sondern ist in der Regel durchsetzt mit kohlen-sauren Kalken, Eisenverbindungen, Magnesia, Kali, Manganerzen, Sand oder organischen Stoffen.

Ton ist um so fester, je feiner seine Schichtung ist und je älter die Ablagerungen sind. Zu beachten ist seine Fähigkeit, Wasser in größerer Menge aufzunehmen und festzuhalten. Reine Toneinlagerungen bilden also wasserundurchlässige Schichten, indem sie das Wasser verhindern, weiter ins Erdinnere vorzudringen. Sind dieselben geneigt, so leiten sie das Wasser auf ihrer Oberfläche weiter, welche dadurch langsam aufgelöst, weich und schlüpfrig gemacht wird. Beim Trocknen schwindet der Ton, wird an der Oberfläche rissig, und es bilden sich schalenförmige Abblätterungen, ein besonderes Erkennungszeichen um festzustellen, ob man es mit Ton oder mit Lehm zu tun hat. Durch Frost wird die Oberfläche bröcklig. Eisenverbindungen färben den Ton gewöhnlich rot oder braun. Durch fremdartige Beimengungen, durch Einlagerungen von Kalkstücken, Gips, Feldspat, Glimmer, Quarz ändert sich sein Gefüge und dadurch sein Verhalten gegen Wasser, indem er seine Wasserundurchlässigkeit teilweise verliert.

b) Enthält der Ton überwiegend Beimengungen von Kalk (20% und mehr), so entstehen die Mergel-

arten, teils dicht, fest und zäh gelagert, teils leicht zerfallend und austrocknend. Die Mergel sind verschieden gefärbt (gelblichweiß, grünlich, rötlich), vor allem durch Eisenverbindungen, und heißen:

- Gipsmergel, bei größeren Beimischungen von Gips;
- Sandmergel, bei starkem Gehalt an Quarzsand;
- Eisenschüssiger Mergel, bei größerem Gehalte an Eisenoxyden.

Der gewöhnliche Mergel ist in seinen natürlichen Lagen dicht und fest. Die meisten Mergelarten sind hygroskopisch und nehmen begierig Feuchtigkeit auf. Dies führt besonders unter Einwirkung des Frostes zu einer raschen oberflächlichen Verwitterung. Anschnitte im Mergel müssen daher durch entsprechende Anpflanzungen gegen die zerstörenden Wirkungen von Luft und Wassergesichert werden.

c) Lehm ist ein Gemenge von Ton und Quarzsand als Hauptbestandteilen mit kleinen Beimengungen von kohlensaurem Kalk, wobei der Quarzgehalt in Form von Sand und Staub 30% und mehr beträgt. Übersteigt der Quarzgehalt 70%, so rechnet man das Gemenge nicht mehr zu den Lehm-, sondern zu den Sandarten. Infolge der Beimengung von Sand besitzt der Lehm nicht mehr das dichte Gefüge des Tons. Bei Wasserzutritt findet deswegen bei Lehmlagerungen von größerer Mächtigkeit die Wasseraufnahme nicht allein auf der Oberfläche statt wie beim Ton, sondern das Wasser durchsetzt die ganze Lehmschicht. Dadurch vermindert sich aber der Zusammenhang der Masse. Je größer der Gehalt an Sand ist, desto lockerer wird der Lehm und um so mehr vermag ihn auch das Wasser aufzuweichen. Es gibt Lehmart von so geringem Zusammenhalt, daß sie vom Wasser in kurzer Zeit in einen halbflüssigen Brei verwandelt werden.

Dadurch wird der Lehm für den Erdbau in doppelter Hinsicht gefährlich, einmal als Ursache zu Einschnittsrutschungen, wenn er den abzutragenden Boden in dünnen, geneigten Schichten, sog. Gleitflächen durchsetzt, die durch Wasserzudrang schlüpfrig werden, und dann ist er ein zu Schüttungen wenig geeignetes Material, weil unter Umständen ein Auseinanderfließen der geschütteten Dämme eintreten kann.

Es ist deshalb der Lehm in Einschnitten und an Abtragstellen sorgfältig zu beobachten und die Wasserführung solcher Teile eingehend zu untersuchen.

Für die Zwecke des Erdbaues ist Lehm die gefährlichste Bodenart.

d) Der Sand ist eine lose Anhäufung von ehemaligen Trümmergesteinen, die durch den Einfluß der Atmosphärien im Lauf der Zeit zerstört und aufgearbeitet wurden. Bis zu 4 mm Durchmesser bezeichnet man dieses Material mit Sand, bei größerem Durchmesser mit Kies, Grus, Schotter, Gerölle.

Die feinste Stufe des Sandes sind die Flugsandarten, Dünen-, Wüsten-, Steppensand. Reine Sandarten sind für Wasser besonders durchlässig, ohne sich dabei aufzulösen. Je nach den Gesteinen, aus denen der Sand hervorgegangen ist, unterscheidet man Quarzsand, Kalksand, Dolomitsand usw., von denen der Quarzsand am meisten verbreitet ist, weshalb man auch unter Sand im allgemeinen den Quarzsand versteht. Durch Beimengungen von Glimmer, Feldspatkörnern u. dgl. entsteht der Glimmersand, Feldspatsand.

Reiner grobkörniger Quarzsand ist für den Erdbau ein äußerst günstiges Material durch seine Unauflöslichkeit im Wasser, seine große Wasserdurchlässigkeit und seine Volumenbeständigkeit, Eigenschaften, die ihn den

tonigen Erdarten gegenüber vorteilhaft auszeichnen. Diese seine Vorzüge verliert er teilweise, wenn er mit fetten Bodenarten, Humus, Lehm und Mergel durchsetzt ist. In lehmigen Ablagerungen, die mit Sand durchsetzt sind, beschleunigt der Sand die Wasserzuleitung zum Lehm und damit das Aufweichen desselben. Dadurch können leicht Bodenbewegungen entstehen in Einschnitten, die aus tonigem und lehmigem Material mit Sandzwischenlagerung bestehen bei gleichzeitigem Vorhandensein von Wasser (s. § 22 über Erd-rutschungen).

e) Humus, Torf und Moor entstehen durch Zersetzung organischer Stoffe. Torf und Moor bilden sich aus gewissen Pflanzenarten, insbesondere Moosarten in stehenden Gewässern. Humus oder Mutterboden enthält neben solchen organischen Zersetzungsprodukten starke Beimengungen von Lehm, Ton und Sand.

Mutterboden wird im Erdbau verwendet zur Überdeckung von Böschungen und Dammflächen, auf denen geeignete Grasarten zum Schutze der Böschungflächen gegen die äußeren Einwirkungen der atmosphärischen Niederschläge angepflanzt werden.

Torf und Moor sind für die Herstellung von Erdbauten nicht zu gebrauchen. Sie dürfen nicht in Dämme eingebaut werden, sondern die anfallenden Torfmassen sind seitlich auszusetzen, weil sie die Tragfähigkeit der Schüttungen stark vermindern würden und weil in denselben bedeutende Nachsackungen entstünden.

2. Den Übergang zu den eigentlichen Felssteinen bilden die Gerölle und die verwitterten, zu Tage liegenden Schichten von festeren Gesteinen, z. B. morsche Sandsteine und angewitterte Schiefer.

Man unterscheidet dreierlei Felsarten:

a) Felsarten mit schwachen Bänken, deren einzelne Lagen direkt mit den Brechwerkzeugen ohne Verwendung von Sprengmitteln gelöst werden können;

b) Felsarten mit starken Bänken;

c) Massengestein, kompakt oder mit mehr oder weniger natürlichen Abgängen und Lagern durchsetzt.

## § 2. Bodenuntersuchungen.

Für die Ausführung der Erdarbeiten ist eine vorangegangene gründliche Bodenuntersuchung unerlässlich. Von der Bodengattung, der Lagerung und Kohäsion der Schichten und ihrer Wasserführung hängt die Entscheidung über die Art der Ausführungsweise der Erdbewegung ab; ob Handbetrieb oder maschineller Betrieb zur Verwendung kommen soll; ob man es mit baggerfähigem Boden zu tun hat und welche besondere Maschinengattung sich für den vorliegenden Fall eignet. Es ist notwendig zu wissen, ob der Einschnitt Wasser führt und welche Maßregeln zu treffen sind, damit die Ausführung nicht durch Wasserandrang leidet.

Danach wird durch die Bodenuntersuchungen im allgemeinen folgendes festgestellt werden müssen:

1. Feststellung der Gattung der zu bewegenden Bodenart und Einreihung derselben in die in § 1 gegebene Klasseneinteilung;

2. Untersuchung darauf hin, ob die Einschnittsmassen leicht oder schwer zu gewinnen sind, welche Art der Bodengewinnung voraussichtlich in Frage kommt mit Rücksicht auf einen möglichst rationellen Baubetrieb; ob das gewonnene Material bei Regen schlüpfrig und voraussichtlich in den Fördergefäßen kleben wird oder nicht; mit welcher Auflockerung gerechnet werden

muß und wie sich die gewonnenen Massen in den damit geschütteten Dämmen verhalten;

3. Feststellung der Wasserdurchlässigkeit und Wasserführung der Schichten, wobei die Wünschelrute in der Hand eines geübten und erfahrenen Fachmannes gute Dienste leisten kann, sowie Ermittlung der Lage des Grundwasserspiegels;

4. der geologische Aufbau der Schichten; Untersuchung auf das Vorhandensein etwaiger zwischengelagerter Gleit-schichten, durch welche bei Ausführung der Einschnitts-arbeiten Gleichgewichtsstörungen und Rutschungen der Ablagerungen hervorgerufen werden könnten. Dies ist vor allem notwendig bei solchem Baugebiet, in dem schon Rutschungen stattgefunden hatten oder wo solche vermutet werden auf Grund der Gestaltung der Geländeoberfläche;

5. Feststellung der Tragfähigkeit des Baugrundes bzw. in welcher Tiefe tragfähiger Baugrund vorhanden ist.

#### Ausführung der Bodenuntersuchungen.

Für die Bodenuntersuchung stehen folgende Mittel zu Gebot:

1. Herstellung von Probegruben von 1,5—2 qm Querschnitt (Abb. 1), bei Hängen das Anlegen von abgestaffelten Schlitzten bis herunter auf den Fels bzw. auf Höhe des Erdplanums.

2. Das Sondieren mit Hilfe des Sondiereisens, einer 2—4 m langen, 20—30 mm starken Eisenstange, welche nötigenfalls durch Hammerschläge in den Boden eingetrieben wird.

Aus der Art des Eindringens läßt sich auf die Bodenbeschaffenheit schließen.

Diese Untersuchungsart ist überall da noch anzuwenden, wo die Probegruben nach 1. nicht genügend

tief geführt werden können (Wasserandrang) oder wo zu erwarten ist, daß der Untergrund mit wenig tragfähigen Schichten durchsetzt sein könnte (Schlammzwischenlagerungen und ähnliches).

3. Das Bohren zur Feststellung der Bodenverhältnisse auf größere Tiefen wird bis zu 10 m, höchstens bis zu 20 m Tiefe ausgeführt. Dabei müssen die Bohr-

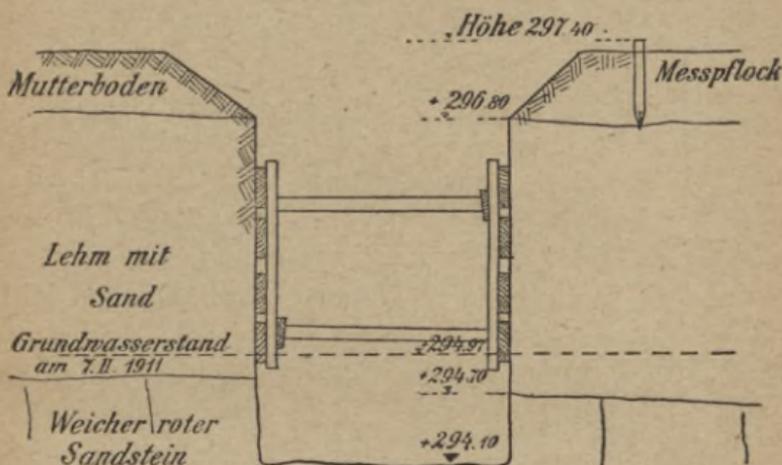


Abb. 1. Probegrube mit Abspreißung der Seitenwände.

vorrichtungen so dimensioniert werden, daß sie das Bohrmaterial in möglichst großen Stücken zutage fördern. Die Bohrlöcher sollen deswegen nicht unter einem Dezimeter Durchmesser haben. Handelt es sich um die Feststellung der Schichtenneigung, also z. B. darum, die Lage und den Einfall der mit anderem Material bedeckten Felsschichten festzustellen, so sind in systematischer Weise eine größere Anzahl von Bohrlöchern herzustellen. Die Resultate werden zweckmäßigerweise in einem Lageplan unter Einzeichnung der horizontalen Schichtlinien zusammengetragen.

Für diese Untersuchungen finden folgende Bohrer Anwendung:

a) Erdbohrer für weichere Bodenarten und geringere Tiefe, als Zylinderbohrer (Abb. 2) ausgeführt mit



Abb. 2. Erdbohrer als Zylinderbohrer.



Abb. 3. Löffelbohrer.

15—30 cm weitem Mantel mit vorstehender Stahlspitze oder Stahlschneide und durchgehender Eisenstange. Beim Drehen wird die Erdmasse in den Zylinder hineingepreßt und mit diesem als Bodenprobe heraufgeholt.

b) Der Löffelbohrer (Abb. 3), angewendet bei festeren und zäheren Erdarten, gewöhnlich als Halbzylinderbohrer ausgeführt,

von 8—15 cm Weite mit tretender Bohrerschneide.

Seitenschneiden und vortretender Bohrerschneide. Er verursacht weniger Widerstand als der Erdbohrer.



Abb. 4. Trepanierbohrer.



Abb. 5 und Abb. 6 Ventilbohrer.

c) Der Trepanierbohrer mit S-förmigem Querschnitt und zwei Schneiden (Abb. 4) bei noch härterem Bodenmaterial und weichem Gestein.

d) Bei Bohrungen im Grundwasser in feinem Kies, Sand und halbflüssigem Boden sind Ventilbohrer zu empfehlen (Abb. 5 und 6), die aus einem Blechmantel mit unten angebrachtem Kugel- oder Klappenventil bestehen.

Dieselben werden in Futterröhren aus Schmiedeeisen, die entsprechend dem Bohrfortschritt nachgetrieben werden, mehrmals rasch auf und nieder bewegt, wobei sich das Ventil abwechselnd öffnet und schließt und die Bohrprobe aufnimmt. Der volle Ventilbohrer wird gehoben und entleert und ergibt aus den geförderten, allerdings durch den Bohrvorgang zertrümmerten Bodenproben den gewünschten Aufschluß über die Untergrundverhältnisse.

e) Für Felsgesteine verwendet man Meißelbohrer, die entweder als einfache Meißelbohrer mit einer Schneide, als Kreuzmeißelbohrer mit zwei Schneiden (Abb. 7) oder mit mehreren sich kreuzenden Meißelschneiden als sog. Kronenbohrer aus gehärtetem Bohrstahl ausgeführt werden.

Der Bohrer samt Gestänge wird mittels einer Zugvorrichtung gehoben und zertrümmert beim Niederfallen das Gestein. Damit stets neue Stellen desselben dabei getroffen werden, wird der Bohrer nach jedem Schlag etwas gedreht. Ist kein Grundwasser vorhanden, so schüttet man zur Förderung der Arbeit Wasser in das Bohrloch. Das gelöste Material wird mit dem Bohröffel aus dem Bohrloch herausgeholt. Da bei diesem Vorgang das Gestein größtenteils zertrümmert wird und aus dem zutage geförderten Bohrschlamm nur angenäherte Schlüsse auf die vorliegenden geologischen Verhältnisse gezogen werden können, so bedient man sich überall da, wo im Felsgestein genaue Aufschlüsse notwendig sind, des

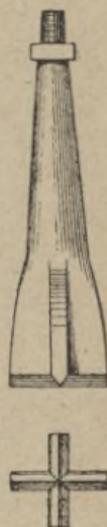


Abb. 7. Kreuzmeißelbohrer.

f) Diamantringbohrers (Abb. 8). Auf das Kernrohr *A* ist die an ihrem unteren Ende mit Bohrdiamanten besetzte Bohrkrone *R* aufgeschraubt. Beim Drehen des Bohrers schneidet dieser aus dem Gestein den Bohrkern *K* aus, den das Kernrohr aufnimmt. Das Spülwasser wird durch das hohle Gestänge *G* zugeführt und führt den Bohrschlamm in dem Raum zwischen der Bohrlochwand und dem Gestänge in die Höhe. Zum Festhalten des abgebrochenen Kerns *K* dient beim Hochziehen der Federring *r*.

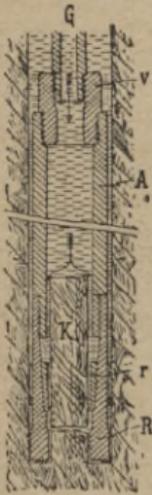


Abb. 8. Diamantringbohrer.

Dieses Bohrverfahren gibt also einen vollständigen Ausschnitt aus den durchfahrenen Schichten und somit über Beschaffenheit und Lagerung derselben in weitgehender Weise Aufschluß.

Die Bohrresultate werden in dem Bohr- oder Schürffregister in tabellarischer Form zusammengestellt und zeichnerisch in die geologischen Querprofile eingetragen. Das Bohrregister muß enthalten die Lage der Baustelle, die Bezeichnung und Tiefenlage der angetroffenen Schichten, die Wasserverhältnisse, sowie Angaben über das Vorkommen von Baumaterialien.

4. Wenn es sich darum handelt, die Lage der wasserführenden Schichten festzustellen und genaue Aufschlüsse über die Härte und Beschaffenheit des Gesteins zu erhalten, wenn insbesondere beim Bohrvorgang das Gestein zu sehr zertrümmert würde, um aus dem Bohrschlamm zuverlässige Schlüsse ziehen zu können, so

schreitet man zum Abteufen von Schächten, eventl. unter Anwendung bergmännischer Schachtzimmerung.

Dies ist die vollkommenste, zugleich aber auch teuerste Art der Bodenuntersuchung.

Die anzuwendende Zimmerung richtet sich dabei nach den angetroffenen Bodenverhältnissen, wobei den Schächten rechteckiger Querschnitt gegeben wird von etwa 2—3 qm Lichtraum.

Erlaubt die Standfähigkeit des Bodens und die geringe Tiefe des Schachtes das Weglassen der Zimmerung, so gibt man den Schächten auch Kreisquerschnitt.

### § 3. Bodenarten als Baugrund.

Unter der Tragfähigkeit eines Baugrundes versteht man diejenige Grenzbelastung, welche dessen Flächeneinheit noch zu tragen vermag, ohne sich einzudrücken.

Die Ermittlung der Tragfähigkeit der Bodenarten wird in der Regel zusammen mit den Bodenuntersuchungen ausgeführt, gleichgültig ob dessen Tragfähigkeit für künftige Dammaufschüttungen oder für Errichtung von Kunstbauten festgestellt werden soll.

Die Tragfähigkeit des Bodens darf bei Belastung durch Ingenieurkonstruktionen nie voll ausgenutzt werden, vielmehr ist als zulässige Belastung ein dem Sicherheitsgrad der Bauausführung entsprechender Bruchteil der gesamten Tragfähigkeit des Bodens zu wählen. Für gewöhnlich nimmt man 8—10fache Sicherheit, also  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$  der Tragfähigkeit des Bodens als zulässige Belastung an.

Für die Größe der Tragfähigkeit der verschiedenen Bodenarten pflegen von früheren Ausführungen her übliche Erfahrungswerte vorzuliegen. Direkt kann dieselbe durch Belastungsversuche ermittelt werden, bei denen eine widerstandsfähige Platte von bekannter Grundfläche unter Ver-

meidung von Erschütterungen so lange belastet wird, bis sie anfängt, sich in den Baugrund einzupressen. Die auf die Flächeneinheit umgerechnete Last ergibt die Tragfähigkeit.

Hat man festen, unnachgiebigen Fels als Baugrund, so ergibt sich die Grenze für die zulässige Bodenpressung aus dem Umstand, daß dieselbe offenbar nicht größer sein darf als die zulässige maximale Beanspruchung des zu verwendenden Baumaterials. Dieselbe beträgt z. B. für gutes Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel 10 kg/qcm, für bestes Klinkermauerwerk in Zementmörtel 15 kg/qcm, für gewöhnliche Stampfbetonausführungen 5—10 kg/qcm.

Es wird unterschieden:

### 1. Guter Baugrund.

a) Harter Fels ohne Zerklüftungen mit nahezu horizontaler Schichtung und einer Stärke der einzelnen Schichten nicht unter 2,50 m.

Zulässige Belastung 15 kg/qcm und mehr.

b) Festgelagerter Kies und Sand von gleichartigem Gefüge nicht unter 3 m Mächtigkeit, sofern kein seitliches Ausweichen der belasteten Schichten und kein Angriff durch Wasser zu befürchten sind.

Zulässige Belastung 2,5—6 kg/qcm.

Bei fließendem Wasser müssen entsprechende Vorkehrungen gegen eine Unterspülung getroffen werden. In Sandablagerungen kann eine Auflockerung derselben schon durch allzu starkes Pumpen bei Ausführung der Gründung herbeigeführt werden.

c) Trockener Ton- und Lehmboden von 3—4 m Mächtigkeit.

Zulässige Belastung 2,5—5 kg/qcm.

Besteht die Möglichkeit, daß Wasser in den Untergrund eindringen kann, so muß die spezifische Pressung wesentlich erniedrigt werden.

## 2. Mittlerer Baugrund.

a) Weiche Felsarten und trockene Mergelablagerungen.  
Zulässige Belastung 1,2—1,8 kg/qcm.

Sind die Felsablagerungen stark zerklüftet, zeigen sie starken Wasserandrang oder liegen sie auf geneigten Tonschichten, so sind bei der Gründung besondere Vorkehrungen zu treffen (Auspackung der Spalten, Anlage von Drainagen für Wasserableitung).

b) Nasser Ton- und Lehmboden.

Zulässige Belastung 1,5—2,0 kg/qcm.

c) Alluvialboden, Sandboden mit Ton und Lehm, gemischt.

Zulässige Belastung 0,8—1,5 kg/qcm.

3. Schlechter Baugrund, wie Schlamm, Trieb sand, Torf, Moor, Mutterboden (Humus), für sich gelagert oder mit dünnen Schichten einer tragfähigen Bodenart durchsetzt.

Diese Bodenarten besitzen keine Tragfähigkeit, um als Untergrund für Bauwerke, Bahn- oder Straßenkörper zu dienen. Wo derartige Ablagerungen zu mächtig sind, um bis hinunter auf den tragfähigen Baugrund abgetragen zu werden, können sie durch Verdichten (Einstampfen von Steinbrocken oder Schotter, Zementeinpressung) tragfähig gemacht werden oder das auf ihnen zu errichtende Bauwerk muß nach besonderem Verfahren gegründet werden (Sandschüttung, Betonschüttung, Rost- und Pfahlgründung, Brunnen-, Kasten- und Druckluftgründung, Gefriergründung).

## § 4. Die Bodenarten mit Rücksicht auf ihre Lösbarkeit.

Mit Rücksicht auf die Lösbarkeit der Bodenarten unterscheidet man Stichboden, Hackboden und Hackfels.

Zum Stichboden gehören diejenigen Erdarten, die sich beim Lösen mit der Schaufel und dem Spaten stechen

lassen; die schweren Materialien dieser Gruppe müssen dabei mit der Hacke teilweise gelöst werden.

Sämtliche Teile der Hackböden müssen mit dem Pickel, durch Keile, Schlegel und Brechstangen gelöst werden. Ein direktes Abstechen mit Schaufel oder Spaten ist ausgeschlossen, dagegen ein Lösen ohne Anwendung von Sprengmitteln möglich.

Der Hackfels ist dadurch gekennzeichnet, daß beim Lösen außer Brechwerkzeugen zweckmäßigerweise Sprengmittel verwendet werden.

Die Bewältigung kompakter Felsarten, die die Verwendung maschineller Bohrvorrichtungen notwendig machen und bei denen die eigentlichen Sprengarbeiten in den Vordergrund treten gegenüber der Handarbeit, gehört in das Gebiet des Tunnelbaus und soll deswegen unberücksichtigt bleiben. Wir unterscheiden hier anschließend an die Einteilung von „Osthoff-Scheck, Kostenberechnung für Ingenieurbauten“ die in folgender Tabelle zusammengestellten 7 Gruppen von Bodenarten mit der angegebenen Untergliederung in 20 Klassen. An dieser Gruppeneinteilung soll in den künftigen Aufstellungen über die Ausführungskosten der Erdarbeiten in Abschnitt C, bei den Angaben über die Auflockerung, und das Setzen der verschiedenen Materialien festgehalten werden. Um bei dieser Einteilung gleichzeitig einen Vergleich zu haben, wie sich die Materialien hinsichtlich des erforderlichen Arbeitsaufwandes beim Lösen und Verladen in die Fördergefäße zueinander verhalten, sind in Spalte 6 bis 8 der folgenden Tabelle die Mittelwerte der hierfür notwendigen Arbeitszeit angegeben, wenn diese Verrichtungen von Hand geschehen, wobei mit  $st_e$  der örtliche mittlere Stundenlohn für Erdarbeiter bezeichnet ist:

Tabelle 1.

Einteilung der Bodenarten und Arbeitszeit zum Lösen und Laden von Hand.

| Gruppe     |      | Klasse   | Bodenart   | Erforderliche Werkzeuge zum Lösen von Hand                                    | Lösen                          | Laden               | Arbeitsstunden' pro 1 cbm gewachsenen Boden zum Lösen und Laden zusammen |
|------------|------|--|--|---|--------------------------------|---------------------|--|
| 1.         | 2.   | 3.   | 4.   | 5.  | 6.                             | 7.                  | 8.   |
| Stichboden | I.   | 1.   | Loser feiner Sand Mutterboden, Ackerboden                                      | Schaufel  | bis 0,7 st <sub>e</sub>        | 0,6 st <sub>e</sub> | 1,3 st <sub>e</sub>  |
|            |      | 2.   |  |   |                                |                     |  |
|            | II.  | 3.   | grober Sand feiner Kies feuchter Sand Torfmoor lehmiger Sand                   | Spaten und Schaufel   | bis 1,0 st <sub>e</sub>        | 1 st <sub>e</sub>   | 2,0 st <sub>e</sub>  |
|            |      | 4.   |  |   |                                |                     |  |
|            |      | 5.   |  |   |                                |                     |  |
|            |      | 6.   |  |   |                                |                     |  |
|            |      | 7.   |  |   |                                |                     |  |
| III.       | 8.   | steiniger Sand sandiger Lehm                           | desgl. Pickel, Keile und Schlegel  | bis 1,5 st <sub>e</sub>   | 0,5 st <sub>e</sub>            | 2,0 st <sub>e</sub> |  |
|            | 9.   |  |  |   |                                |                     |  |
|            | 10.  |  |  |   |                                |                     |  |
| IV.        | 11.  | grobsteiniger Boden grober, loser Kies kleines Gerölle | desgl. und Hand  | bis 1,5 st <sub>e</sub>   | 0,7 st <sub>e</sub>            | 2,2 st <sub>e</sub> |  |
|            | 12.  |  |  |   |                                |                     |  |
|            | 13.  |  |  |   |                                |                     |  |
| V.         | 14.  | Lehm Ton Mergel  | Pickel, Schlegel, Keile und Brechstangen                                       | bis 2 st <sub>e</sub>   | 0,7 st <sub>e</sub>            | 2,7 st <sub>e</sub> |  |
|            | 15.  |  |  |   |                                |                     |  |
|            | 16.  |  |  |   |                                |                     |  |
| VI.        | 17.  | festes Gerölle verwitterter Fels                       | desgl. und Hand  | bis 3 st <sub>e</sub>   | 1 st <sub>e</sub>              | 4 st <sub>e</sub>   |  |
|            | 18.  |  |  |   |                                |                     |  |
| Hackfels   | VII. | 19.  | brüchiger Schiefer klüfftiger, weicher Sandstein klüfftiger, weicher Kalkstein | wie vor, mit teilweiser Anwendung von Sprengmitteln, ohne maschinelle Bohrung | bis 5 st <sub>e</sub> und mehr | 1 st <sub>e</sub>   | 6 st <sub>e</sub> und mehr   |
|            |      | 20.  |  |   |                                |                     |  |
|            |      | 20.  |  |   |                                |                     |  |

Hohe steile Wände der schweren Bodenklassen von 3—4 m Höhe werden bisweilen in den oberen Lagen durch Abkeilen gelöst, indem man parallel zur Vorderkante der abzutragenden Wand eisenbeschlagene Holzkeile (0,15—0,25 cm stark und 1 m lang) mit Schlägeln eintreibt in Entfernungen von 1—1,5 m. Der abgekeilte Boden zerbröckelt und zerkleinert sich beim Herunterstürzen und läßt sich mit der Schaufel leicht laden. Bei diesem Arbeitsvorgang muß darauf geachtet werden, daß keine Gefährdung der Arbeiter eintritt.

Die Vorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaft geben hierüber folgende Anweisung: „Wird eine steile Erd- oder Felswand durch Abkeilen, Sprengen oder in anderer Weise gelöst, so darf am Fuß derselben während dieser Verrichtung und solange die Absturzfläche nicht von losen absturzdrohenden Teilen gereinigt ist, nicht gearbeitet werden. Außerdem sind solche Wände namentlich bei Regen und Frost und vor dem Arbeitsbeginn auf das Vorhandensein von einsturzdrohenden Erdmassen zu prüfen.

Das Arbeiten an überhängenden Wänden ist verboten.

Bei Arbeiten an steilen Wänden oder an hochgelegenen Stellen müssen die Arbeiter einen möglichst sicheren Stand haben. Außerdem sind, wenn erforderlich, gute und sorgfältig befestigte Notseile zu verwenden.“

In manchen Fällen sind schon bei den Bodenarten der Gruppen V bis VI Sprengungen angebracht, vor allem im Mergel. Das Sprengen muß dabei mit einem wenig brisanten Sprengstoff, in weicherem Material am besten mit gewöhnlichem Schwarzpulver vorgenommen

werden, wobei zuerst ein sog. Kessel geschossen wird, in den man alsdann das Schwarzpulver für die eigentliche Materialabsprengung einbringt. Das Kesselschießen geschieht in der Weise, daß ein Bohrloch von entsprechender Tiefe getrieben wird, auf dessen Grund erst einige Patronen eines brisanteren Sprengstoffes, z. B. irgend eines Sicherheitssprengstoffes wie Westfalit oder Astralit, in schwacher Ladung zur Entzündung gebracht werden, die das Bohrloch an seinem Ende kesselartig erweitern.

In zerklüftetem Fels haben Sprengungen nur dann einen Wert, wenn die vorhandenen Spalten mit Erdmaterial dicht ausgefüllt sind.

### **§ 5. Verhalten der Bodenarten bei der Herstellung von Dammschüttungen. Auflockerung.**

Die Eigenschaften, die an ein gutes Dammschüttungsmaterial gestellt werden müssen, sind Unlöslichkeit im Wasser, Wasserdurchlässigkeit, um die Bildung von Wassersäcken und damit von Bewegungen im Dammkörper zu vermeiden, geringe Auflockerung und dadurch feste, dichte Ablagerung der Schüttmassen und geringes, nachträgliches Setzen der Dämme. Dabei soll der Boden leicht lösbar, transportierbar und verbaubar sein.

Diese Eigenschaften besitzt am vollkommensten reiner, scharfkörniger Sand und Kies, so daß er als das beste Schüttungsmaterial angesehen werden muß.

Feinkörniger Sand, für sich allein verwendet, hat den Nachteil, daß er vom Wind fortgeweht und vom Regen leicht weggespült wird und daß er nach einiger

Zeit seine Wasserdurchlässigkeit verliert. Wo solcher Sand verwendet werden muß, müssen die fertiggestellten Schüttungen sofort in geeigneter Weise gegen die Einwirkungen von Wasser und Wind befestigt werden, etwa durch Aufbringen von Mutterboden und Ansäen der Böschungen oder durch eine sonstige geeignete Befestigungsweise der Böschungsflächen (siehe § 21).

Fels ist ein gutes Schüttungsmaterial, wenn er aus harten, witterungsbeständigen Brocken besteht, die sich nur wenig setzen infolge ihrer Festigkeit und ihrer größeren Widerstandsfähigkeit gegen Verwittern nach ihrem Einbringen in die Dämme. Es empfiehlt sich, bei Felsschüttungen die größeren Steine an den Böschungen regelmäßig zu verpacken, wodurch diese einmal steiler angezogen werden können und dann keine besondere Schutzdecke zu erhalten brauchen.

Dagegen eignet sich weicher, nicht witterungsbeständiger Fels in zerkleinertem Zustande weniger gut zu Schüttungen. Das weichere Gestein zerdrückt sich durch die Belastung und verwittert rasch im Laufe der Zeit. Dadurch tritt ein lang anhaltendes Nachsetzen des Dammes ein und der auf dem Damm liegende Bahn- oder Straßenkörper erfordert fortlaufend größere Aufwendungen für Unterhaltung (Nachschotterung, Krampen und Heben der Gleise usw.).

Das Nachsetzen der Dämme ist um so kleiner, je kompakter von Haus aus die Schüttung hergestellt wird. Deswegen kann es bei weichem Felsmaterial empfehlenswert sein, anstatt die Dämme zu schütten, dieselben nach Art der Steinpackungen teilweise zu beugen, wobei

sich die dadurch entstehenden höheren Ausführungskosten durch geringere spätere Unterhaltungskosten bezahlt machen.

Fette Bodenarten, vor allem Lehm, nehmen Wasser auf und werden dadurch weich und schlüpfrig. Sie sind, wie schon oben angeführt, mit ganz besonderer Vorsicht zu behandeln, um ein Auseinanderließen oder Abrutschen der Dämme, vor allem auf stark geneigtem Untergrund zu vermeiden.

Es bedarf sorgfältiger Erwägung, wie weit derartiges Material überhaupt zu Schüttungen zugelassen werden kann (siehe auch § 17).

Bereits vom Wasser aufgelöste schlammige Massen und zusammengefrorene Klumpen, anfallende Materialien, die aus organischen Bestandteilen bestehen (Torf), dürfen nicht in die Dämme eingebaut werden. Gefrorene Materialien bewirken beim Auftauen ein starkes Nachsetzen und verursachen lockere, undichte Schüttungen.

Jede Bodenart lockert sich durch das Lösen mit dem Pickel, durch das Sprengen und Abbaggern und nimmt einen größeren Raum ein als in gewachsenem Zustand. Diese Auflockerung ist bei verschiedenen Materialien verschieden und schwankt zwischen 10 und 50% der festen Masse.

Dieser Umstand ist bei der Kalkulation von Erdarbeiten zu berücksichtigen, da der Auflockerung entsprechend mehr Kubikmeter abgeführt werden müssen als das profilmäßige Ausmaß der Massen im Einschnitt ergibt.

Nach dem Schütten setzen sich die gelockerten Erdmassen wieder um einen gewissen Betrag infolge des

Erddruckes der überlagernden Schichten und durch die Einwirkung des Regens, ohne sich jedoch bis auf das Maß des gewachsenen Bodens zu verdichten. Man unterscheidet deswegen eine anfängliche oder vorübergehende Auflockerung und eine definitive oder bleibende Auflockerung. Die von Osthoff-Scheck angegebenen Werte für die anfängliche und bleibende Auflockerung der oben angenommenen sieben Gruppen von Bodenarten sind in Tabelle 13 auf S. 115 zusammengestellt, auf die hiermit verwiesen wird.

Für die bleibende Auflockerung gibt ferner Henz in seiner Anleitung zum Erdbau folgende Beobachtungswerte:

Bei Sandboden 1—1½%, bei Lehm und leichten Erdarten 3%, bei Keuper und leichten Mergelarten 4—5%, bei festem Ton und festem Mergel 6—7%, bei Felsen je nach seiner Struktur und der Zerkleinerung beim Lösen 8—20%.

Diese Zahlen geben ungefähre Anhaltspunkte, doch ist es notwendig bei größeren Ausführungen, Versuche über die Auflockerung der vorliegenden Bodenart anzustellen. Abweichungen gegenüber den angegebenen Zahlen können sich schon aus dem Grund ergeben, weil die bleibende Auflockerung außer vom Bodenmaterial selbst auch abhängig ist von der Art und Weise, wie die Schüttungen ausgeführt werden, ob z. B. nur lose geschüttet wird, oder ob die Massen durch walzen, stampfen oder einschlänmen gedichtet werden. Damit die Dämme nach beendigter Setzung die planmäßigen Abmessungen aufweisen, werden sie bei der Herstellung um den mutmaßlichen Betrag der zu erwartenden

Nachsetzung überhöht und verbreitert. Näheres hierüber siehe § 17, S. 101.

## § 6. Verhalten der Bodenarten an Böschungen.

Die Neigung, unter welcher bei Ausführung von Erdarbeiten die Böschungen im Einschnitt oder im Auftrag angelegt werden müssen, ist abhängig von der Kohäsion des Materials und seinen sonstigen geologischen Eigenschaften.

Die Böschung, unter der sich eine bestimmte Bodenart schüttet, wird gemessen durch den Neigungswinkel mit der Horizontalen, wobei man dessen trigonometrische Kotangente  $\text{ctg } \alpha = \frac{l}{h}$  angibt, also das Verhältnis der anliegenden Kathete  $l$  zur gegenüberliegenden Kathete  $h$  des rechtwinkligen Dreiecks  $ABC$  (Abb. 9).

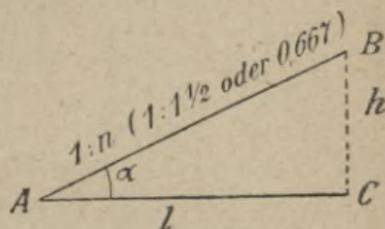


Abb. 9. Böschungswinkel.

Setzt man  $l : h = n : 1$ , also  $\text{ctg } \alpha = \frac{l}{h} = n$ , so gibt  $n$  unmittelbar das Neigungsverhältnis der Böschung an, und man bezeichnet eine Böschung als einfüßig (auch einmalig),  $1\frac{1}{2}$ füßig, 2füßig usw., je nachdem  $n$  der Reihe nach die Werte 1, 1,5, 2 usw. annimmt.

Vielfach wird das Böschungsverhältnis auch durch die trigonometrische Tangente des Neigungswinkels ausgedrückt, also durch  $\text{tg } \alpha = \frac{h}{l} = \frac{1}{n}$ , und der Wert

von  $\operatorname{tg} \alpha$  als Dezimalbruch oder ganze Zahl an der Böschungslinie angeschrieben (Abb. 9). Es ist z. B. für eine  $1\frac{1}{2}$ füßige Böschung  $n = 1\frac{1}{2}$ , somit  $\frac{1}{n} = 0,667$ .

Eine Böschung von 0,667 bedeutet: auf 1 m Basis kommen 0,667 m Höhe (gleich 1 :  $1\frac{1}{2}$ ); bei einer Böschung 1 : 2 entspricht einer horizontalen Basis von 2 m eine zugehörige Höhe von 1 m.

Für jede bestimmte Bodenart gibt es einen zugehörigen „natürlichen Böschungswinkel“, auch Neigungs- oder Kohäsionswinkel genannt, unter welchen diese Bodenart im Anschnitt oder in der Anschüttung vermöge ihrer Kohäsion in Ruhe bleibt, ohne nachzurutschen.

Durch Herstellung von Probeschüttungen läßt sich bei Dämmen diese Grenzneigung leicht feststellen. Den Böschungswinkel für die Ausführung wählt man noch etwas kleiner, um eine gewisse Sicherheit gegen Abrutschen zu haben.

Weniger einfach ist dies bei den Einschnittsböschungen, und zwar deswegen, weil sich die Bodenarten im frischen Einschnitt steiler halten, als wenn sie erst längere Zeit den Witterungseinflüssen ausgesetzt waren. Einschnittsböschungen können steiler gehalten werden als Dammböschungen. Der Unterschied ist um so größer, je mehr das Einschnittsmaterial in Fels übergeht. In folgender Tabelle sind für die Bodenarten, deren natürliche Böschungswinkel und die üblichen Neigungen ihrer Einschnitts- und Auffüllungsböschungen zusammengestellt, wobei gleichzeitig das spezifische Gewicht der Materialien angegeben ist.

Tabelle 2.  
 Natürlicher Böschungswinkel und Böschungsverhältnisse für die Ausführung.

| Gruppe | Bodenart  | Natürlicher Böschungswinkel $\alpha$ | Böschungsverhältnisse für die Ausführung                             |             |   |             |
|--------|---|--------------------------------------|--|-------------|---|-------------|
|        |   |                                      | Im Einschnitt  |             | In der Auffüllung   |             |
|        |   |                                      | Böschungsverhältnisse  | Raumgewicht | Böschungsverhältnis   | Raumgewicht |
| I.     |   | 3.                                   | 4.   | 5.          | 6.  | 7.          |
| I.     | Looser feiner Sand Mutterboden  | 30° bis 37°                          | 1:1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> bis 1:2                              | 1,4 bis 1,8 | 1:2 bis 1:2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>                             | 1,4 bis 1,8 |
| II.    | Grober Sand Feiner Kies   | 32° bis 38°                          | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>  | 1,5 bis 1,7 | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:2                             | 1,4 bis 1,7 |
| III.   | Steiniger Sand Sandiger Lehm  | 35° bis 45°                          | 1:1 bis 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                              | 1,5 bis 1,7 | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> | 1,4 bis 1,7 |
| IV.    | Grober loser Kies Kleines Gerölle   | 42° bis 48°                          | 1:1 bis 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                              | 1,6 bis 1,9 | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 1:1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> | 1,5 bis 1,8 |
| V.     | Lehm, Ton, Mergel, trocken Lehm und Ton, weich Lehm und Ton, mit Wasser gesättigt | 37° bis 45°                          | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:2                              | 1,7 bis 2,0 | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:2                             | 1,5 bis 1,8 |
|        |   | herunter bis 25°                     | 1:1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> bis 1:2                              | 1,8 bis 2,0 | 1:2 bis 1:2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                             | 1,7 bis 1,8 |
|        |   | herunter bis 10°                     | 1:2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 1:3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | 1,9 bis 2,1 | 1:2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> bis 1:3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> | 1,8 bis 2,0 |
| VI.    | Festes Gerölle Verwitterter Fels  | —                                    | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:1                              | 1,7 bis 2,2 | 1:3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 1:1                             | 1,7 bis 1,9 |
| VII.   | Brüchiger Schiefer Klüftiger, weicher Sand- und Kalkstein                         | —                                    | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1:1 <sup>1</sup> / <sub>10</sub> | 2,2 bis 3,0 | 1:1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (Trockenmauern) bis 1:1             | 1,7 bis 1,9 |

Für die Ausführung hoher Dämme in tonigem und lehmigem Boden wird empfohlen, den unteren Teil der Böschungen flacher anzulegen als den oberen.

Bei hohen Einschnitten in gleichartigem Material hat man bei manchen Ausführungen das Böschungsverhältnis mit zunehmender Einschnittstiefe steiler angenommen, z. B. wurden bei französischen Bahnen gewählt bei einem Höhenunterschied zwischen Planum und Bodenoberfläche von

|                 |                |                         |
|-----------------|----------------|-------------------------|
| 0—4 m           | die Böschungen | 1 fach,                 |
| 4—8 m           | „              | „ 1 $\frac{1}{4}$ fach, |
| 8 m und darüber | „              | „ 1 $\frac{1}{2}$ fach. |

Bei anderen Ausführungen, z. B. bei der Bagdadbahn, gilt als Regel sämtliche Einschnitte 1 $\frac{1}{4}$  fach und sämtliche Dämme 1 $\frac{1}{2}$  fach anzulegen. Steilere Böschungen in Felseinschnitten und in sonstigem besonders widerstandsfähigem Material oder flachere Böschungen, wie sie in ungünstigen Bodenarten oder bei gefährdeter Lage der Bahn notwendig werden können, gelten als Ausnahmen.

Bei den deutschen Eisenbahnverwaltungen werden normalerweise die Böschungen der Dämme und Einschnitte 1 $\frac{1}{2}$  fach angelegt.

## B. Ausführung der Erdarbeiten.

### § 7. Geräte im Erdbau.

Nachdem die Bodenuntersuchung Aufschluß über die Bodenarten gegeben hat, hat man sich über die Geräte- und Maschinenbeschaffung für die Ausführung schlüssig zu werden. Diese Frage ist deswegen wichtig, weil hiervon der wirtschaftliche Erfolg bei der Ausführung abhängt, insbesondere in Gegenden, wo mit

hohen Arbeitslöhnen gerechnet werden muß, und schon bei verhältnismäßig kleinen, zu fördernden Gesamtmassen maschinelle Ausführung geraten erscheint.

Das zu beschaffende Werkzeug muß bester Qualität sein und muß in genügender Menge beschafft werden.

Die besten Werkzeuge sind eben gut genug. Dies gilt vor allem mit Bezug auf die zu beschaffenden Maschinen, und man kaufe deshalb nur von anerkannt guten Firmen, die Spezialerfahrung auf diesem Gebiet des Maschinenbaues besitzen, auch wenn vielleicht die Anschaffungspreise etwas höhere sein sollten als die Angebote der Konkurrenz.

Ersparnisse, die durch Beschaffung von Inventarien zweiter Qualität gemacht werden, rächen sich gewöhnlich später durch entstehende Betriebsstörungen und umfangreiche Reparaturen.

### 1. Geräte für die Vorarbeiten.

Für diese sind erforderlich sämtliche für Feldmeß- und Absteckungsarbeiten notwendigen Meßgeräte und Instrumente, von denen im Anschluß die wichtigsten zusammengestellt sind:

|   |           |
|---|-----------|
| Einfacher Bautheodolit von 8 cm Teilkreisdurchmesser des Horizontal- und Höhenkreises, 2 Minuten Ablesung am Nonius und 16facher Vergrößerung. Preis samt Kasten und Stativ . . . . . | 350 M.    |
| Nivellierinstrument mit 20—25facher Vergrößerung samt Zubehör . . . . .   | 130—170 „ |
| Nivellierlatten aus einem Stück, 5 m lang . . . . .   | 25 „      |
| Winkelprisma je nach Größe . . . . .  | 9—12 „    |
| Winkelspiegel . . . . .   | 8—10 „    |
| Stahlmeßband, 20 m lang . . . . .   | 20 „      |



am anderen Ende als Breithacke ausgebildet und vereinigt dadurch die Vorteile beider. Dabei besitzt sie durchschnittlich ein größeres Gewicht (Abb. 13).

Wo es sich um Abkeilen von Erdwänden handelt, kommen Eisenkeile, bisweilen auch Holzkeile zur Anwendung.

Die Böschungshaue wird beim Nachplanieren und Einebnen von Einschnitts- und Dammböschungen und zum Fertigstellen von Grabenböschungen verwendet.

Handhämmer und Vorschlaghämmer dienen zum Lösen von Felsbänken.

Zum Stechen von Rasen hat man das Rasenmesser. Dieses besteht aus einem kräftigen Messer, das in einem 1 m langen Stiel befestigt ist, an dessen Ende ein Rädchen angebracht ist. Das Messer wird von Hand geschoben, wobei das Rädchen als Führung dient und verhindert, daß das Messer zu tief in den Boden eindringt.

Zur Bodenbeförderung dienen Schubkarren, Erdtransportwagen, Lokomotiven, Bremsberg- und Drahtseilanlagen; zur maschinellen Bodengewinnung die verschiedenen Baggerarten und Schrapper (siehe § 8 und § 15).



Abb. 11. Einfache Spitzhacke.

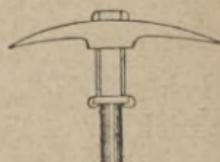
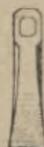


Abb. 12. Breithacke.

Abb. 13. Kreuzhacke.

## § 8. Bodengewinnung durch Maschinen.

Bei den bedeutenden Erdmassen, die bei vielen neuzeitlichen Bauten zu bewältigen sind, und den hierfür

gewöhnlich zur Verfügung stehenden kurzen Bauzeiten ist die Anwendung von Maschinen zur Ausführung von Erdarbeiten geboten. Die wichtigsten derselben sind die Baggermaschinen und die dem Pfluge nachgebildeten Bodengewinnungsmaschinen.

Übersicht über die Maschinen für die Bodengewinnung.

I. Handbagger (Baggerschaufel, Sackbagger, Trichterbagger).

II. Baggermaschinen.

1. Trockenbagger (Exkavatoren).

a) Eimerkettenbagger (Abb. 14—21).

b) Löffel- oder Schaufelbagger (Abb. 22—26).

2. Greifbagger (Abb. 27 und 28).

3. Naßbagger oder Schwimmbagger:

a) mit Handbetrieb,

b) mit Maschinenbetrieb (Abb. 29 und 30).

III. Pflüge und pflugartige Maschinen (Schra-per) (Abb. 31).

I. Die Handbagger bilden die Grundform für die durch Maschinenkraft angetriebenen Bagger. Sie dienen für kleine Bodenbewegungen, zum Aushub von Baugruben und haben nur geringe Leistungsfähigkeit.

a) Die Baggerschaufel, eine eiserne Schaufel von 30 cm Länge, 25 cm Breite und 15 cm Höhe, ermöglicht ein Ausbaggern auf 2 m Wassertiefe.

b) Der Sackbagger. Ein eiserner Rahmen mit scharfer Schneide ist mit einer zugespitzten Eisenstange verbunden und trägt einen Sack von etwa 30 cm Durchmesser und 60 cm Länge, der sich beim Drehen des Apparates mit Boden füllt und mit der Stange herauf-

gezogen und entleert wird. Gehandhabt wird derselbe durch 3 Mann.

c) Der Trichterbagger ist kegelförmig aus Eisenblech hergestellt, das unten eine Blechschneide und zwei Arme zum Aufwühlen des Bodens besitzt. Zwischen den Längskanten ist ein schmaler Schlitz freigelassen, der durch eine Lederdichtung den Baggermassen den Eintritt, nicht aber den Austritt gestattet.

## II. Baggermaschinen.

Die Baggermaschinen dienen zur Herstellung von Anschnitten jeglicher Art für Eisenbahnbauten, Bahnhofanlagen, Straßenbauten, zur Ausführung von Schifffahrtskanälen, zur Gewinnung von Rohmaterialien für die Ton-, Zement- und Kalkindustrie, für Abräumungsarbeiten im Bergwerksbetrieb usw.

Je nach der Größe der gewählten Maschinen besorgt der Bagger das Lösen leichter und mittelschwerer Bodenarten und gleichzeitig das Verladen derselben in die Fördergefäße. Bei härterem Material oder bei Zwischenlagerung größerer Findlinge und Steinblöcke ist ein teilweises Lockern durch Vorsprengen notwendig; das restliche Lösen und Laden in die Transportgefäße besorgt die Maschine.

Handelt es sich um die Bewältigung größerer Felseinschnitte, so dient der Bagger nur als Ladeapparat, indem mit ihm die abgesprengten Massen in die Fördergefäße geschafft werden (Ausführung der hohen Felsabträge beim Bau des Panamakanals).

Die beiden wichtigsten Konstruktionsarten der Baggermaschinen sind die Eimerkettenbagger und die Löffel- oder Schaufelbagger. Bei den ersteren sind eine größere Anzahl Baggereimer von kleinem

Fassungsvermögen auf einer Gliederkette ohne Ende angebracht, die in kontinuierlichem Arbeitsbetrieb den Boden abgraben.

Bei den Löffelbaggern ist nur ein großer Eimer oder Löffel vorhanden, mit dem die Erdmassen weggebaggert werden.

Unter der theoretischen Stundenleistung eines Baggers versteht man die pro Stunde geförderte Bodenmenge bei gestrichen voll gedachten Eimern. Sie ist das Produkt aus dem Eimerinhalt und der Anzahl der Schüttungen pro Stunde.

### § 9. Eimerkettenbagger.

Die Eimerkettenbagger werden ausgeführt entweder mit durchhängender Eimerkette (Abb. 14) oder mit zwangsläufig geführter Eimerkette (Abb. 15). Die durchhängende Eimerkette verläuft bei Hochbaggerung vom oberen Turas zum Mittelturas in etwa Planumshöhe und hängt von da ab bis zum unteren Turas entweder frei durch oder ist zwischen Mittel- und Unterturas wie bei dem in Abb. 14 dargestellten Bagger durch das horizontale Planierstück zwangsläufig geführt. Dadurch ist die durchhängende Eimerkette innerhalb gewisser Grenzen beweglich und vermag auftretenden Hindernissen wie eingesprengten Steinen teilweise auszuweichen. Das horizontale Planierstück hat den Zweck, zwischen Böschungfuß und Bagger auf eine Breite von 2,5—3,5 m ein fertiges, horizontales Baggerplanum herzustellen, damit das Baggergleis jeweils immer auf eine größere Breite während der Abbaggerung gerückt werden kann und das Gleisrücken somit rascher vor sich geht. Dies ist von Vorteil, da das Gleisrücken einen großen

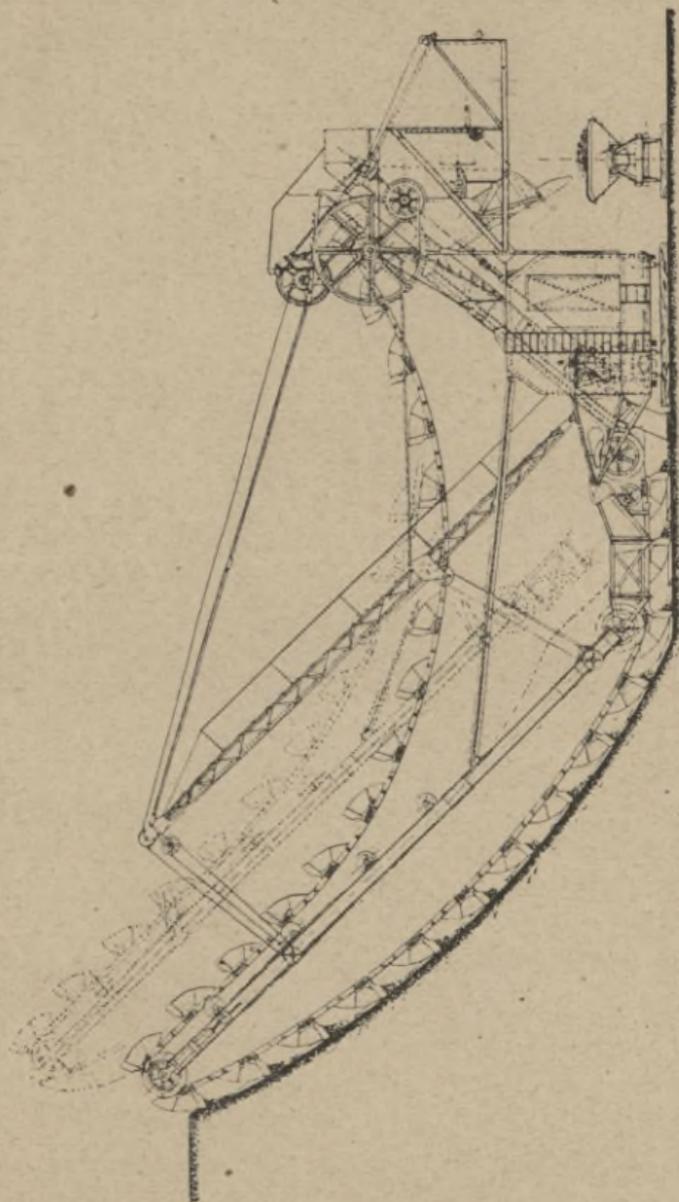


Abb. 14. Eimerkettenbagger mit durchhängender Eimerkette als Hochbagger arbeitend.

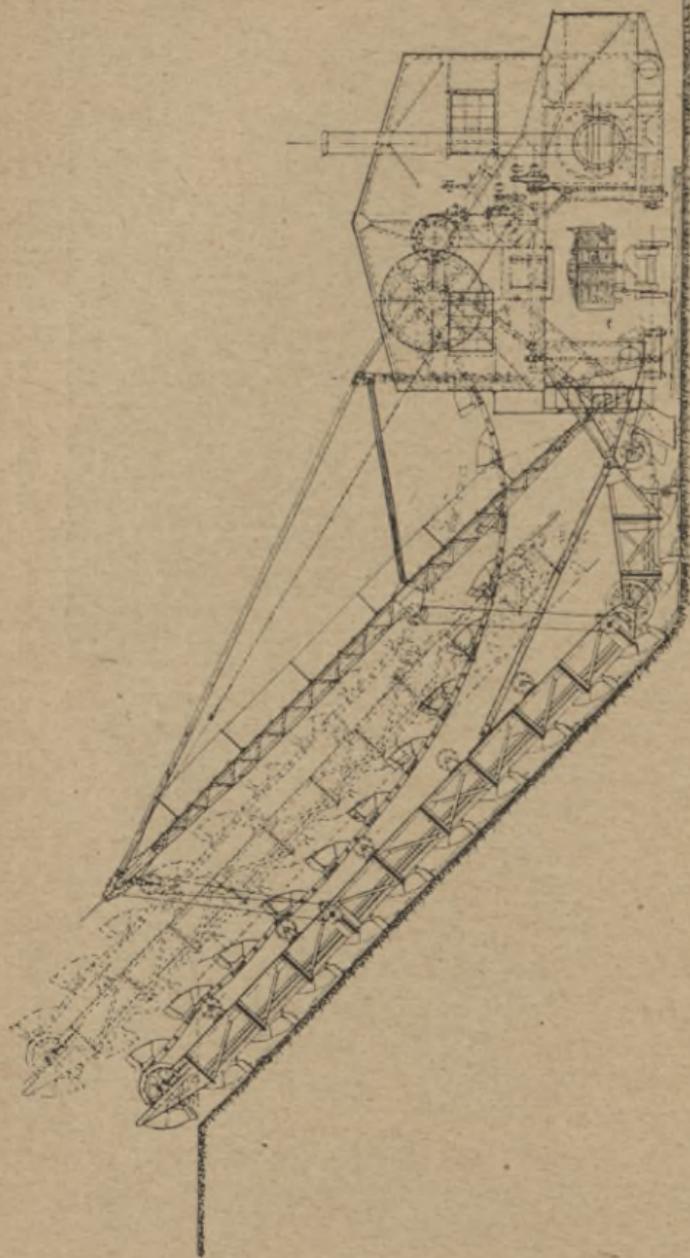


Abb. 15. Eimerkettenbagger (Lübecker B-Bagger) mit zwangsläufig geführter Eimerkette als Hochbagger arbeitend.  
(Dieselbe Maschine kann durch Umstellen der Eimerkette auch für Tiefbaggerung Verwendung finden;  
vgl. Abb. 16 u. 18.)

Teil der Betriebskosten ausmacht. Bei Tiefbaggerung fällt das Planierstück weg.

Die Eimerkette mit zwangsläufiger Führung (Abb. 15) vermag Hindernissen im abzutragenden Boden nicht auszuweichen und eignet sich deshalb mehr bei gleichartigem Boden. Sie verläuft vom Oberturas bis zum Mittelturas in gerader Linie und bietet dadurch den Vorteil, daß sich mit dieser Konstruktion genaue Profile ausschneiden lassen (Kanalbauten), daß die Eimer beim Graben sich gleichmäßig füllen und dabei eine größere Reißkraft besitzen.

Vom Mittelturas bis zum Unterturas ist hier die Eimerkette stets in dem horizontalen Planierstück zwangsläufig geführt.

Die zwangsläufig geführte Eimerkette wird auch mehrteilig, zwei- oder dreiteilig konstruiert (Abb. 16), wobei die einzelnen Teile gelenkartig miteinander verbunden sind und verschiedene Lagen zueinander einnehmen können. Dadurch können Kanalprofile und Baugruben mit gebrochener, geradliniger Begrenzung direkt ohne nachträgliche Handarbeit abgebagert werden.

Zur Herstellung von Seitenentnahmen nach Abb. 17 werden die Bagger mit kurzer Eimerkette ausgerüstet. Die Schnittrichtung der kübelförmigen Eimer ist gegen den Berg, also von unten nach oben gerichtet. Für härtere Bodenarten werden die Eimer mit messerartigen Stahlschneiden versehen.

Die Eimerkettenbagger für Trockenbaggerung werden von der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft für die Ausführung von Erdbewegungen hauptsächlich in folgenden fünf Bauarten konstruiert, für welche die Hauptabmessungen in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

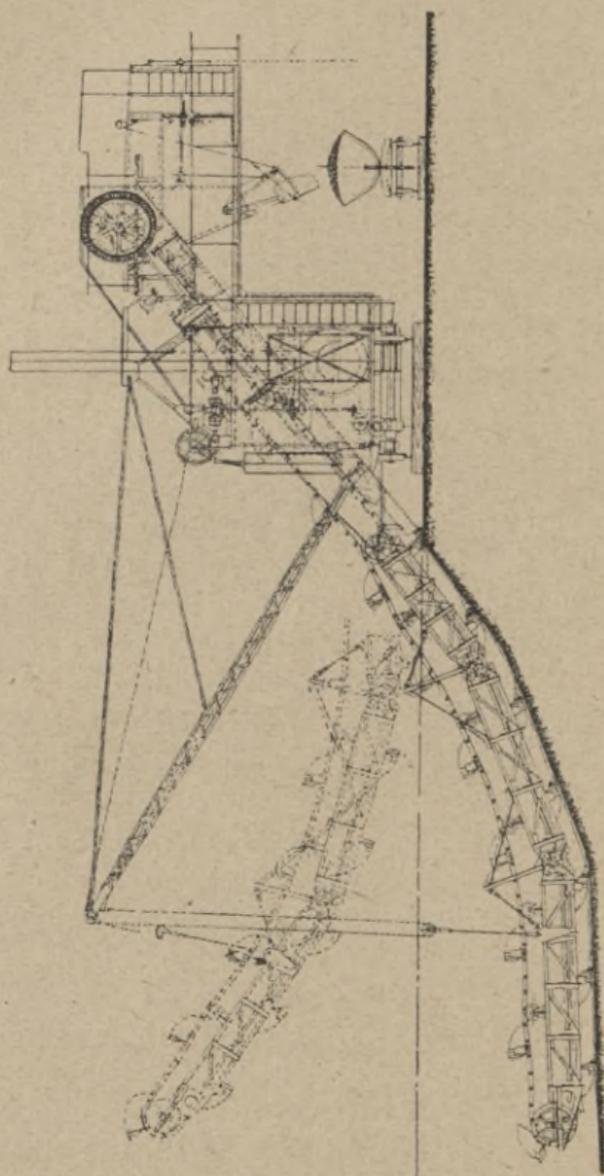


Abb. 16. Eimerkettenbagger mit dreiteiliger Eimerkette als Tiefbagger.

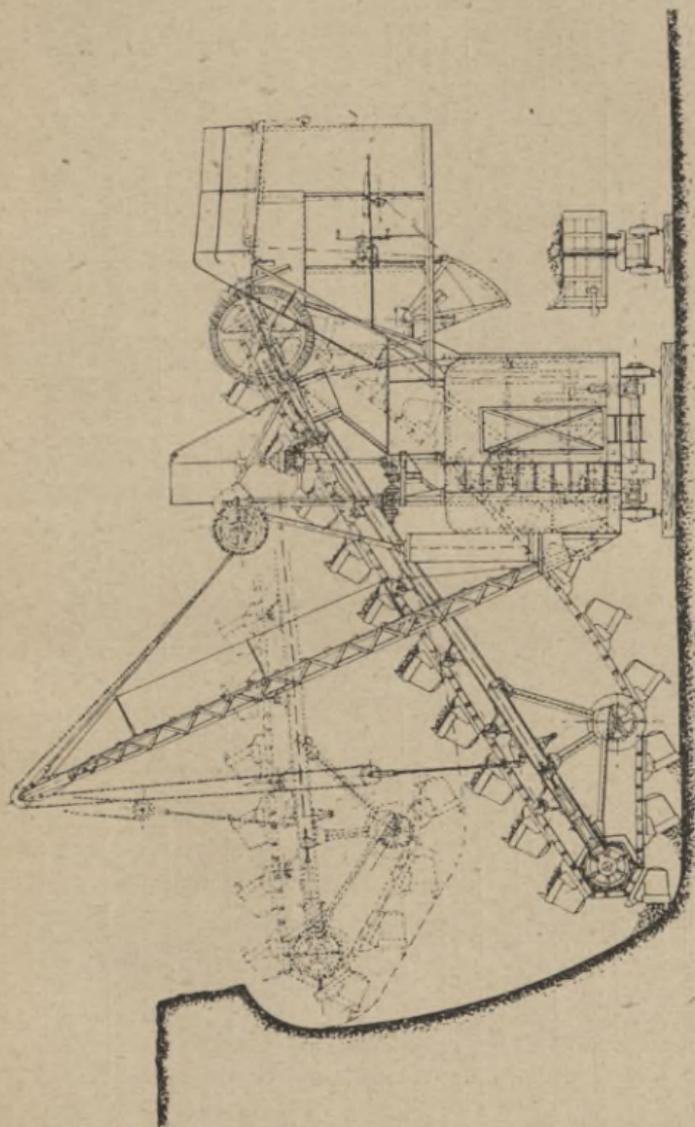


Abb. 17. C-Bagger mit kurzer Eimerleiter in der Seiteneintnahme arbeitend.  
Fördergefäße stehen seitlich.

Tabelle 3.  
Eimerkettenbagger der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft.

| Größe  | B                        | A                        | C                       | F                       | L                             |
|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Theoretische Tagesleistung bei 10 stündiger Arbeitszeit. . . . . cbm | 2580                     | 2370                     | 1200                    | 600                     | 340                           |
| Wahrscheinliche Tagesleistung in Sandboden. . . . . cbm              | 2400                     | 1800                     | 1000                    | 400                     | 200                           |
| In mittelschwerem Aбраum . . . . . cbm                               | 2000                     | 1500                     | 800                     | 300                     | 170                           |
| In Ton und Lehm . . . . . cbm  | 1600                     | 1200                     | 600                     | 200                     | 120                           |
| In Kreide . . . . . cbm  | 800                      | 600                      | 300                     | —                       | —                             |
| Größte Baggertiefe . . . . . m                                       | 15                       | 10                       | 8                       | 6                       | 5                             |
| Größte Abtragshöhe. . . . . m  | 12                       | 10                       | 8                       | 6                       | 5                             |
| Eimerinhalt. . . . . Liter   | 240                      | 180                      | 100                     | 50                      | 35                            |
| Baggerfahrbahn . . . . . schienig                                    | 3                        | 3                        | 2                       | 2                       | 2                             |
| Empfehlenswerte Transportgefäße, Inhalt in . . . . . cbm             | 3—4                      | 2—3                      | 1—2                     | $\frac{3}{4}$ —1        | $\frac{1}{3}$ — $\frac{3}{4}$ |
| Größte zulässige Länge des freischwebenden Gurtransporteurs. m       | 40                       | 30                       | 30                      | 12                      | 6                             |
| Bedienungspersonal für den Bagger Mann                               | 2—3                      | 2—3                      | 2—3                     | 1—2                     | 1                             |
| Arbeiter zum Gleisrücken   | 1 Vorarbeiter<br>15 Mann | 1 Vorarbeiter<br>11 Mann | 1 Vorarbeiter<br>8 Mann | 1 Vorarbeiter<br>7 Mann | 1 Vorarbeiter<br>5 Mann       |
| Pferdestärke der Maschinen . . . . .                                 | 90                       | 50                       | 38                      | 15                      | 12                            |
| Eigengewicht der Maschine in Tonnen                                  | 70                       | 47                       | 34                      | 23                      | 12                            |
| Ungefährer Preis der Maschine. . Mk.                                 | 45 000<br>bis 52 000     | 35 000<br>bis 41 000     | 25 000<br>bis 30 000    | 18 000<br>bis 22 000    | 11 000<br>bis 14 000          |

Beim Abtragen von schwerem Boden sind größere Baggerarten den kleineren vorzuziehen wegen ihrer schweren Grabwerkzeuge. Ferner bieten diejenigen Konstruktionen Vorteile, bei denen das Erdwagengleis nicht seitlich neben dem Baggergleis liegt wie bei Abb. 14, 16 und 17, sondern zwischen demselben (Abb. 15 und 18) und der Zug mit den Transportgefäßen unter dem Bagger durchfährt. Der Bagger erhält dadurch zwei Stützpunkte. Die schweren Konstruktionsteile der Maschine (Dampfkessel, Wasserbehälter) sind in der der Eimerkette entgegengesetzten Baggerhälfte untergebracht und bilden ein wirksames Gegengewicht gegen die frei hinausragende Eimerkette. Es können deswegen diese Konstruktionen für größere Baggertiefen eingerichtet werden.

Als Betriebskraft wird in der Regel Dampfkraft, bisweilen auch elektrische Kraft verwendet. Die Dampfkessel sind liegende Röhrenkessel und arbeiten mit 8—9 $\frac{1}{2}$  Atmosphären Überdruck. Die Röhrenkessel der kleineren Apparate sind ausziehbar.

Zur Abschwächung der unvermeidlichen schweren Stöße beim Baggern und zur gleichmäßigen Verteilung des Auflagerdrucks sind elastische Federn in der Eimerkette und deren Aufhängung eingeschaltet.

Die Bagger sind so konstruiert, daß sämtliche Bewegungen durch Maschinenkraft ausgeführt werden und die Maschine von einem Mann, dem Baggermeister, gesteuert werden kann.

Die größte der Baggertypen ist der B-Bagger, der als Universalbagger ausgeführt, mit umstellbarer Eimerleiter ausgerüstet ist und somit als Hoch- wie als Tiefbagger arbeiten kann (Abb. 15). Das Ummontieren der Eimerleiter von der einen Baggerart in die andere ist auf einfache Weise innerhalb einiger Tage ausführbar.

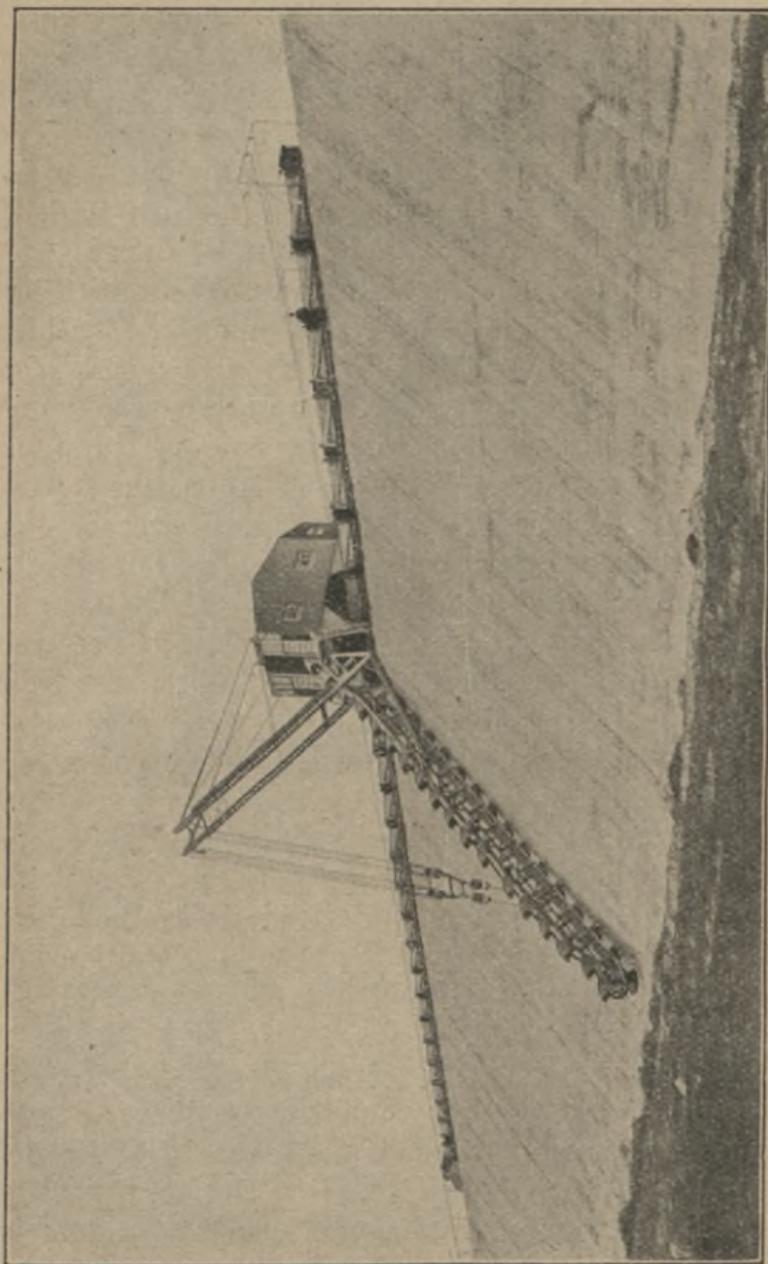


Abb. 18. B-Bagger für Tiefbaggerung auf 15 m Tiefe mit geführter Eimerkette und elektrischem Antrieb.

Bei Bodenmaterial, das beim Regen klebrig wird und an den Baggereimern anhaftet, ist am oberen Turas eine feststehende Ausschneidevorrichtung angebracht, die beim Übergang der Eimer über den oberen Turas das anhaftende Material aus diesem entfernt.

Beim Baggern steht der Transportwagenzug still, der Bagger fährt langsam über den stillstehenden Zug weg und füllt dabei die Fördergefäße (Abb. 18). Damit kein gebaggertes Material durch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Wagen auf das Gleis fällt, ist eine durch Dampfsteuerung bewegbare Schüttklappe vorhanden, durch deren Umklappen nach Füllung eines Wagens der Boden sofort in den nächsten Wagen übergeleitet wird.

In Abb. 18 ist ein B-Bagger als Tiefbagger arbeitend dargestellt. Abb. 19 zeigt dieselbe Baggerart bei Hochbaggerung, wobei gleichzeitig ersichtlich ist, wie das Fördergleis zwischen dem dreischienigen Baggergleis liegt. In Abb. 20 haben wir den Fall von Etagenbaggerung, bei welchem eine 30 m hohe Ablagerung in drei Schritthöhen durch Tiefbaggerung abgetragen wird. Abb. 21 veranschaulicht die Herstellung von Kanalprofilen durch Baggerung unter Wasser. Hat man nur eine Maschine zur Verfügung, so muß dieselbe nach Fertigstellung der linken Kanalhälfte ummontiert und zum rechten Ufer gebracht werden.

Um eine möglichst vollkommene Ausnützung des Baggers zu erreichen, ist neben zweckmäßiger und solider Bauart der Maschine die Durchführung eines genauen Arbeitsprogramms beim Baggern notwendig.

Vor allem muß die Anordnung der Abfuhrgleise mit genauer Überlegung und nach einem vorher festgelegten Arbeitsplan durchgeführt werden, wobei auf die Anlage

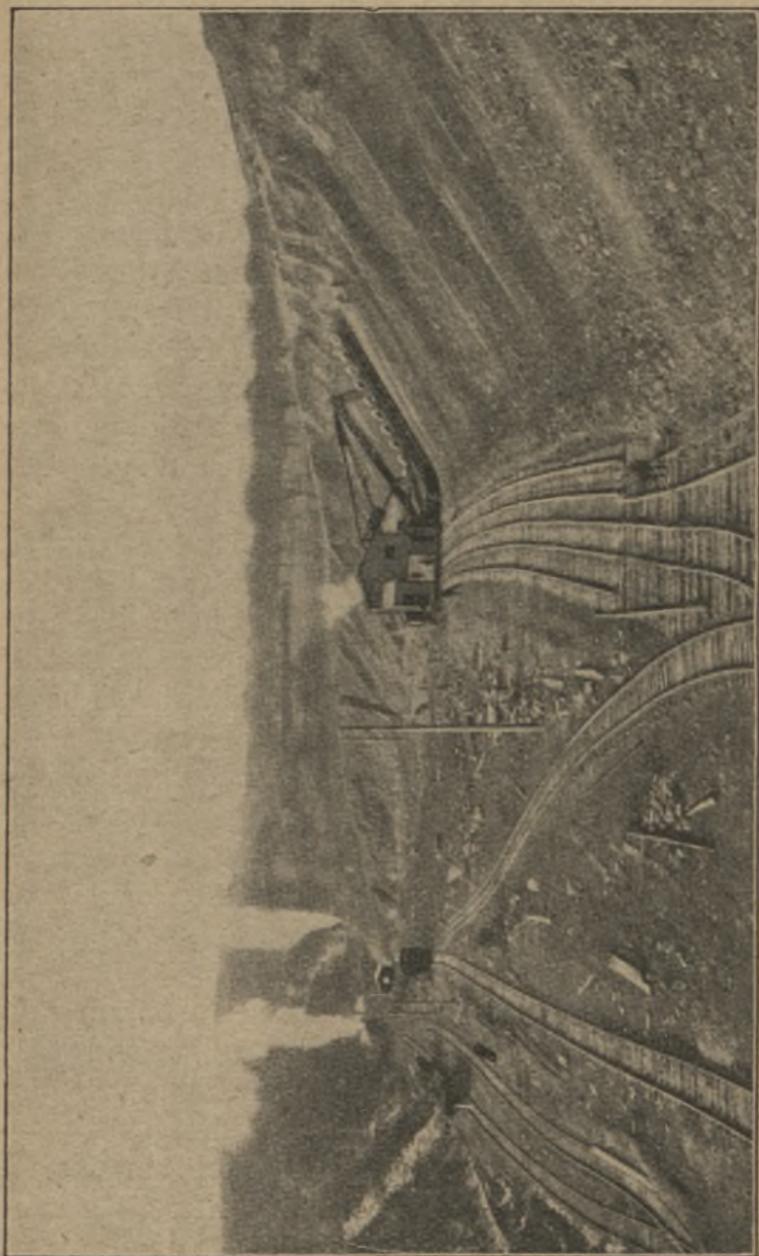


Abb. 19. B-Bagger mit zwangsläufig geführter Eimerkette als Hochbagger arbeitend.

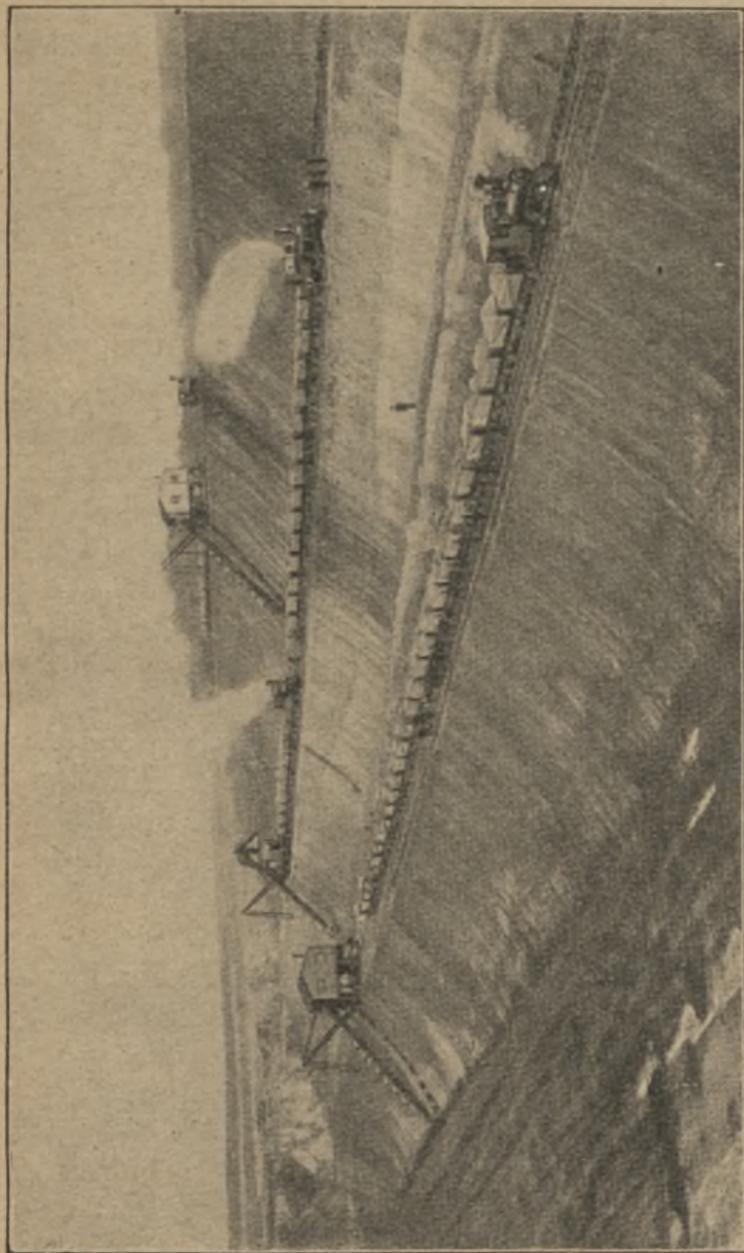


Abb. 20. Etagenbaggerung (drei Etagen von je 10 m Höhe).

der Umsetzgleise für den vollen und leeren Zug Rücksicht zu nehmen ist, sowie auf die Schaffung verschiedener und ausreichend großer Kippstellen.

Sorgfältige Ausnützung der Zeit ist von größter Bedeutung, da die Tagesleistung der Arbeitszeit proportional ist.

Die in Tabelle 3 angegebenen Baggerleistungen wurden erreicht bei vollständiger Ausnutzung der Maschine. Bei der Preiskalkulation ist zu beachten, daß eine solche bei Baubeginn und gegen Bauende in der Regel unmöglich ist, da für die Eimerleiter nicht die volle Schnitthöhe vorhanden ist. Das Arbeitsprogramm hat darüber Aufschluß zu geben, wie groß diese Zeiten teilweiser Maschinenausnutzung sind.

Muß bei Ausführung von Kanalbauten der gebaggerte Boden seitlich als Damm aufgeschüttet werden, so geschieht dies durch automatische Vorrichtungen, sog. Transporteure, die direkt an den Bagger gekuppelt und von diesem bewegt werden.

Das Baggergut wird dabei durch ein Band ohne Ende, einem Gummitransportbande mit Leinen- und Baumwolleinlage, zum Damm befördert und dort abgeschüttet (siehe Fig. 21).

## § 10. Löffelbagger oder Schaufelbagger.

Die Löffelbagger in ihrer verbesserten Form gegenüber den ursprünglichen englischen und amerikanischen Konstruktionen, wie sie in Deutschland vor allem von der Firma Menck & Hambroek G. m. b. H. in Altona gebaut werden, sind Trockenbagger, die als Hochbagger Erdmassen von der Sohle aus abgraben. Sie werden für Antrieb durch Dampfkraft und elektrische Kraft ausgeführt, und es finden vor allem die beiden folgenden Arten Anwendung:

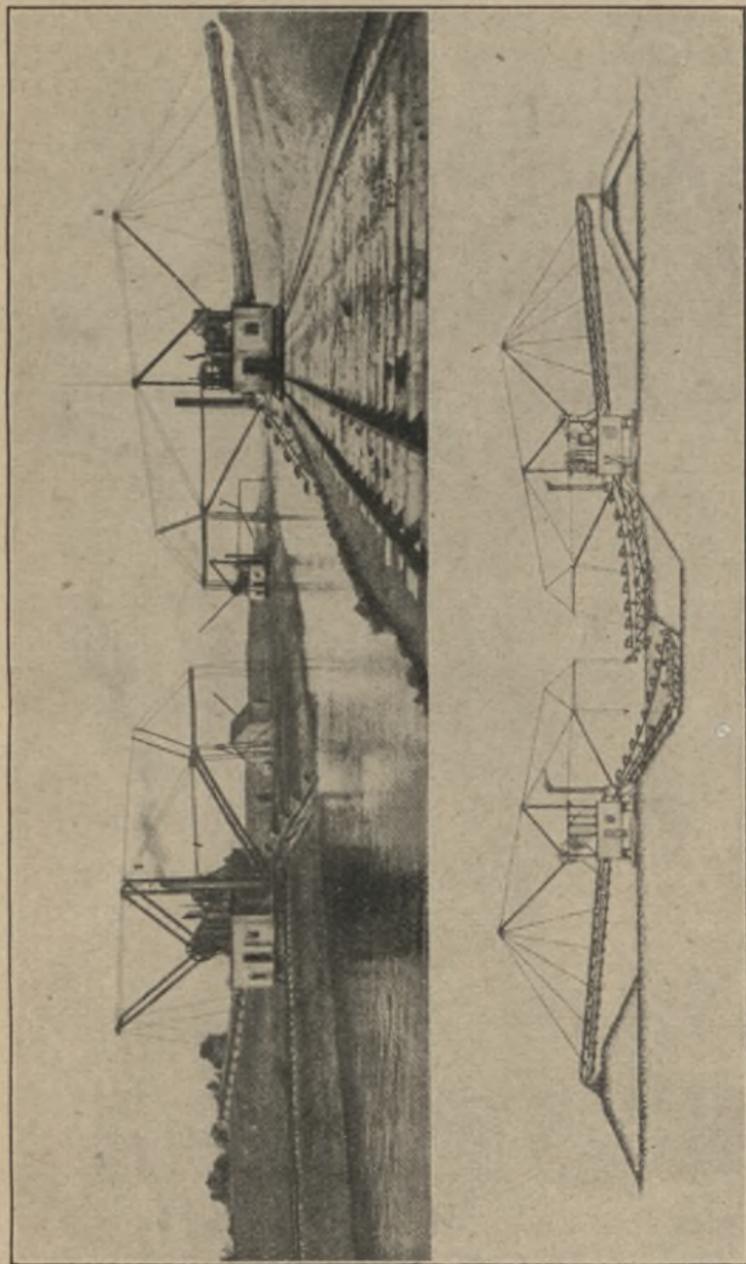


Abb. 21. Eimerbagger zur Herstellung von Kanalprofilen mit Transporteur zum seitlichen Ablagern des Baggergutes.

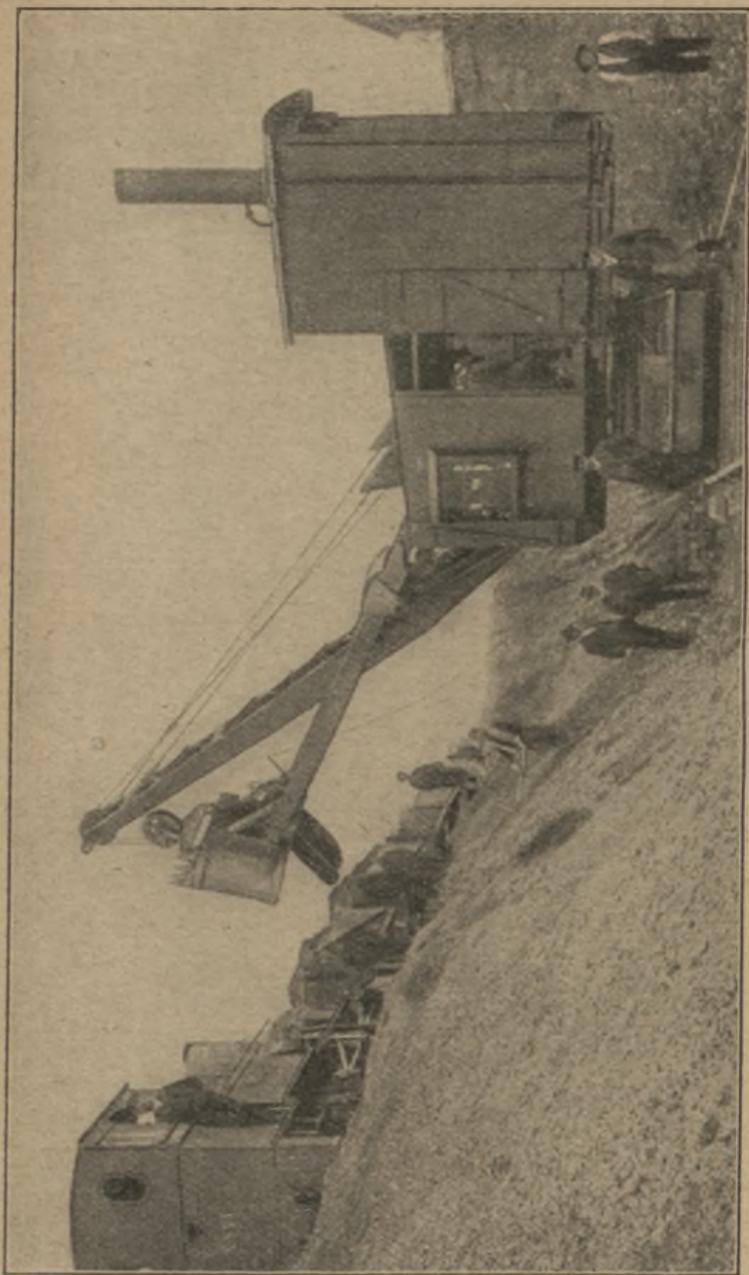


Abb. 22. Löffelbagger vor Kopf arbeitend, bei hochliegendem Abfuhrgleis.

1. Der gewöhnliche Löffel-, Schaufel- oder Kreiselbagger (Abb. 22).

2. Der Eisenbahnlöffelbagger (Abb. 26).

Bei diesen Konstruktionen ahmt der Löffel die Arbeitsbewegung der Handschaufel annähernd nach. Dazu dient bei Verwendung von Dampfkraft eine große Dampfwinde, die auf dem Boden des Hebekrans steht und den Löffel mittels eines Flaschenzuges, welcher am Kopf des Auslegers befestigt ist, hebt.

Eine andere kleine Dampfwinde oder auch bloß ein Dampfzylinder ist auf dem Ausleger des Krans befestigt und schiebt den Löffel, der ohne diese zweite Antriebsvorrichtung nur einen Kreisbogen um seinen Stützpunkt am Ausleger beschreiben würde, während der Arbeitsbewegung beim Graben noch gleichzeitig nach vorn. Die bessere Konstruktion ist diejenige, bei welcher der Löffelvorschub durch eine besondere Dampfwinde an Stelle eines Dampfzylinders bewirkt wird (Abb. 22), weil dadurch eine größere Löffelverschiebung möglich ist. Beim Arbeiten wird der Löffel mit seiner Schnittkante auf die Sohle niedergelassen; durch Heben mit der großen Dampfwinde und durch Drücken mit der kleinen Dampfwinde resp. dem Dampfzylinder dringt die Löffelschneide in das Erdreich beim Hochwinden ein und schneidet dabei einen Materialstreifen ab, der in den Löffel fällt.

Durch Drehen des Krans gelangt der Löffel über den Transportwagen und durch Öffnen der den Boden des Löffels bildenden Bodenklappe mit Bremsvorrichtung fällt das Baggergut in den bereitstehenden Wagen. Ist alles Erdreich im Bereich des Löffels abgegraben, so muß der Bagger vorgefahren werden. Eine gut funktionierende Bremsvorrichtung für die Bodenklappe des

Löffels ist notwendig, um ein langsames Entleeren der Baggermassen aus dem Löffel in die Transportgefäße zu ermöglichen. Erfolgt die Entleerung plötzlich, so werden durch das abstürzende Material die Rollwagen beschädigt.

Der Rand des Löffels ist mit einer starken Stahlschneide zum Lösen von steinigem und zähem Material, außerdem noch mit zwei oder vier meißelartigen Stahl-

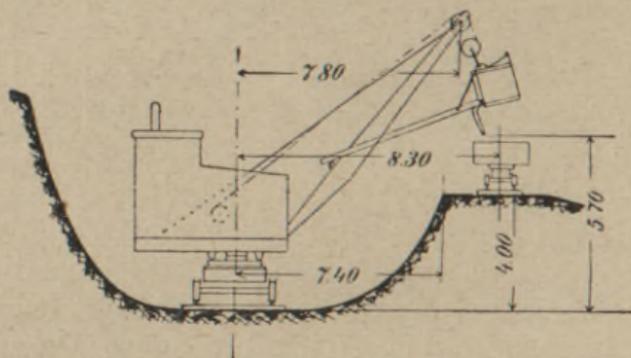


Abb. 23. Hochliegendes Abfuhrgeis bei einem Löffelbagger (Baggergröße G).

zähnen versehen, die beim Abgraben den Boden lockern. Am häufigsten werden die Bagger für den Baubetrieb mit Dampfkraft ausgerüstet.

Elektrisch angetriebene Löffelbagger haben gegenüber denjenigen mit Dampftrieb den Vorteil steter Betriebsbereitschaft und geringer Betriebskosten. Da hierbei notwendig ist, daß die Anschlußmöglichkeit an eine genügend starke elektrische Kraftzentrale besteht, so werden Löffelbagger mit elektrischem Antrieb hauptsächlich bei stationären Baggerbetrieben (Ausbeutung von Tongruben, Kalksteinbrüchen) angewendet im Gegensatz zu den Baubetrieben.

Die elektrischen Bagger werden als Mehrmotorenbagger konstruiert, bei denen die verschiedenen Arbeitsbewegungen durch je einen besonderen Motor bewirkt werden.

Schaufelbagger ist der Ausleger mit Löffel und Dampfmaschine auf einem fahrbaren Untergestell im ganzen Kreis, also um  $360^\circ$ , drehbar. Daher findet sich für diese Baggerart auch die Bezeichnung Kreiselbagger. Diese Drehbarkeit des Baggers ermöglicht die Aufstellung der Fördergefäße an beliebiger Stelle.

Mit dem Bagger kann im Einschnitt „vor Kopf“ durch Vorschlitzen gearbeitet werden; ferner können auch

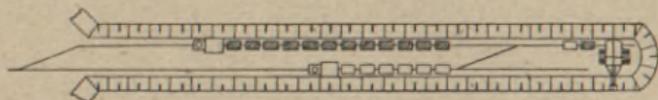


Abb. 24 a. Löffelbagger: Vorschlitzen vor Kopf und Ausladen nach rückwärts.

seitlich anstehende Bodenmassen (Seitenentnahmen) durch Hochbaggerung abgetragen werden (Abb. 23—25).

Wird ein Einschnitt vor Kopf durchgeschlitzt (Abb. 24 a und b), ein sehr häufiger Arbeitsvorgang, so bietet diese Baggerart bei Anwendung einer Dampfwinde zum Vorschub des Löffels Vorteile durch die große Löffel-

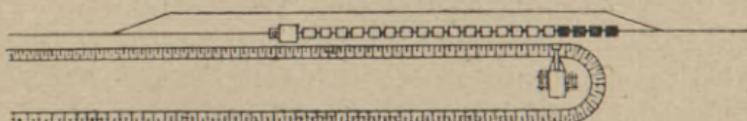


Abb. 24 b. Vorschlitzen vor Kopf und Ausladen bei hochliegendem Abfuhrgleis.

verschiebbarkeit und die große Ausschütthöhe des Löffels. Dadurch kann der Bagger beim Graben und Verladen eine große Fläche bestreichen und Transportgefäße, die sowohl auf der Baggersohle als auch über dieser stehen, beladen.

So beträgt beispielsweise bei dem in folgender Tabelle verzeichneten Modell G die maximale Löffelverschiebung 3,70 m und die größte Ausschütthöhe von Schienenoberkante bis Unterkante der geöffneten Klappe 5,70 m (Abb. 23).

Infolge dieser Löffelverschiebung ist es möglich, bei Einschnitten mit hochanstehender Wand beim Vorschlitzen vor Kopf und Ausladen nach rückwärts zwei hinter dem Bagger auf Baggersohle aufgestellte Wagen zu beladen und einen Einschnitt von ca. 14 m Gesamtbreite vor Kopf auszuheben. Diese Schnittbreite erleichtert wesentlich die Abfuhr der Baggermassen. So lassen sich in unserem Fall, wo zwei Baggerzüge verfügbar sind, im Einschnitt hinter dem Bagger zwei Gleise unterbringen. Es kann das Vorschlitzen nach nebenstehendem Gleisschema vor sich gehen (siehe Abb. 24a) und bei dieser an und für sich ungünstigen Vortriebsweise so weit gesteigert werden, daß sich die maximale Leistung der Maschine zu 70—75% ausnützen läßt.

Günstiger werden natürlich die Betriebsergebnisse, wenn beim Vorschlitzen vor Kopf das Baggergut in höher stehende Transportgefäße ausgeladen werden kann. Verwendet man den genannten G-Bagger, so können die Rollwagen etwa 4 m höher stehen als der Bagger (siehe Fig. 23 und 24b). Dadurch kann der zu beladende Zug mit ca. 20 Rollwagen in ganzer Länge am Rand des Einschnitts neben dem Bagger herlaufen, also in gleicher Weise wie beim Eimerbaggerbetrieb beladen und die gesamte Leistungsfähigkeit des Baggers ausgenützt werden, wobei vorausgesetzt ist, daß keine unnötigen Aufenthalte entstehen und der neue Leerzug sofort zur Stelle ist, wenn der vorhergehende Zug beladen ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn der Bagger eine seitlich anstehende Wand abträgt und die Transportzüge gleichlaufend mit dieser auf Höhe des Baggerplanums stehen (Abb. 25).

Soll demnach ein langgestreckter Einschnitt im ansteigenden Gelände mit dem Löffelbagger abgetragen

werden, so wird man versuchen, denselben zunächst in derjenigen Richtung durch Baggerung vor Kopf durchzuschlitzen, in welcher ein Ausladen der Baggermassen in die höher stehenden Transportgefäße möglich ist.

Ist dieser erste Schlitz genügend erbreitert, so werden später die Abfuhrgleise in denselben hineingelegt.

Es lassen sich auf diese Weise mit dem Löffelbagger Resultate

erzielen, die denjenigen der Eimerbagger in gutem Material nicht nachstehen, dieselben aber in steinigem und grobem Gerölle und stark wechselndem, hügeligem Gelände übertreffen.

Der Löffelbagger kann im Mittel eine etwa 7 m hohe Wand direkt abtragen, während der darüber anstehende Boden dem Bagger durch Abkeilen oder Abschießen zugeführt werden muß.

Wenn es die örtlichen Verhältnisse gestatten, ist es deswegen zweckmäßig, Abtragshöhen von mehr als 7 m in mehreren Abtragsstufen abzuarbeiten, weil dadurch die Kosten für das Herunterbringen der über 7 m Höhe anstehenden Bodenmassen wegfallen in ähnlicher Weise, wie dies in Abb. 20 bei Anwendung von Eimerkettenbaggern dargestellt ist. Bedingung dabei ist natürlich, daß hierdurch die Abfuhr des Baggergutes nicht erschwert wird.

Die angeführte Firma führt z. B. ihre Kreiselbagger in folgenden Modellen aus:

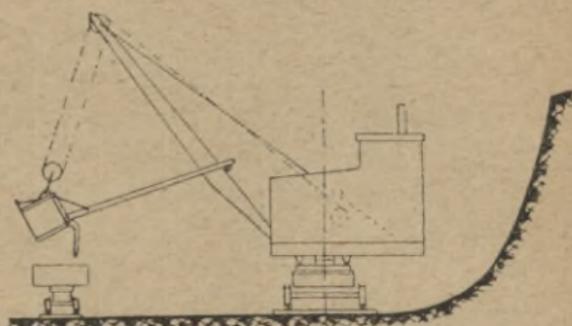


Abb. 25. Seitenentnahme mit Löffelbagger.

Tabelle 4.  
Löffelbagger der Fa. Menck & Hambrock, Altona.

| Größe   | F <sub>2</sub>          | G                               | J                        |
|---|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Wirkliche Tagesleistung bei } in { Sand cbm<br>10 stündiger Arbeitszeit }    { Gesprengten Fels cbm | 1000<br>360             | 1200<br>450                     | 1800<br>600              |
| Löffelinhalt . . . . .  | 1,6                     | 2,0                             | 3,0                      |
| Anzahl der Pferdekräfte . . . . .   | 68<br>26<br>94          | 83<br>33<br>116                 | 155<br>58<br>213         |
| Hubmaschine<br>Vorschubmaschine<br>zusammen   |                         |                                 |                          |
| Maximale Windkraft in . . . . . kg  | 12750                   | 16000                           | 25000                    |
| Größte Abtragshöhe in . . . . . m   | 7—9                     | 7—9                             | 7—9                      |
| Empfehlenswerte Transportgefäße, Inhalt in . . . . . cbm  | 3                       | 3—3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3—4                      |
| Gewicht des Baggers in . . . . . kg {<br>Eigengewicht {<br>Dienstgewicht                            | 42700<br>49400          | 53300<br>61200                  | 90000<br>102500          |
| Bedienungspersonal für den Bagger . . . . . Mann  | 3                       | 3                               | 3                        |
| Arbeiter zum Gleisrücken . . . . .  | 1 Vorarbeiter<br>8 Mann | 1 Vorarbeiter<br>9 Mann         | 1 Vorarbeiter<br>12 Mann |
| Preis des Baggers in . . . . . Mark   | 26000                   | 28500                           | 52500                    |

Ferner sind noch folgende Modelle im Gebrauch:

|                  | Löffelinhalt<br>in cbm | Maximale Wind-<br>kraft in kg |
|------------------|------------------------|-------------------------------|
| Baggergröße E    | 1,0                    | 8300                          |
| „ F <sub>1</sub> | 1,3                    | 10400                         |
| „ H              | 2,5                    | 20000                         |
| „ K              | 3,75                   | 30000                         |

Es empfiehlt sich, für die Abfuhr der Baggermassen möglichst große Rollwagen zu wählen zur Beschleunigung der Schlitzarbeit und weil kleine Wagen ein zu genaues Ausschütten verlangen, was zeitraubend ist.

Beim Vorschlitzen vor Kopf besteht das Baggergleis aus kleineren Stücken von 1,20—1,50 m Länge, die mit den Schwellen zu festen Rahmen verbunden sind und mittels Ketten mit dem Baggerlöffel gefaßt und vorgelegt werden. Als Schienen verwendet man sog. Goliathschienen von einem Gewicht von 40—45 kg/ld. m.

Zu 2: Der Eisenbahnlöffelbagger (Abb. 26) hat seinen Namen davon, daß er auf einem Eisenbahnwagen mit Drehgestell montiert ist und dadurch auf normalspurigem oder schmalspurigem Eisenbahngleis befördert und zum Transport in Güterzüge der Hauptbahn eingestellt werden kann. Dadurch läßt sich der Bagger rascher zur Verwendungsstelle bringen als der Kreiselbagger und erfordert weniger Zeit zur Inbetriebsetzung als dieser, der eine größere Spurweite besitzt und dessen einzelnen Teile auf der Verwendungsstelle angefahren und dort zusammen montiert werden müssen.

Der Eisenbahnlöffelbagger ist dadurch gekennzeichnet, daß er im Gegensatz zu dem in vollem Kreis drehbaren Bagger sich nur im Halbkreis (um ca. 200°) drehen läßt und daß er infolge seiner geringen Spurweite

zur Erreichung einer genügenden seitlichen Standfestigkeit beim Arbeiten mit niederschraubbaren Seitenstützen ausgerüstet werden muß. Beim Arbeiten dreht sich nur der

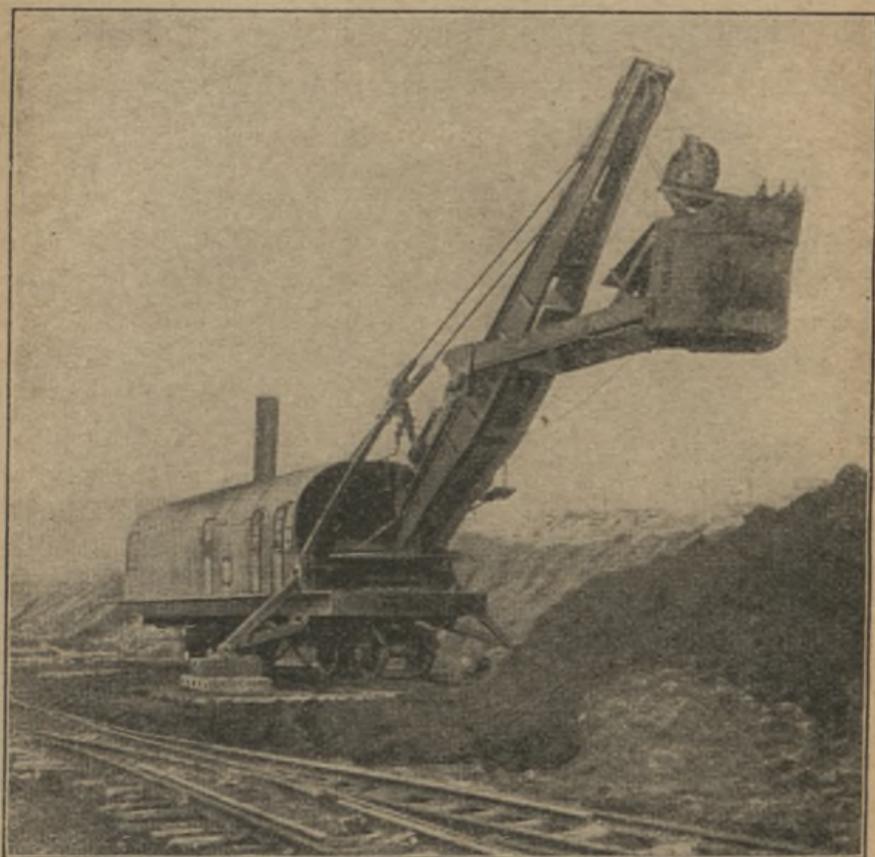


Abb. 26. Eisenbahnlöffelbagger im Betrieb. Seitenstützen feststehend.

Ausleger mit dem Löffel, während der Dampfkessel auf dem Untergestell stillsteht. Durch die beiden Seitenstützen, die durch Maschinenkraft einzeln bewegt werden, erreicht der Bagger beim Arbeiten eine große Standfestigkeit.

Während der gewöhnliche Löffelbagger nicht mehr als zwei Hübe in der Minute machen kann, können die

Eisenbahnlöffelbagger bis drei Hübe in der Minute ausführen. Letztere werden deswegen vorwiegend für schwere Bodenarten, große Leistungen und lange Baggerstrecken verwendet, also unter solchen Geländeverhältnissen, wo bei Hochbaggerung mittels Eimerkettenbagger die größte Type derselben, z. B. das Lübecker Modell B, vergleichsweise in Frage kommt.

Der Nachteil des Eisenbahnlöffelbaggers gegenüber dem Kreiselbagger besteht darin, daß sich sein Ausleger nicht in vollem Kreis dreht und dadurch sich die Maschine dem Gelände weniger anpassen kann, ein Nachteil, der aber der gesamten Gruppe der Eimerkettenbagger in noch erheblicherem Maße anhaftet.

Verschiedene Ausführungen in der Praxis haben ergeben, daß die Baggerleistungen eines 3-cbm-Eisenbahnlöffelbaggers und eines Eimerkettenhochbaggers Type B bei mittleren Verhältnissen sich ungefähr das Gleichgewicht halten, bei schwerem, steinigem Boden aber der Löffelbagger an der Tagesleistung überlegen ist.

## § 11. Vergleich zwischen Eimerkettenbagger und Löffelbagger.

Ob bei der Bauausführung den Eimerkettenbaggern oder den Löffelbaggern der Vorzug zu geben ist, ist im einzelnen Fall eingehend zu prüfen. Es kommen dabei folgende Gesichtspunkte in Betracht:

1. Der Eimerkettenbagger erfordert, um ausgenutzt zu werden, eine Angriffslänge in dem abzutragenden Einschnitt, die das 3—4fache der Länge des zur Verwendung kommenden Transportwagenzuges betragen soll. Verwendet man z. B. beim B-Bagger Transportzüge von 20 Wagen zu je  $3\frac{1}{2}$  cbm Inhalt, so erhält man nach Tabelle 9, S. 84, eine Zuglänge von 75 m und somit

eine wünschenswerte Länge des Anschnitts von 220 bis 300 m.

Um der grabenden Eimerkette stets neue Angriffsflächen zu schaffen, muß das Baggergleis entsprechend dem Arbeitsfortschritt parallel zur Schnittrichtung gegen die Bergseite nachgerückt werden. Dieses Gleisrücken erfolgt, wenn die Eimerkette auf einer bestimmten Strecke mehrere Schnitte ausgeführt und dadurch eine bestimmte Grenzstellung erreicht hat. Während dann der Bagger auf einem anderen Teil seines Gleises arbeitet, wird das erste Stück des Baggergleises von einer Arbeiterkolonne von 15—20 Mann mit Ruckeisen (Eisenstangen von 1,50—2,00 m Länge) verschoben. Es ist somit die angegebene Länge des Arbeitsgleises notwendig, um das Rücken des Gleises ausführen zu können, ohne den Bagger in seiner Arbeit aufzuhalten und um keine zu scharfen Verbindungskurven zwischen alter und neuer Gleislage zu bekommen.

Wo diese Entwicklungsmöglichkeit fehlt, kann der Eimerbagger nicht kontinuierlich arbeiten, und er wird im Nachteil sein gegenüber dem Löffelbagger. Der Eimerkettenbagger ist also geeignet für lange Anschnitte von gleichmäßiger Höhe, der Löffelbagger bei Anschnitten, wo die Entwicklungsmöglichkeit für ein langes Baggergleis fehlt.

2. Der Löffelbagger vermag mit Vorteil auch felsartiges Material und solchen Boden zu bewältigen, bei dem weiches Material mit groben Findlingen durchsetzt ist, weil man mit ihm eingelagerte Felsstücke durch Unterbaggern freilegen und zum Nachstürzen bringen kann. In solchen Bodenarten versagt der Eimerbagger in dem Augenblick, in dem die eingelagerten Gerölle eine gewisse Größe überschreiten.

Andererseits ist der Eimerkettenbagger als Tiefbagger angewendet da von Vorteil, wo Material ganz oder teilweise unter Wasser gelöst werden muß und es nicht möglich ist, die Baugrube trocken zu halten. Dieses gilt vor allem von den Eimerbaggern mit langer zwangsläufig geführter Eimerkette, und es bieten die Konstruktionen mit umstellbarer Eimerleiter, die als Hochbagger und als Tiefbagger verwendbar sind, besondere Vorteile.

Mit dem Eimerkettenbagger lassen sich bei zwangsläufig geführter Eimerleiter genaue Böschungen geradlinig oder gebrochen, von vorgeschriebenem Neigungsverhältnis direkt herstellen, während bei Anwendung des Löffelbaggers die Böschung zum Schluß von Hand nachplaniert werden muß. —

Wo also eine größere Anzahl kurzer Anschnitte in einem Gelände, das Schwierigkeiten für eine lange Gleisentwicklung bietet, vorhanden sind, und felsiger, mit Findlingen durchsetzter Boden vorliegt, empfiehlt sich der Löffelbagger.

Bisweilen mag es auch ratsam erscheinen, bei ausgedehnten Erdarbeiten mit dem Löffelbagger zunächst den Betrieb für den Eimerkettenbagger dadurch vorzubereiten, daß man mit dem Löffelbagger die Kuppen abträgt und dabei gleichzeitig die Rodungsarbeiten ausführt (Herausbaggern etwaiger Baumstümpfe), von dem so geschaffenen Planum aus mit dem Eimerkettenbagger den erreichbaren Boden abträgt und durch den Löffelbagger am Ende diejenigen Massen bewältigt, die der Eimerkettenbagger in den Ecken und Krümmungen stehen ließ.

Endlich sei bemerkt, daß in Amerika in der Hauptsache nur Löffelbagger für Trockenbaggerung zur Anwendung kommen.

## § 12. Greifbagger.

Die Greifbagger (Abb. 27) bilden eine Baggerart, welche sowohl als Trockenbagger wie als Schwimmbagger Verwendung finden kann. Sie sind Baggermaschinen, die aus einem zweckmäßig gebauten Kran und einem daran hängenden Greifer bestehen (Abb. 28).

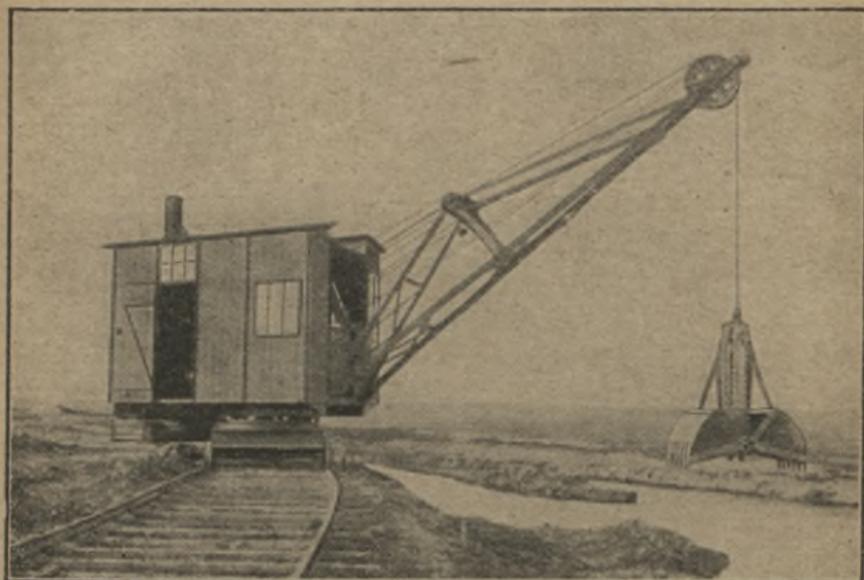


Abb. 27. Greifbagger.

Zum Baggern wird der Greifer in geöffnetem Zustande auf das Erdreich niedergelassen und beim Anziehen der Kranseile geschlossen, wobei er durch sein Eigengewicht in den Boden eindringt und sich füllt. Nach dem Schließen wird der Greifer gehoben, über das Fördergefäß gebracht und entleert, worauf das Spiel von neuem beginnt. Der Vorteil der Greifbagger liegt darin, daß man mit ihnen nicht wie bei den schon besprochenen Baggermaschinen an eine bestimmte Baggertiefe ge-

bunden ist. Die Maschine arbeitet als Tiefbagger und bei genügender Höhe des Kranenauslegers bisweilen auch als Hochbagger. Je nach Schwere und Konstruktion der Greifer können mit dem Greifbagger Materialien von leichtem Schlick bis zum gesprengten Fels gefördert werden.

Zur Baggerung von Schlamm und Schlick genügen einfache Schalengreifer. Für die Baggerung von festem Ton und Lehm erhält die Schale scharfe Stahlzähne und zur Förderung von Steinen und gesprengtem Fels benutzt man Greifer mit breitgestellten, extra starken Stahlzähnen.

Die Leistungen der Greifbagger als Trockenbagger sind im Verhältnis mit denjenigen der Eimer- oder Löffelbagger gering.

Dafür sind auch die Betriebskosten der Greifbagger geringer, da meistens ein Mann zur Bedienung genügt. Man verwendet die Greifbagger im allgemeinen nur bis zu mittelgroßen Modellen. Große Greifbagger werden zu unhandlich. Am gebräuchlichsten sind Maschinen von 0,8—1,0 cbm Greiferinhalt, die je nach der Bodenart täglich etwa 100—300 cbm leisten. Für kleinere Leistungen (Aushub von Baugruben) wird ein Bagger mit 0,4 bis 0,5 cbm Greiferinhalt verwendet.

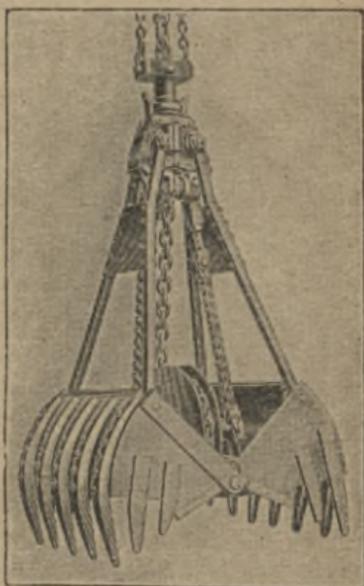


Abb. 28. Greifbagger-schale mit Stahlzähnen zur Förderung von gesprengtem Fels.

Tabelle 5.

Greifbagger (Ausführungen der Firma  
Menck & Hambrock G. m. b. H., Altona).

| Viersell-Greifbagger Modell                            | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | D    | E    | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> |
|--|----------------|----------------|------|------|----------------|----------------|
| Greiferinhalt . . . . . cbm                            | 0,4            | 0,5            | 0,65 | 0,8  | 0,98           | 1,15           |
| Größte Baggertiefe unter Schienenoberkante . . . . . m | 15,5           | 15,5           | 15,5 | 15,5 | 15,5           | 15,5           |
| Ausladung vom Drehpunkt bis Mitte Greifer . . . . . m  | 7,0            | 7,5            | 8,1  | 9,3  | 10,6           | 12,3           |
| Freier Baum über Schienenoberkante bei off. Greifer m  | 2,5            | 2,5            | 2,5  | 2,5  | 2,7            | 3,3            |
| Spurweite . . . . . mm                                 | 1650           | 1780           | 1920 | 2070 | 2230           | 2410           |

### § 13. Naßbagger oder Schwimmbagger.

Man unterscheidet 1. solche für Handbetrieb und 2. solche mit maschinellm Antrieb.

1. Schwimmbagger mit Handbetrieb dienen zum Ausschachten von Fundamenten von Brückenpfeilern, Senkgruben usw.

a) Der Vertikalhandbagger ist ein Eimerkettenbagger, dessen Eimerleiter aus zwei schmiedeeisernen Rohren besteht mit fünfeckigem Unterturas und viereckigem Oberturas. Der Antrieb erfolgt am Oberturas durch Handkurbeln mit Zahnradvorgelege. An jedem vierten Kettenglied der Eimerkette sitzt ein Eimer aus Stahlblech mit aufgesetzter Stahlschneide.

Haben die Eimer das unter ihnen befindliche Baggergut weggeräumt, so wird der Apparat gesenkt. Zu diesem Zweck läßt sich der Oberturas auf der Eimerleiter verschieben und in der erforderlichen Höhe wieder feststellen. Der Bagger arbeitet bis zu 14 m Tiefe, und es sind zu seiner Bedienung drei Mann erforderlich.

Theoretische Stundenleistung 3,6 cbm. Preis komplett für Baggertiefen von 2—14 m ca. 800 Mark.

b) Der Schrägbagger für Handbetrieb. Bei Arbeiten an Flußufern, in Kiesgruben, Sandgruben und ähnlichen Betrieben ist es oft notwendig, den unter a) beschriebenen Bagger nicht nur vertikal, sondern auch schräg arbeiten zu lassen.

Zu diesem Zweck werden auf den Leiterröhren in entsprechenden Abständen Rollen befestigt, auf die sich die Eimerkette bei schräg gestellter Leiter stützt. Zur Regulierung dient eine Winde, die den unteren Teil der Eimerleiter mit einer Kette faßt. Die Durchschnittsleistung beträgt 5 cbm pro Stunde bei 6—7 Mann Bedienung. Bei größeren Baggertiefen steigen die Förderkosten rasch, so daß sich dann kleine Dampfheimerbagger lohnen.

## 2. Schwimmbagger mit maschinellm Antrieb.

a) Für Baggerung von leichten Bodenarten wie losem Sand, Schlick, sandigem Lehm, kurzfaserigem Torf empfehlen sich Saugbagger oder Pumpenbagger. Dieselben heben infolge der Saugwirkung von Zentrifugalpumpen den zu fördernden Boden. Ist letzterer fester gelagert, so sind an der Öffnung des Saugrohres Rührvorrichtungen zum Lösen des Bodens angebracht.

Die Förderung der angesaugten Bodenmassen kann auf folgende Weise vor sich gehen:

α) Das Baggergut wird durch Spültransport seitlich abgelagert, indem dasselbe stark mit Wasser verdünnt und von der Zentrifugalpumpe durch eine gelenkartig gekuppelte Rohrleitung zur Ablagerungsstelle weiter gepreßt und dort aufgelandet wird.

Diese Betriebsart erfordert also, daß gleichlaufend mit der Baggerrinne eine genügend breite, nicht zu hoch

über dem Wasserspiegel gelegene, ununterbrochene Ablagerungsfläche am Flußufer vorhanden ist. Diese Fläche muß dem täglichen Fortschreiten des Baggers entsprechen, da sonst die Kosten für die Verlegung der Rohrleitung zu groß werden. Es ist dabei für die Ableitung des Spülwassers Sorge zu tragen. Ferner muß mit Schadenersatzansprüchen der Anlieger gerechnet werden, weil die benachbarten Grundstücke unter dem abfließenden Wasser leiden.

Um dem Spülbagger eine gewisse Bewegungsfreiheit zu ermöglichen und um die beträchtlichen Kosten für das Verlegen der Rohrleitung zu reduzieren, schließt sich an den Bagger zunächst eine auf Pontons, Fässern oder Holzflößen schwimmende Rohrleitung an, die durch eine Lederschlauchkupplung mit der starren Rohrleitung über der Ablagerungsfläche verbunden ist. Dadurch kann sich der Bagger bis zu 50 m von dem Anfang der starren Rohrleitung entfernen.

β) Ist das Spülverfahren nicht durchführbar, so wird das Baggergut erst in Transportschiffen (Schuten, Prahmen) untergebracht, zur Ablagerungsstelle gefahren, dort mittels der Schutensauger entleert und in gleicher Weise wie oben durch Spültransport zur Ablagerungsstelle verbracht und dort aufgelandet. Dabei sind im Gegensatz zum vorigen Verfahren einzelne größere Grundstücke notwendig, die nicht mehr als 3—4 km von der Baggerstelle entfernt liegen sollen, damit die Transportkosten nicht zu hoch werden.

Sollen die Baggermassen nur auf kurze Entfernungen (bis zu 150 m) seitlich abgelagert werden, so verwendet man zum Entleeren der Schuten statt der Schutensauger Elevatoren oder Paternoster-Werke. Diese heben das Baggergut in offene, geneigte Rinnen, in denen das

selbe mit etwa dreifacher Wasserverdünnung abgespült wird (Anwendung bei Hinterfüllung von Kaimauern, bei Bodenbewegungen von mittlerem Umfang und bei Dauerbetrieben).

γ) Bei Baggerarbeiten in Seehäfen und Flußmündungen werden vielfach auch Bagger verwendet, welche auf Schiffen von genügender Tragfähigkeit montiert sind, um das Baggergut in sich aufzunehmen, nach See zu transportieren und dort an geeigneter Stelle zu verstürzen. Solche Bagger heißen Hopperbagger.

Die Saug- oder Pumpenbagger können nur in solchem Boden wirtschaftlich arbeiten, der leicht spülbar ist. Die dabei notwendige Verdünnung des Materials ist abhängig von dessen Beschaffenheit, von der Transportweite und vom Durchmesser der Druckrohre. Sie nimmt mit dem Durchmesser der Rohre ab.

δ) Spülbare Bodenarten sind:

Reiner Sand, der sich noch vorteilhaft bis 500 m Entfernung auf 4—4,5 m Höhe über Wasserspiegel bei zehnfachen Verdünnung transportieren läßt.

Sandiger Lehm. Derselbe läßt sich bis 800 m bei mindestens zehnfacher Verdünnung spülen, falls sich der Lehm im Wasser gut löst. Dabei setzt sich der Sand stets am Ende der Rohrleitung ab, während die lehmigen, im abfließenden Wasser gelösten Bestandteile bis 1000 m von diesem fortgenommen werden.

Spülbares Material ist ferner kurzfasriger Torf, rein oder mit lose gelagerten Bodenarten durchsetzt. Der Spülapparat muß dabei ein starkes Rührwerk erhalten, welches gleichzeitig die Massen zerkleinert. Transport bis 1000 m möglich. Soll der Transport auf größere Entfernungen erfolgen, so müssen Zwischenpumpen eingeschaltet werden, was den Betrieb bedeutend verteuert.

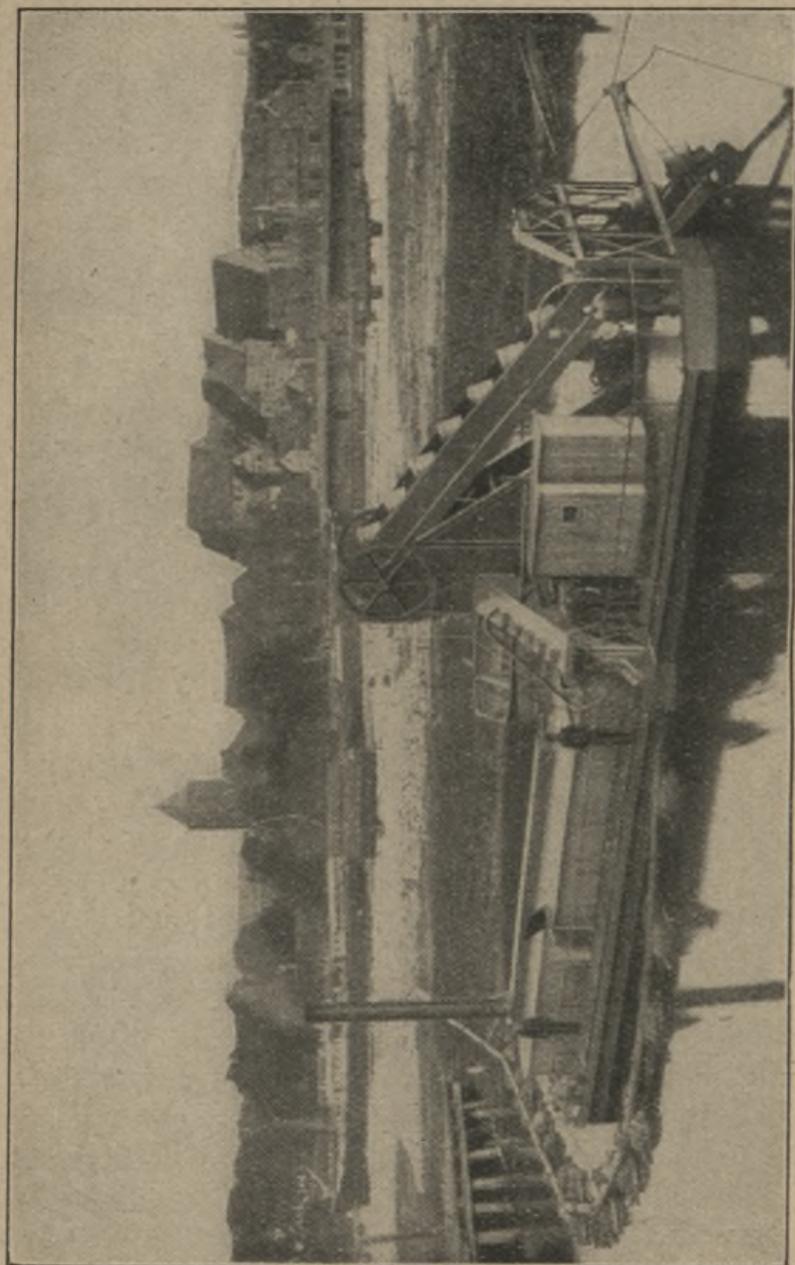


Abb. 29. Eimerkettenbagger als Schwimmbagger mit Spültransport. (Durch die links anschließende, auf Schwimmkörpern montierte Leitung wird das Baggergut nach dem Ufergelände abgespült.)

Bei dieser Bodenart wird im Gegensatz zu den beiden vorhergehenden das Verlegen der Rohrleitung dadurch außerordentlich erschwert, daß das aufgehöhte Gelände einige Wochen lang in breiigem Zustand bleibt und nicht betreten werden kann. Die Rohrleitung muß deshalb mit einem Gerüste gestützt werden.

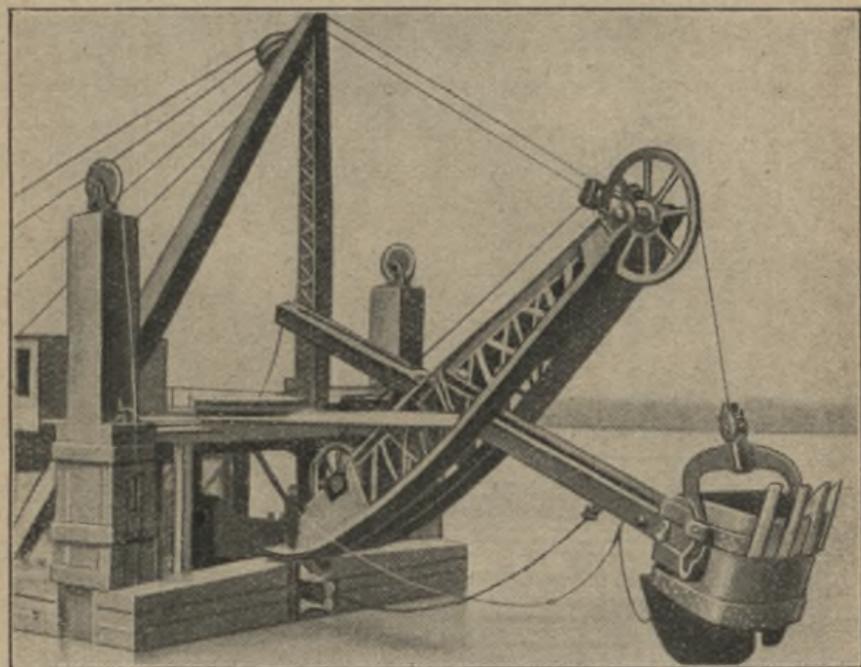


Abb. 30. Schwimmbagger als Löffelbagger konstruiert.

b) Für Naßbaggerung von schweren Bodenarten werden schwimmende Eimerkettenbagger und Löffelbagger angewendet (Abb. 29 und 30), die naturgemäß nur bis zu einer gewissen Baggertiefe verwendbar sind. Die Baggertiefe bei den Eimerkettenbaggern geht bis zu 14 und 15 m, bei den Löffelbaggern (Löffelbagger der Bucyrus Co., South Milwaukee, Wisc. U. S. A.) bis

8 m Wassertiefe. Bei größerer Wassertiefe sind Greifbagger zu verwenden. Mürbes Gestein muß durch Fallmeißelapparate erst zerkleinert werden, ehe es gebaggert werden kann.

Handelt es sich darum, genaue Unterwasserprofile herzustellen, so sind Eimerkettenbagger am vorteilhaftesten. In schwererem Material empfehlen sich Löffelbagger.

In folgender Tabelle sind die Leistungen und Baggertiefen einiger als Eimerkettenbagger konstruierter Schwimmbagger zusammengestellt<sup>1)</sup>, wobei sich die geleisteten Kubikmeter nicht auf gewachsenen Boden, sondern auf die in die Schuten geschütteten Bodenmassen beziehen.

Tabelle 6.  
Eimerkettenbagger als Naßbagger.

| Baggergröße   | 20   | 15      | 10           | 5           | 2½      |     |
|---|--|---------|--------------|-------------|---------|-----|
| Theoretische Leistung in cbm in 10 Arbeitsstunden . . . . .       | 3000   | 1400    | 1200         | 750         | 375     |     |
| Effektive Leistung in cbm bei                                     | { leichtem Boden<br>{ mittelschwerem Boden<br>{ schwerem Boden | 2400    | 1200         | 1000        | 600     | 300 |
|   |  | 2000    | 1000         | 850         | 500     | 250 |
|   |  | 1600    | 750          | 600         | —       | —   |
| Normale Baggertiefe bei obiger Leistung in . . . . . m            | 10<br>bis 12½  | 8       | 6            | 5           | 4       |     |
| Maximale Baggertiefe in . . . . . m                               | 15   | 10      | 8            | 6           | 5       |     |
| Empfehlenswerte Transportwagen-<br>größe, Inhalt in . . . . . cbm | 3<br>bis 4½  | 2 bis 3 | 1½<br>bis 2½ | 1<br>bis 1½ | ¾ bis 1 |     |

<sup>1)</sup> Angaben von Osthoff-Scheck.

### § 14. Pflüge und pflugartige Maschinen.

Zur Auflockerung des Bodens bei seiner Gewinnung von Hand wird oft der gewöhnliche Pflug verwendet.

Eine in Amerika gebräuchliche, dem Pflug nachgebildete Maschinenart ist der Schrapper, mit welchem der Boden nicht allein gelöst und gleichzeitig verladen, sondern auch fortbewegt wird. Die Schrapper<sup>1)</sup> werden bei Straßen- und Eisenbahnbauten bis zu einer Förderweite von 400 m verwendet und bezwecken die menschliche Arbeitskraft möglichst durch die tierische zu ersetzen. Die Schrapper sind eine mit Seitenwänden und Rückwand versehene große eiserne Schaufel, die in der Regel von Pferden gezogen wird, bei der Vorwärtsbewegung den Boden aufschaufelt und ohne Aufenthalt zur Abladestelle verbringt.

Sie werden in drei Ausführungsarten hergestellt:

1. als Schleppschrapper, bei denen das Gefäß auf dem Boden geschleppt, an einem Handgriff gesteuert und auf diese Weise das Material gelöst und transportiert wird;

2. als Radschrapper, bei denen das Gefäß auf einer zweirädrigen Radachse sitzt und von Pferden gezogen wird;

3. als Wagenschrapper, bei denen das Gefäß von der Plattform eines vierrädrigen Wagens herabhängt.

Der Schleppschrapper erhält ein eisernes Gefäß von etwa 80 cm Länge und Breite von  $\frac{1}{12}$  bis  $\frac{1}{5}$  cbm Inhalt. Das Gewicht dieser Schrapper schwankt zwischen 40 und 60 kg, ihr Preis zwischen 40 und 60 Mark.

---

<sup>1)</sup> Siehe Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur Vereins zu Hannover 1891.

Die nebenstehende Abb. 31 zeigt einen Radschrapper für Pferdezug, der sich aus der Form des Schleppschrapers entwickelt hat. Sein Inhalt schwankt zwischen 0,25 und 0,40 cbm, sein Gewicht beträgt 150—270 kg, der Preis 180—220 Mark.

## § 15. Förderung des Bodens, Fördergefäße und Fördermaschinen.

Das Befördern des Bodens kann auf verschiedene Weise erfolgen:

1. durch Werfen,
2. Tragen,
3. Beförderung in Kähnen,
4. Beförderung mit Schubkarren und Kippkarren,
5. Beförderung mit Rollwagen auf Schienengleis,
6. Beförderung durch Bänder ohne Ende,
7. Beförderung durch Schüttrinnen,
8. Beförderung unter Anwendung von Bremsbergen,
9. Beförderung mit Drahtseilanlagen.

1. Das Werfen des Bodens mit der Schaufel kommt da in Betracht, wo kleine Massen auf kurze Entfernungen bewegt werden. Unter normalen Verhältnissen kann ein Mann in einer Stunde 1 cbm Erde 2,5—3,0 m weit und 1,5—2,0 m hoch schaufeln.

2. Das Tragen der Erde durch Arbeiter in Tragkörben von etwa 0,06 cbm Inhalt kommt heute noch vor in Ländern, in denen genügende und billige einheimische Arbeitskräfte vorhanden sind, die an diese Förderweise gewöhnt sind (China, Indien).



3. Beförderung des Bodens in Kähnen, Prahmen und Schuten wurde schon bei der Besprechung der Baggerarbeiten erwähnt. Sollen die Transportmassen im Wasser an geeigneter Stelle verschüttet werden, so werden die Fahrzeuge für diesen Zweck mit einer Bodenklappe versehen.

4. Bodenbewegung mit Schubkarren und Kippkarren.

a) Die Bodenbewegung in Schubkarren geschieht zweckmäßigerweise auf Längen von nicht mehr als

80—120 m. Zur

Verwendung kommen

hölzerne und eiserne

Schubkarren (siehe Abb. 32).

Die mit dem Schubkarren

bewegte Last überträgt sich

zum Teil auf das

Rad des Schubkarrens,

zum Teil wird sie vom

Arbeiter an den Karrbäumen

getragen. Da es für den

Arbeiter leichter ist die

Last zu schieben als zu

tragen, so legt man den

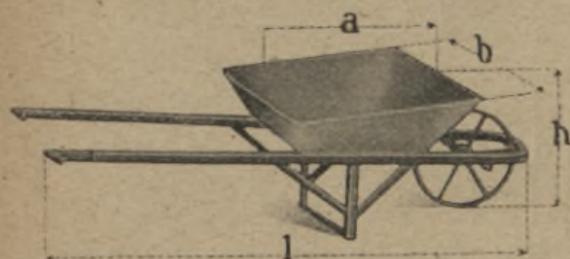


Abb. 32. Eiserner Schubkarren.

Rad des Schubkarrens, zum Teil wird sie vom Arbeiter an den Karrbäumen getragen. Da es für den Arbeiter leichter ist die Last zu schieben als zu tragen, so legt man den Schubkarrenkasten möglichst nach vorn, dem Rade zu, um den Schwerpunkt der Last in die Nähe der Achse des Rades zu bringen. Das Rad darf, um die Reibung zu überwinden, nicht zu klein sein und erhält einen Durchmesser von 35—50 cm.

Entsprechend dem Fassungsraum dieser Karren gehen 14—18 Ladungen auf 1 cbm loser Erde. Um die Anzahl der Ladungen für 1 cbm gewachsenen Boden zu ermitteln, hat man noch die Auflockerung der transportierten Bodenart zu berücksichtigen (siehe Tabelle 13, S. 115). Im Durchschnitt kann man auf 1 cbm gewachsenen

Stichboden 15—16, bei Fels 17—18 Karrenladungen rechnen.

Das Gestell der hölzernen Schubkarren wird am besten aus Eschen- oder Eichenholz hergestellt, die Kasten aus Pappel- oder Kiefernholz. Hölzerne Schubkarren werden neuerdings immer seltener angewendet.

Eiserne Schubkarren mit schmiedeeisernen Rädern werden zu folgenden Abmessungen und Preisen hergestellt:

Tabelle 7.  
Eiserne Schubkarren.

| Nr. | Inhalt<br>cbm | Tragkraft<br>kg | Gewicht<br>kg | Raddurch-<br>messer in<br>mm | Abmessungen in mm |     |     |      | Preis<br>M. |
|-----|---------------|-----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-----|-----|------|-------------|
|     |               |                 |               |                              | a                 | b   | h   | l    |             |
| 1   | 0,150         | 500             | 48            | 410                          | 940               | 810 | 685 | 1950 | 17          |
| 2   | 0,100         | 500             | 47            | 410                          | 845               | 725 | 570 | 1930 | 14          |
| 3   | 0,075         | 450             | 42            | 410                          | 685               | 785 | 540 | 1930 | 12          |
| 4   | 0,050         | 400             | 40            | 370                          | 720               | 640 | 460 | 1920 | 10          |

Auf weichem Boden werden, um das Fahren zu erleichtern, Bohlenbahnen (Karrendielen) gelegt aus möglichst langen Bohlen von 20—25 cm Breite und 4—6 cm Stärke.

Damit die Dielen nicht aufreißen oder sich spalten, werden sie an den Enden mit Bandeisen umwickelt.

Die Tagesleistung eines Arbeiters ist gleich dem Produkt aus dem Karreninhalt  $Q$  und der Zahl der täglichen Fahrten. Dabei nimmt man an, daß ein Arbeiter in 10stündiger Arbeitszeit täglich ca. 30 km zurücklegt und bei jeder Fahrt durch Pausen  $1\frac{1}{2}$  Minuten verloren gehen (siehe auch § 20).

b) Für größere Transportweiten von mehr als 120 m werden bisweilen Kippkarren als Handkippkarren oder Pferdekippkarren angewendet.

Die zweirädrigen Handkippkarren haben 1,20 bis 1,40 m Spurweite und einen Raddurchmesser von 1,10 m. Die Hinterwand ist zum Herausnehmen eingerichtet, und durch Heben der Deichsel wird der Kasten so um die Radachse gekippt, daß die transportierten Bodenmassen herausrutschen. Der Fassungsraum der Handkippkarren schwankt zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  cbm.

Man rechnet auf 1 cbm gewachsenen Stichboden drei Ladungen, bei Felsboden 3,5 Ladungen.

Die Pferdekippkarren haben einen Fassungsraum von  $\frac{2}{3}$  cbm und können 0,5 cbm gewachsenen Stichboden und 0,4 cbm Fels aufnehmen. Sie sind mit einer Bremsvorrichtung versehen für den Taltransport.

Handkippkarren und Pferdekippkarren wurden früher häufig verwendet, haben aber neuerdings den auf Schienen bewegten Kippwagen größtenteils weichen müssen.

5. Bodenbeförderung auf Rollwagen und Schienengleis. Dieses ist die häufigste Beförderungsart. Die Bewegung der Wagen geschieht durch Hand, durch Pferde oder durch Maschinen.

Hierfür sind folgende Inventarien erforderlich:

a) und b) Fördergefäße (Mulden- und Holzkastenkipper);

c) Lokomotiven (Dampf- oder elektrische Lokomotiven);

d) Gleis und Weichen.

a) Die gebräuchlichste Form der Fördergefäße für Bodenbewegungen von mittlerem Umfang sind die

Muldenkipper (Abb. 33 und 34) mit wiegenartig unterstütztem Kasten für Förderung durch Arbeiter, Pferde

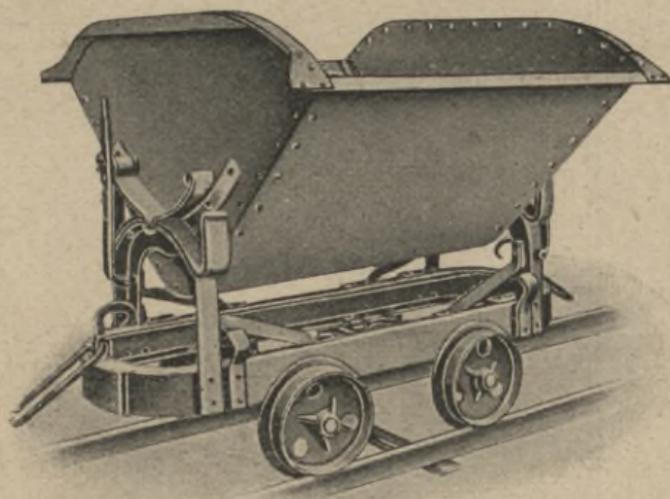


Abb. 33. Eiserner Muldenkipper.

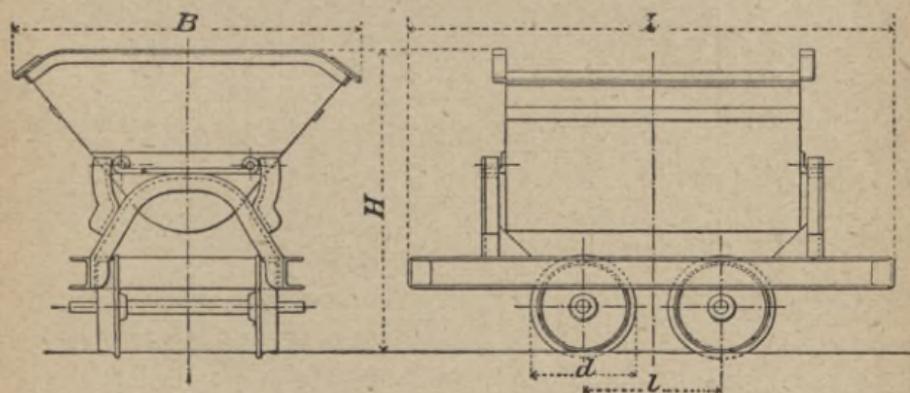


Abb. 34. Eiserner Muldenkipper.

oder kleine Lokomotiven. Die Wagen werden in kleinen Abmessungen für Spurweiten von 50—75 cm, normalerweise 60 cm, konstruiert.





gehenden Wellbaum oder bei größeren Wagen auf drei gußeisernen Rollenlagern.

Der Boden des Kastens besteht aus 5 cm starken Eichenbohlen, die Seitenteile aus Tannenholz. Diese Kasten kippen um  $45^\circ$ . Während der Fahrt sind sie durch Schließketten festgehalten. Die Kupplungen bestehen aus kurzen Ketten und Haken mit Pufferfedern.

Es empfiehlt sich, beide Kuppelhaken mit einer durchgehenden Zugstange zu verbinden. Die Holzkastenkipper werden gewöhnlich so gebaut, daß die Massen nur nach einer bestimmten Seite abgeladen werden können. Um ein leichteres Kippen auf der Abladestelle zu ermöglichen, liegt die Drehachse des Wagenkastens seitlich von der Mittelachse des Wagens, so daß ungefähr ein Überdruck von 20—30 kg genügt, um den Wagenkasten zum Umkippen zu bringen. In der vorstehenden Figur ist der Holzkasten um 7 cm außer der Mitte gelagert.

In geschlossenen Zügen müssen etwa 10% der Wagen mit sicher wirkenden Bremsen ausgerüstet sein, die als Spindelbremsen konstruiert werden. Die Hauptabmessungen der als Seitenkipper konstruierten Holzkastenkipper sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 9.  
Holzkastenkipper.

| Spurweite<br>mm | Inhalt<br>cbm | Länge<br>mm | Breite<br>mm | Höhe<br>mm | Gewicht<br>ohne Bremse<br>kg | Preis                |                     |
|-----------------|---------------|-------------|--------------|------------|------------------------------|----------------------|---------------------|
|                 |               |             |              |            |                              | ohne<br>Bremse<br>M. | mit<br>Bremse<br>M. |
| 750             | 1,50          | 2150        | 1350         | 1500       | 625                          | 250                  | 310                 |
| 900             | 2,50          | 2800        | 1600         | 1750       | 1175                         | 475                  | 575                 |
| 900             | 3,50          | 3400        | 1870         | 2020       | —                            | 580                  | 680                 |

Bei Dammbauten kommen an Stelle der Seitenkipper auch Vorderkipper zur Anwendung zur Ausführung der Kopfschüttung beim Dammvortrieb.

Holzkastenwagen mit festen Kasten kommen in gewissen seltenen Ausnahmefällen im Erdbau zur Anwendung, weil sie den großen Nachteil haben, sich nur langsam zu entleeren. Sie sind als sog. Sattelwagen konstruiert, dessen Boden nach beiden Seiten geneigt ist und dessen Seitenwände sich vollständig herabschlagen oder um ihre Oberkante sich aufklappen lassen.

c) Lokomotiven. Die zur Beförderung der Erdmassen erforderlichen Lokomotiven sind meist vier- oder sechsrädrige Tenderlokomotiven von 30 bis 160 Pferdekraften, bei denen der Tender mit der Maschine zusammengebaut ist für Spurweiten von 600—900 mm. Für Betriebe von mittlerer Größe ist die übliche Spurweite 600 mm, für größere Betriebe (Baggerbetriebe) 900 mm.

Steht billige elektrische Kraft zur Verfügung, so kommen elektrische Lokomotiven zur Verwendung. Dabei kann es sich um Akkumulatorenlokomotiven oder um Lokomotiven handeln, denen der elektrische Strom durch eine versetzbare oberirdische Freileitung zugeführt wird.

In der folgenden Tabelle sind die Hauptdaten für einige Dampflokomotiven zusammengestellt, um Anhaltspunkte für die beim Baubetrieb notwendigen Dispositionen zu geben.

d) Gleis und Weichen. Als Spurweiten kommen zur Anwendung für Menschen- und Pferdebetriebe 60—75 cm, für Maschinenbetriebe 75 cm bis 1 m bzw. 1,435 m. Die übliche Spurweite für Maschinenbetriebe auf größeren Bauplätzen beträgt 90 cm.

Tabelle 10.  
Lokomotiven für Erdtransport.

| Effektive<br>Pferdestärken<br>der<br>Lokomotiven | Spurweite<br>mm | Gekuppelte<br>Achsen | Radstand<br>mm | Betriebs-<br>gewicht<br>kg | Kleinster<br>Kurven-<br>halbmesser<br>m | Beförderte Bruttolast in der Geraden<br>bei günstigen Adhäsionsverhältnissen für<br>folgende Steigungen |                          |                          |                          |                         | Fahrgeschwin-<br>digkeit in<br>km/Stunde | Preis<br>M.             |       |
|--|-----------------|----------------------|----------------|----------------------------|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--|-------------------------|-------|
|  |                 |                      |                |                            |   | 50 <sup>0/100</sup><br>t  | 35 <sup>0/100</sup><br>t | 20 <sup>0/100</sup><br>t | 10 <sup>0/100</sup><br>t | 5 <sup>0/100</sup><br>t |  | 2 <sup>0/100</sup><br>t |       |
| 20   | 600             | 2                    | 900            | 5000                       | 10                                      | 5   | 9                        | 16                       | 31                       | 49                      | 73                                       | 9—10                    | 6800  |
| 30   | 600             | 2                    | 1100           | 6500                       | 12                                      | 8   | 14                       | 27                       | 50                       | 78                      | 114                                      | 9—10                    | 8000  |
| 40   | 600             | 2                    | 1100           | 7500                       | 12                                      | 12  | 19                       | 35                       | 64                       | 100                     | 146                                      | 9—10                    | 9800  |
| 50   | 750             | 2                    | 1100           | 9000                       | 15                                      | 16  | 25                       | 45                       | 80                       | 125                     | 182                                      | 9—10                    | 11200 |
| 60   | 750             | 2                    | 1400           | 11500                      | 20                                      | 21  | 33                       | 60                       | 106                      | 166                     | 240                                      | 9—10                    | 12500 |
| 80   | 900             | 2                    | 1600           | 13500                      | 25                                      | 26  | 39                       | 70                       | 125                      | 195                     | 285                                      | 10—11                   | 14400 |
| 100  | 900             | 2                    | 1700           | 15000                      | 30                                      | 31  | 46                       | 83                       | 149                      | 230                     | 335                                      | 11—12                   | 16000 |
| 120  | 900             | 2                    | 1800           | 18000                      | 40                                      | 37  | 57                       | 104                      | 185                      | 286                     | 416                                      | 11—12                   | 18500 |

Die Abmessungen des zu wählenden Gleises richten sich nach den auftretenden Lasten und damit nach den gewählten Fördergefäßen und Lokomotiven.

Für kleinere Erdarbeiten, insbesondere für Muldenkipperbetriebe, verwendet man fertig abgebundene Gleisrahmen von 6—8 m Länge, die in Entfernungen von 1,00—1,20 m durch angeschraubte, 90 cm lange Stahlschwellen in - oder -Form zusammengehalten werden. Die Schienen haben eine Höhe von 65—70 mm und ein Gewicht von 7—8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> kg/ldf. m Schiene. 1 m Rahmengleis wiegt ca. 20 kg und kostet 2,70 M.

Für schwere Erdarbeiten mit Lokomotiven steigern sich die Gewichte des Gleises entsprechend der zunehmenden Belastung. Es kommt nicht mehr abgebundenes Rahmengleis zur Verwendung, sondern die Schienen werden auf hölzernen Schwellen aufgenagelt. Bei 75 cm Spurweite kommen Schienenprofile von 80 mm Schienenhöhe ab bei 16 kg Schienengewicht pro lfd. m Schiene zur Verwendung; bei 900 mm Spurweite und Holzkastenkippern von 3—4 cbm Inhalt kommen Schienenprofile von 21—23 kg Gewicht pro lfd. m Schiene zur Anwendung, z. B. Schienenprofil mit 110 mm Höhe, 90 mm Fuß- und 46 mm Kopfbreite und 21,96 kg/ldf. m Gewicht; Preis einschließlich Laschen ca. 125 M. pro Tonne.

Bei Verwendung von Holzkastenkippern bis 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> cbm Fassungsraum steigert sich das Gewicht des erforderlichen Schienenprofils bis zu 26 kg/ldf. m Schienen. Starkes Schienenprofil erfordern auch die großen Bagger. Beim Lübecker B-Bagger verwendet man für die beiden der Böschungskante nahe liegenden Gleisstränge, die am meisten belastet sind, sog. Goliath-Schienen von 144 mm Profilhöhe, 110 mm Fuß- und 72 mm Kopfbreite und 45 kg Gewicht pro lfd. m.

Kommen Holzschwellen zur Verwendung, so erhalten dieselben für die angeführten Spurweiten ungefähr folgende Abmessungen:

Tabelle 11.  
Abmessungen für Holzschwellen.

| Spurweite<br>cm | Länge<br>m | Breite<br>cm | Dicke<br>cm |
|-----------------|------------|--------------|-------------|
| 60              | 1,00       | 8 bis 16     | 4 bis 8     |
| 75              | 1,40       | 10 bis 16    | 8 bis 12    |
| 90              | 1,70       | 14 bis 20    | 12 bis 16   |

Der Preis der Schwellen liegt je nach ihren Abmessungen zwischen 80 Pfennig und 1,10 M. Die Schwellen werden in der Regel in Entfernungen von 1,00—1,10 m verlegt.

Weichen. Für leichtes Gleis bei Muldenkipperbetrieben und 60 cm Spurweite sind die erforderlichen

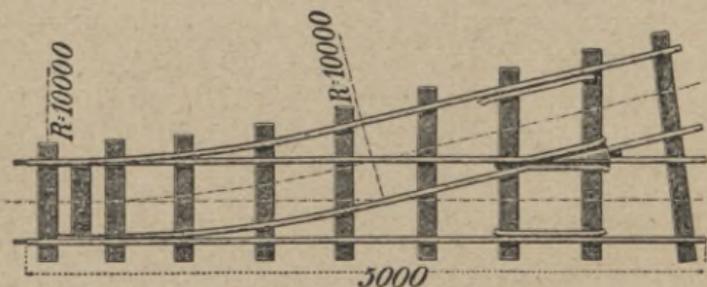


Abb. 37. Zungenweiche.

Weichen mit eisernen Schwellen in Form von fertig abgebundenen Rahmen in bestimmten Normalien im Handel zu haben (siehe Abb. 37), und zwar je nach Bedarf als Rechts- oder Linksweichen. Oft begnügt man sich bei einfachen Bauverhältnissen mit Schlepp-

weichen. Bei diesen setzt man an Stelle des Herzstückes bewegliche Schienenteile, die bei jedem Gleiswechsel wie die Weiche selbst verschoben werden müssen.

Soll die Fahrriichtung der Wagen um  $90^\circ$  geändert werden, so verwendet man Drehscheiben oder Wendepplatten (Abb. 38). Der Durchmesser der oberen Platte

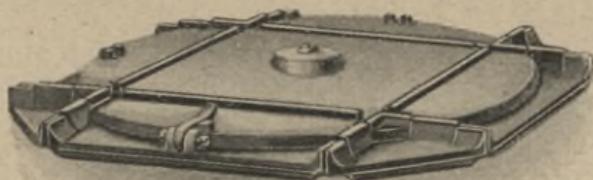


Abb. 38. Drehscheibe.

der Drehscheibe richtet sich nach dem Radstand der Fahrzeuge.

6. Bänder ohne Ende. Die Bodenbeförderung mit Bändern ohne Ende wird namentlich im Zusammenhang mit Baggerarbeiten bei Transporteuren angewendet (siehe Abb. 21). Als Förderband haben sich am besten Gummitücher mit Leinwandeinlagen von 8 mm Dicke und etwa 30 mm aufgebogenen Seitenwänden bewährt.

7. Schüttrinnen, in denen der Boden mit Wasser vermischt abläuft, finden bei Naßbaggerung Verwendung.

8. Bremsberge kommen da vor, wo es sich um die Abfuhr von Bodenmassen auf steilen Strecken handelt, an denen ein reiner Adhäsionsbetrieb mittels Lokomotiven nicht mehr möglich ist. Die Grenze hierfür liegt bei Steigungen von mehr als 1 : 30 bis 1 : 25. Die Förderstrecke muß möglichst in der Geraden oder in sehr flachen Kurven liegen. Auf der Abfuhrebene

liegen zwei parallele Gleisstränge, an deren oberen Ende sich eine oder mehrere Seilscheiben befinden, um welche ein starkes Drahtseil gelegt ist. Handelt es sich um einen Taltransport von Bodenmassen, so wird an dem unteren Ende dieses Seils, also am Anfang der schiefen Ebene der Leerzug, am oberen Ende bei der Seilscheibe der Vollzug befestigt. Der Vollzug zieht bei seiner Talfahrt durch sein größeres Gewicht den Leerzug die schiefe Ebene herauf, wobei in der Regel eine an der Scheibe angebrachte Bremsvorrichtung die Fahrgeschwindigkeit der Züge reguliert.

Sollen die Erdmassen auf schiefen Ebenen heraufbefördert werden, so ist eine Kraftmaschine notwendig, welche die vollen Wagen den Berg heraufzieht.

Bei den Arbeiten für den Bahnhofumbau Stuttgart war für den Taltransport der Baggermassen aus dem Feuerbacher Tunnelvoreinschnitt eine Bremsbergebene von 16% Gefälle angelegt worden, an deren Kopf eine kräftige gußeiserne Seilscheibe verankert war, um die sich ein Drahtseil aus Tiegelgußstahl schlang. Die Förderung des Baggergutes erfolgte auf 90 cm spurigem Gleis in Zügen von 18—20 Rollwagen mit je  $3\frac{1}{2}$  cbm Fassungsraum unter Verwendung von 160 pferdigen Lokomotiven. Man hatte davon abgesehen, bei der Seilscheibe eine besondere Bremsvorrichtung anzubringen, vielmehr wurde die Fahrgeschwindigkeit reguliert durch die Dampfkraft der Lokomotiven des Voll- und Leerzuges, welche jeweils an die Drahtseilenden angekuppelt wurden. Die ganze Anlage lag in der Geraden und der Betrieb wickelte sich ohne Störung ab.

9. Eine gegenwärtig immer mehr in Aufschwung kommende Methode zur Bodenbeförderung sind Drahtseilbahnen, die überall da Anwendung finden, wo es

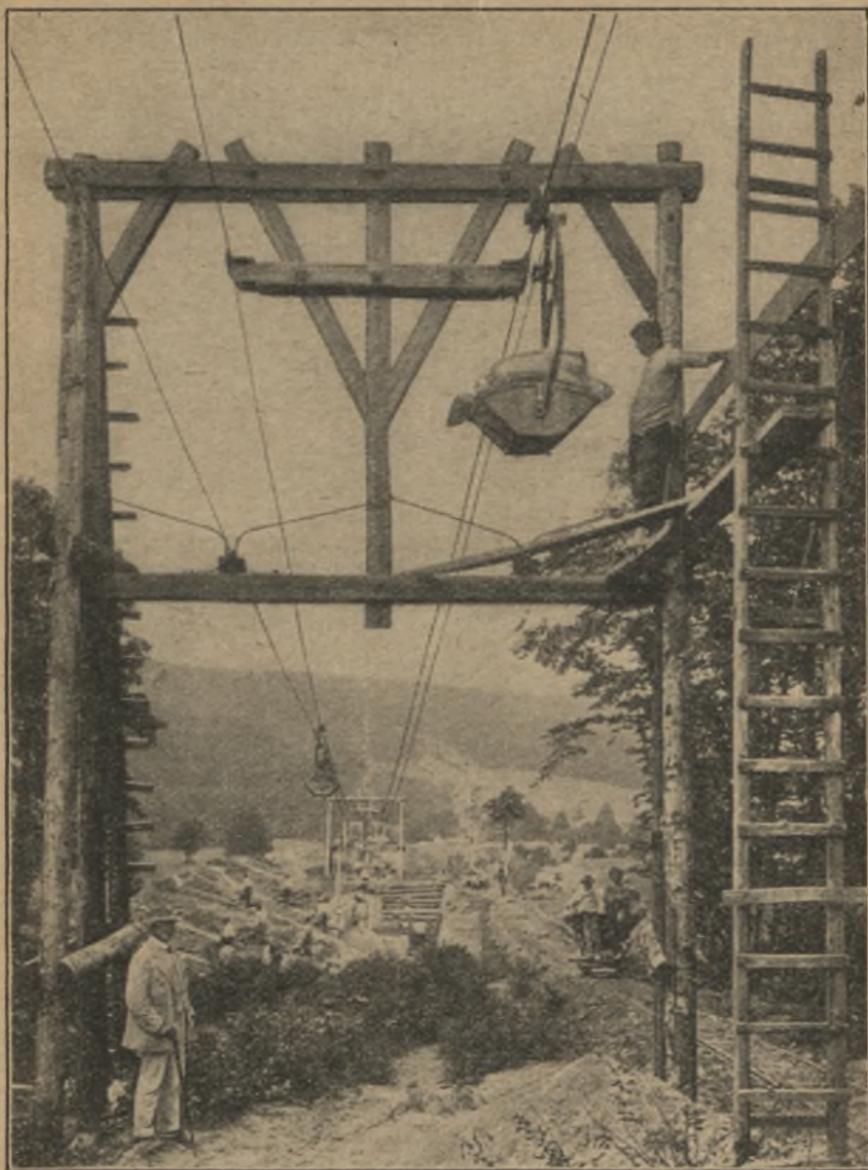


Abb. 39. Drahtseilanlage.

sich um schwierige Geländebeziehungen und räumlich beschränkte Baustellen handelt. Früher wurden solche

Anlagen nur bei Fabrikanlagen verwendet zur Beförderung von Rohmaterialien, neuerdings finden sie aber auch im Erdbau mehr und mehr Eingang. — Die auf S. 91 stehende Abb. 39 zeigt eine von der Firma Adolf Bleichert & Co. in Leipzig-Gohlis gebaute Anlage, wie sie für Bodentransporte in Frage kommen kann.

### § 16. Arbeitsbetrieb am Aufladeort, Einschnittsarbeiten.

Vor Inangriffnahme der eigentlichen Einschnittsarbeiten muß der Mutterboden auf der Abtragsfläche abgehoben und zum späteren Wiederandecken auf den fertigen Böschungen vor dem Ansäen seitlich ausgesetzt werden. Für Wasserableitung im Abtraggebiet muß gesorgt werden, wobei seitlich zufließendes Wasser durch Hanggräben oder sonstige Vorkehrungen abzuführen ist. Um Wasseransammlungen vor Kopf beim Vorschlitzen zu vermeiden, läßt man die Vortriebsohle leicht ansteigen.

Die Inangriffnahme der Einschnittsarbeiten hat so zu geschehen, daß möglichst viele Angriffspunkte für die Bodengewinnung geschaffen werden. Erfolgt die Gewinnung des Bodens durch Seitenentnahme, so macht dieses keine Schwierigkeiten, ebensowenig wenn die Gewinnungsstelle an einem Berghang liegt. Man beginnt am Fuß des Hanges schon deswegen, um sich die Arbeit des Lösens durch die von selbst herunterfallenden Massen zu erleichtern. Liegen dagegen die Gelände- verhältnisse weniger einfach, so kommen für den Abbau des Einschnitts folgende Verfahren, einzeln angewendet oder sinngemäß kombiniert, in Betracht:

1. der Lagenbau, bei welchem in mehr oder weniger gleichlaufenden Schichten von geringer Dicke der Boden auf die Breite des Einschnitts abgehoben wird, bis die Einschnittssohle erreicht ist;

2. der Strossenbau, bei welchem in Absätzen, Stufen oder Strossen der Einschnitte „vor Kopf“ und seitlich allmählich abgetragen wird;

3. der Seitenbau, der namentlich an Berghängen zur Anwendung gelangt und in einem allmählichen seit-

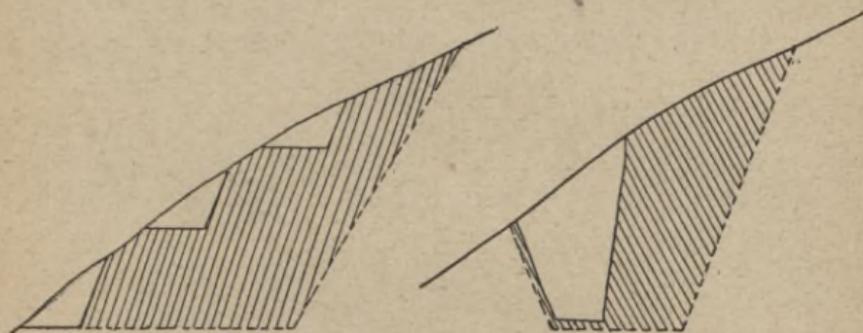


Abb. 40. Seitenbau.

Abb. 40 a. Röschenbau.

lichen Abtragen des Einschnittsquerschnittes besteht (Abb. 40);

4. der Röschenbau, bei welchem an der einen Seite des Querschnittes ein Schlitz bis auf die Einschnittssohle hinabgetrieben wird, worauf man durch seitliches Abbauen den vollen Einschnittsquerschnitt herstellt (Abb. 40a);

5. der Stollenbau, auch englischer Einschnittsbetrieb.

Der englische Einschnittsbetrieb hat seinen Namen daher, daß diese Bauweise in England zuerst angewendet wurde. Es wird durch den Einschnitt auf Sohlenhöhe

längs der Bahnachse ein Stollen vorgetrieben von etwa 2,30 m Breite und 2,60 m Höhe (Abb. 41 und 42), der ausreichenden Raum für die Lokomotiven und Förderwagen der Arbeitszüge gewährt. Über diesem Stollen werden der Länge nach an verschiedenen Stellen Schächte

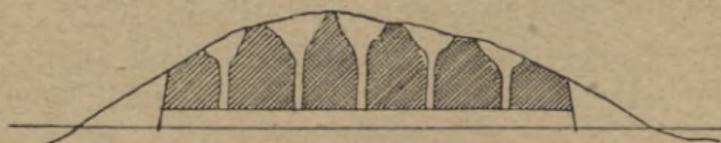


Abb. 41. Englischer Eisenschnittbetrieb oder Stollenbau (Längenschnitt).

von etwa  $1\frac{1}{2}$  qm Querschnitt mit trichterförmiger Erweiterung im oberen Teil hergestellt. Diese Schächte werden allmählich erweitert und der gelöste Boden fällt in die bereitgestellten Förderwagen im Stollen. Die Entfernung und Anzahl der Schächte richtet sich danach, daß die Böschungen der Trichter so steil sein müssen, daß der gelöste Boden ohne besondere Hilfe abstürzt. Am günstigsten stellen

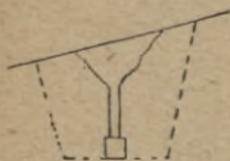


Abb. 42. Querschnitt.

sich beim Stollenbau die Betriebsergebnisse bei lockeren Bodenarten, wie Sand und Kies; es sind jedoch auch schon Felseinschnitte bis 20 m Tiefe auf diese Weise abgetragen worden.

Durch die Vervollkommnung der verschiedenen Baggerkonstruktionen und durch die günstigen Resultate, die dabei erreicht wurden, wird heute in vielen Fällen zum direkten Abbaggern der Massen geschritten, wo früher englischer Eisenschnittbetrieb in Frage gekommen wäre.

## § 17. Arbeitsbetrieb am Abladeort.

### I. Schüttungsarbeiten.

Ehe auf den Untergrund Bodenmassen geschüttet werden können, ist derselbe auf seine Tragfähigkeit zu prüfen und muß von Gesträuchern und Pflanzenteilen, die später ein Nachsetzen hervorrufen könnten, befreit werden. Der Mutterboden wird abgetragen. Auf geneigtem Grund sind Terrassen auszuheben (Abb. 43), um den Schüttmassen einen besseren Halt

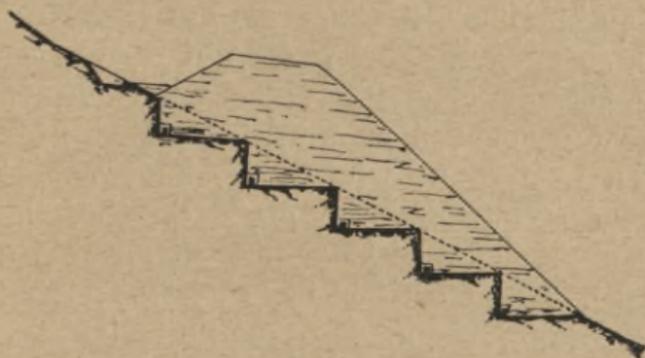


Abb. 43. Anlagen von Terrassen für Dammschüttung.

zu geben. Diese Terrassen müssen, um wirksam zu sein, nicht bloß in die obere Humusschicht, sondern auch in die festeren Schichten eingeschnitten werden und wenigstens eine Breite von 3 m erhalten. Ferner sollen sie mit Gefälle nach der Bergseite angelegt werden, so daß das durch den Damm sickernde oder durch den Untergrund heraustretende Wasser nach den Ecken der Terrassen geleitet wird, von wo es seinen Abfluß durch etwaige angelegte Längssickerungen findet, die unter Umständen durch eine Quersickerung zusammengefaßt und nach der Talseite abgeleitet werden. Für

sorgfältige Wasserableitung auf den zu überschüttenden Flächen ist Sorge zu tragen durch Anlage von Sicherungen und Hanggräben, durch Fassen und Abführen vorhandener Wasseradern und dergleichen.

Hat man nicht tragfähigen Untergrund, z. B. Schlamm oder Moorablagerungen, so muß derselbe seitlich ausgesetzt werden. Anstatt Moorboden abzutragen und seitlich auszusetzen, hat man bisweilen seine Tragfähigkeit durch Aufbringen von Faschinenlagen aus starkem Strauchwerk und gefällten Bäumen vergrößert, ehe man ihn mit den Schüttmassen belastete.

Sollen überflüssige Erdmassen nur seitlich ausgesetzt werden, so braucht dabei weder auf regelmäßige Formgebung, noch auf besondere Vorkehrungen beim Schütten Rücksicht genommen zu werden. Anders ist es, wenn mit den Abtragsmassen Eisenbahndämme, Straßendämme, Anschüttungen für große Bahnhöfe hergestellt werden müssen. Dabei handelt es sich sowohl um einen rationellen Arbeitsbetrieb im Interesse geringer Ausführungskosten, als auch darum, die Schüttungen in der Weise vorzunehmen, daß spätere Rutschungen und Abschiebungen nach Möglichkeit ausgeschlossen sind.

Man unterscheidet vier Schüttungsarten:

1. Lagenschüttung,
2. Kopfschüttung,
3. Seitenschüttung,
4. Gerüstschüttung.

Welche von diesen vier Schüttungsarten im bestimmten Fall anzuwenden ist, hängt ab von den zur Verfügung stehenden Fördergefäßen, von der Bodenart und den örtlichen Verhältnissen, wobei die einzelnen Schüttungsarten gesondert und, was in der Regel der Fall sein wird, in Verbindung miteinander auftreten.

1. Bei der Lagenschüttung wird der Damm in mehr oder weniger starken, wagerechten oder angenähert wagerechten Lagen auf seine ganze Breite durchgeschüttet (siehe Abb. 44). Diese Ausführungsweise bietet die größte Gewähr gegen Abrutschung. Die unteren Schichten werden durch das Gewicht der überlagernden Schichten und durch das Befahren beim Schüttungsvorgang zu-



Abb. 44. Lagenschüttung.

sammengedrückt und gedichtet, so daß ein geringes nachträgliches Setzen zu erwarten ist.

Die Höhe der Schichten richtet sich nach den zur Verwendung kommenden Fördergeräten und schwankt zwischen  $\frac{1}{2}$  und 3 m, je nachdem Schubkarren oder große Holzkastengeräte Verwendung finden.

Bei Lokomotivbetrieb ist darauf zu achten, daß der Vollzug von der Maschine auf die Kippstelle geschoben werden muß, um nicht bei jeder neuen Lage an Kipplänge zu verlieren. Da die Lokomotive den beladenen Zug bis zur Entladestelle zweckmäßigerweise zieht und nicht schiebt, so ist vor dieser in das Fahrgleis ein Umsetzgleis einzuschalten.

2. Die Kopfschüttung (Abb. 45 und 46) eignet sich für das Vortreiben langgestreckter Eisenbahn- und Straßendämme, und zwar wird dabei der Damm gleich von der Übergangsstelle am Einschnitt in endgültiger

Höhe und Breite fertiggestellt, indem stets über die Vorderkante des fertigen Dammes nach vorn ausgekippt wird. Die Massen schieben sich dadurch in schrägen Lagen unter ihrem natürlichen Böschungswinkel aufeinander quer zur Dammachse, bilden also naturgemäß

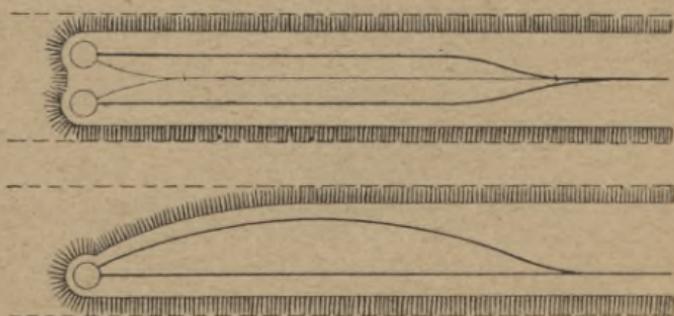


Abb. 45 und 46. Kopfschüttung unter Anwendung von Drehscheiben.

ein weniger festes Gefüge als die dünneren und nur wenig geneigten Schichten der Lagenschüttung. Es ist daher mit einem stärkeren Setzen des Dammes zu rechnen. Bei gutem Bodenmaterial hat dies nichts zu sagen, bei schlechtem Boden, vor allem solchen, der seiner Natur nach zu Schiebungen neigt (nasser Lehm), sind Dammbewegungen nicht ausgeschlossen.

Bei der Beförderung auf Schienengleisen sind Vorderkipper von Nutzen. Da jedoch in der Hauptsache auf den Baustellen nur Seitenkipper verwendet werden, so hilft man sich dadurch, daß man Drehscheiben am Dammkopf lagert. An jede Scheibe schließt sich ein Gleis für die ankommenden vollen und rückfahrenden leeren Wagen an.

Bei sehr hohen, namentlich aber sehr breiten Dämmen ist mit der Kopfschüttung gleichzeitige Seitenschüttung verbunden.

3. Die Seitenschüttung ergibt sich, wenn vorhandene schmale Dämme verbreitert werden, oder wenn bei Bahn- oder Straßenquerprofilen, die teils im Einschnitt, teils im Auftrag liegen, die Einschnittsmassen quer transportiert und seitlich angeschüttet werden, oder wenn man den Vortrieb eines langen Dammes in der Weise ausführt, daß man von einem Sturzgerüst aus einen schmalen Damm vortreibt und diesen seitlich verbreitert. Die Seitenschüttung liefert gleichfalls weniger standfeste Dämme als die Lagenschüttung und sollte nur bei gutem Schüttmaterial und geringen Dammhöhen in Anwendung kommen. Gefährlich sind Seitenschüttungen, wenn Dammkörper aus lehmigem oder tonigem Boden auf stark geneigtem Untergrund hergestellt werden.

Im allgemeinen sollten Schichthöhen von 2,50 m und mehr nur mit einem nicht zu Rutschungen neigenden Material ausgeführt werden.

4. Die Gerüstschüttung kann von festen oder von beweglichen Sturzgerüsten aus erfolgen.

a) Die festen Schüttgerüste werden aus Rundholz konstruiert und bleiben gewöhnlich im Damm stecken. Die Befürchtung, das verschüttete Holz könnte beim Verfaulen der Erhaltung des Dammes schaden, hat sich als unbegründet erwiesen. Das Gerüst gibt im Gegenteil dem losen Dammmaterial, besonders in der ersten Zeit, einen gewissen Zusammenhalt. Man hat auf diese Weise Dammschüttungen bis 50 m Höhe hergestellt. Bei solchen hohen Dämmen müssen dann die unteren Schichten zu dünnen möglichst wagerechten Lagen eingeebnet werden zur Erhöhung der Standicherheit. Bis auf welche Höhe diese Einebnung zu erfolgen hat, ist abhängig von der Beschaffenheit des

Materials. Am Ende rutscht allerdings die Erde an den Seitenflächen ab und schüttet sich in geneigten Lagen ähnlich wie bei der Seitenschüttung.

b) Die beweglichen Sturzgerüste (Abb. 47) bestehen aus einem beweglichen Bock und Längsträgern, welche im Bedarfsfalle durch Zwischenjoche unterstützt werden. Die Schüttung erfolgt entweder wie bei den festen Gerüsten oder es wird der Damm in voller Breite mittels Kopfschüttung vorgetrieben, wobei es sich dann

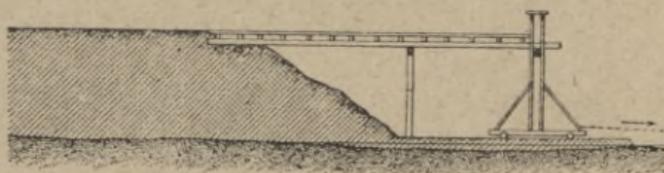


Abb. 47. Bewegliches Schüttgerüst.

empfehlen, für jedes Fördergleis besondere Sturzgerüste zu verwenden, damit diese nicht zu unhandlich werden.

Bei Dammschüttungen im Wasser sind schwimmende Sturzgerüste auf Prahmen montiert notwendig.

Wird der Damm von Bauwerken unterbrochen, die eingeschüttet werden müssen, so hat das Einschütten derselben von beiden Seiten aus gleichmäßig und lagenweise zu geschehen, um zu verhindern, daß die Bauwerke durch einseitigen Erddruck leiden. Hat diese Lagenschüttung die Bauwerksoberkante erreicht, so werden die darüberliegenden Massen wie beim Damm selbst aufgebracht. Das Bauwerk muß mit Steinen hinterpackt werden, damit das Wasser schnell ablaufen kann, und es empfiehlt sich, die anschließenden Schichten zu stampfen, um Bewegungen des Bauwerkes, die dieses gefährden können, zu verhindern.

Um möglichst dichte Dämme zu erhalten und zur Beschleunigung des Setzens hat man schon versucht, die Dämme künstlich zu dichten, durch Stampfen der Auftragsmassen in Schichten von 30—50 cm von Hand oder durch Anwendung von Erdwalzen, ähnlich den Straßenwalzen und dergleichen. Die hierbei angewendeten Mittel entsprachen aber meist nicht dem erzielten Erfolg, so daß man heute, abgesehen von besonderen Ausführungen, z. B. bei Staudämmen, fast allgemein von einer künstlichen Dichtung absieht. Dies hängt auch damit zusammen, daß in neuerer Zeit für die Erdbewegung immer größere Fördergefäße und schwerere Lokomotiven verwendet werden, welche die Schüttmassen durch das Befahren einigermaßen zusammendrücken.

Von ungleich größerer Wichtigkeit ist es darauf zu achten, daß kein gefährliches Schüttmaterial eingebracht und, wo ungeeignetes Material nicht vermieden werden kann, daß dieses wenigstens in geeigneter Weise abgelagert wird. Wir verweisen hierbei auch auf § 1. Lehm z. B. geht wegen seiner Lösbarkeit durch Wasser leicht in weichen Zustand über. Ist man zu seiner Verwendung genötigt, so muß eine gründliche Entwässerung und frühzeitige Befestigung der Oberfläche des Dammes vorgenommen werden, um dem Wasser die Möglichkeit zu einer Einwirkung auf den Lehm zu nehmen. Finden sich in der Nähe bessere Bodenarten, so wird man das schlechte Material in den Kern des Dammes einbringen und diesen mit dem besseren Material umgeben.

## II. Überhöhung der Dämme.

Die frisch geschütteten Dämme setzen sich eine gewisse Zeit, bis sie endlich zur Ruhe kommen. Würde

man ihnen bei der Ausführung nur die planmäßig vorgesehenen Abmessungen geben, so wären sie mit Eintritt des Ruhezustandes zu niedrig und zu schmal. Wollte man sie alsdann durch Nachschütten erhöhen und verbreitern, so könnte sich das nachträglich angeschüttete Material nicht mehr vollständig mit dem ursprünglichen Kern verbinden. Es entstünden Längsrisse, in die Wasser eindringen würde und die Abrutschungen hervor-

rufen könnten. Deswegen gibt man den Dämmen bei der Ausführung eine gewisse Überhöhung und Erbreiterung.

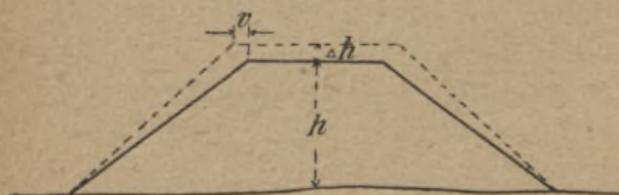


Abb. 48. Überhöhung der Dämme bei wenig geneigtem Untergrund.

Diese Maße sind abhängig von der Dammhöhe und dem Schüttmaterial.

Winkler (Vorträge über Eisenbahnbau, Prag 1875 bis 1877, Heft V) empfiehlt für die Erbreiterung  $v$  und Überhöhung  $\Delta h$  des Dammes von der Höhe  $h$  bei wagerechtem Gelände folgende Abmessungen (Abb. 48):

- für Steinschüttung  $v = \frac{1}{40} \cdot h$ ;  $\Delta h = \frac{1}{40} \cdot h$ ,  
 „ sandigen Boden  $v = \frac{1}{15} \cdot h$ ;  $\Delta h = \frac{1}{23} \cdot h$ ,  
 „ Dammerde  $v = \frac{1}{9} \cdot h$ ;  $\Delta h = \frac{1}{14} \cdot h$ ,  
 „ lehmigen und tonigen Boden  $v = \frac{1}{8} \cdot h$ ;  $\Delta h = \frac{1}{12} \cdot h$ .

Bei geneigtem Gelände ist in den vorstehenden Gleichungen der Wert  $h$  durch die Größe  $\left(h + \frac{h_1}{2}\right)$  zu ersetzen (Abb. 49).

Barkhausen<sup>1)</sup> gibt für geneigtes Gelände an (Abb. 49):

$$v = 0,07 \cdot h_2; \quad v_1 = 0,07 \cdot h_2 + 0,02 (h + h_1).$$

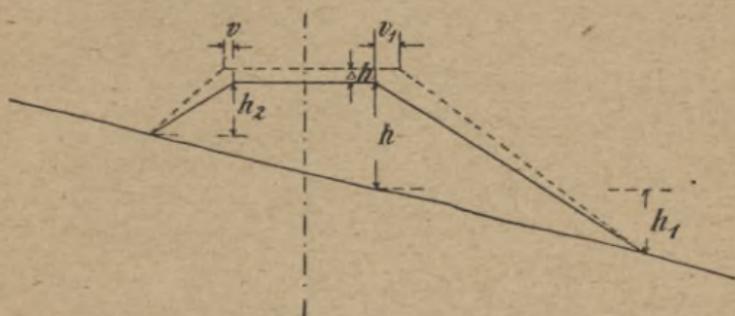


Abb. 49. Dammüberhöhung bei stark geneigtem Untergrund.

## § 18. Absteckungsarbeiten.

Bei den hier zu besprechenden Absteckungsarbeiten ist vorausgesetzt, daß die genaue Lage der Bahn-, Straßen- oder Kanalachse durch die vorhergehenden Vorarbeiten zeichnerisch durch Lageplan, Längen- und Querprofile und draußen im Gelände durch Verpflocken der Achspunkte und Bezeichnung durch Nummerpfähle festgelegt wurde.

Diese Arbeit gehört in das Kapitel der Vorstudien, ebenso wie die Aufstellung des Massennivellements, d. h. der vorläufigen Erdmassenberechnung und Erdmassenverteilung.

Vor unmittelbarer Inangriffnahme der Erdarbeiten müssen für eine genügende Anzahl von Querprofilen die Anschnittpunkte *A* und *B* der Einschnitte und die Fußpunkte *C* und *D* der Dämme durch Lattenprofile

<sup>1)</sup> Barkhausen, Handbuch der Baukunde, Abt. 3, Heft 4. Berlin 1892.



dann bringt man die Latte *d* so an, daß sie mit ihrer Oberkante in der Böschungsebene liegt.

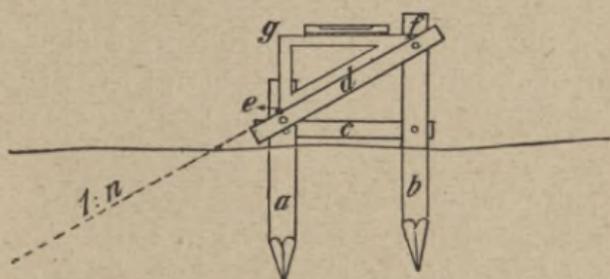


Abb. 52. Lattenprofil und Absteckung der Böschungseigung mittelst Böschungswinkel und Wasserwaage.

Dies geschieht entweder mit dem Profilierwinkel *efg* und einer Wasserwaage, wobei die Katheten *eg* und *gf* des rechtwinkligen Dreiecks im Längenverhältnis der Böschungseigung  $1:n$  stehen müssen. Für verschiedene Böschungseigungen sind also verschiedene Dreiecke erforderlich. Will man bei verschiedenen Böschungseigungen mit einem Dreieck durchkommen, so verfährt man nach nebenstehender Fig. 53. Die Querlatte *hi* ist mit Marken für die verschiedenen Böschungseigungen zu versehen, auf welche das bei *k* angebrachte Senklot einspielen muß.

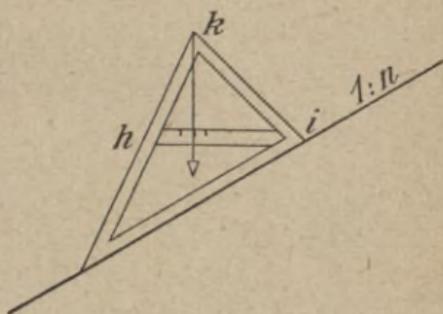


Abb. 53. Setzwage zur Absteckung von Böschungseigungen.

Bei Dammaufschüttungen wird die Dammhöhe durch ein in der Achse aufzustellendes Lattenkreuz bezeichnet mit einer Höhe gleich der planmäßigen Dammhöhe plus der dem Damm zu gebenden Überhöhung.

## C. Kostenberechnung der Erdarbeiten.

### § 19. Berechnung der Erdkörper.

Bei Ausführung der Erdarbeiten muß die Größe des geleisteten Kubikinhalts der ausgeführten Einschnitte und Dämme berechnet werden als Grundlage für die Abrechnung mit dem Unternehmer.

Die Erdmassen werden ermittelt aus den Querprofilen, die bei den Vorarbeiten, in Entfernungen von 10—60 m, je nach den Geländebeziehungen aufgenommen wurden und in welche die planmäßig vorgesehene Form des Erdkörpers, sowie etwaige Abweichungen bei der Ausführung eingetragen werden.

1. Die Flächenermittlung der Querprofile.

a) Diese geschieht am zweckmäßigsten auf graphischem Weg.

Man trägt die Querprofile auf Millimeterpapier auf. Durch die Vertikallinien desselben wird die zu ermittelnde Fläche in eine Anzahl gleich breiter Streifen geteilt, deren mittlere Breiten mit dem Stechzirkel summiert werden. Das Produkt aus der ermittelten Länge und der Streifenbreite ergibt den Flächeninhalt. Trägt man die Querprofile in dem bei Bahnbauten üblichen Maßstab 1 : 200 auf, so erhält man den Flächeninhalt bis auf eine Genauigkeit von  $\frac{1}{2}\%$ , die dem praktischen Bedürfnis genügt.

b) Inhaltsermittlung durch Flächenverwandlung.

Der Umriß des Querprofils bildet ein unregelmäßiges Vieleck, das man auf zeichnerischem Weg in ein Dreieck verwandelt auf Grund des geometrischen Satzes, daß Dreiecke von gleichen Grundlinien und Höhen flächengleich sind. Der Inhalt des Schlußdreiecks bestimmt sich dann aus dem halben Produkt von Grundlinie und Höhe.

c) Flächenermittlung mittels des Planimeters.

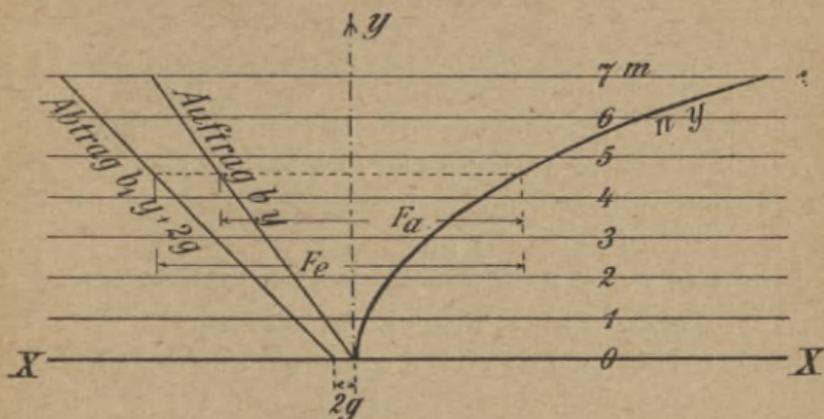


Abb. 54. Flächenmaßstab.

d) Bei ebenem Gelände oder solchem mit geringer Querneigung empfiehlt sich die Anwendung eines

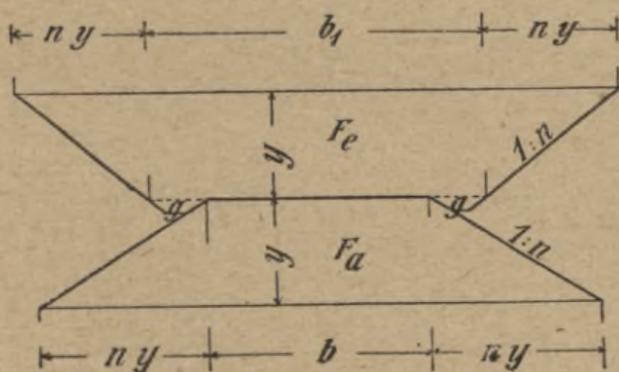


Abb. 55. -Querschnittsberechnung.

Flächenmaßstabes (Abb. 54) oder die Aufstellung von Berechnungstabellen.

Beträgt die Planumsbreite  $b$  und haben die Böschungen das Neigungsverhältnis  $1 : n$ , so ist der Inhalt des Auftragprofils (Abb. 55):

$$F_a = b \cdot y + n \cdot y^2$$

und der Inhalt des Abtragprofils

$$F_e = b_1 \cdot y + n \cdot y^2 + 2 \cdot g.$$

Für diese beiden Gleichungen werden entweder für bestimmte Werte von  $n$  Tabellen aufgestellt mit den Werten  $y$  als veränderliche Größen oder aber man trägt sich für einen bestimmten Wert von  $n$  einen Flächenmaßstab (Profilmaßstab) auf. Die Werte  $b \cdot y$  des Auftrags und  $b_1 \cdot y + 2 \cdot g$  des Abtrags bilden eine Gerade, die Werte  $n \cdot y^2$  eine Parabel.

2. Ermittlung der Erdmassen aus dem Flächeninhalt der Querprofile kann auf folgende Weise erfolgen:

a) In der Praxis am allgemeinsten angewendet wird diejenige Berechnungsweise, bei welcher die halbe Summe der Inhalte zweier aufeinander folgender Querschnitte  $F_1$  und  $F_2$  mit ihrer Achsentfernung  $l$  multipliziert werden, also

$$J = \frac{F_1 + F_2}{2} l.$$

Diese Methode gibt aber keine mathematisch richtigen Werte. Nimmt man z. B. ebenes Gelände an und  $1\frac{1}{2}$ fache Böschungen, so ist der

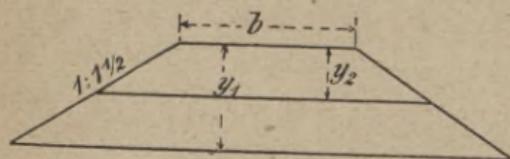


Abb. 56. Inhaltsberechnung der Erdkörper.

genaue Inhalt des Erdkörpers zwischen zwei aufeinander folgenden Querprofilen

von der Höhe  $y_1$  und  $y_2$  (Abb. 56):

$$J = \frac{1}{2} \cdot (F_1 + F_2) l - \frac{1}{4} (y_1 - y_2)^2 \cdot l.$$

Bei Anwendung vorstehender Methode erhält man also zu große Werte, entsprechend dem letzten Gliede der Gleichung.

b) Aus der halben Summe der Höhen zweier aufeinander folgender Querschnitte wird der Inhalt des mittleren Querschnitts ermittelt und dieser mit der Entfernung der beiden Querschnitte multipliziert.

Auch dieses Verfahren findet in der Praxis häufig Anwendung und liefert zwar keine absolut genauen Werte, doch beträgt der Fehler nur die Hälfte wie bei der ersten Methode.

c) Durch Massenermittlung aus dem Flächenplan.

Trägt man im Längenprofil für jede Abszisse den ihr entsprechenden Flächeninhalt des zugehörigen Querprofils als Ordinate in einem beliebigen Maßstab nach oben oder unten auf entsprechend dem vorzunehmenden Ab- oder Auftrag in dem betreffenden Querprofil und verbindet die Endpunkte durch eine gebrochene Linie, so erhält man den sog. Flächenplan (siehe Eisenbahnbau). Planimetriert man die Flächen der einzelnen Dämme und Einschnitte des Flächenplans, so erhält man damit unmittelbar den Kubikinhalt ihrer Massen.

## § 20. Kosten der Erdarbeiten.

Die Kosten für die Ausführung von Erdarbeiten setzen sich aus folgenden drei Faktoren zusammen:

I. aus unvorhergesehenen Kosten und Zuschlägen für Risiko und Gewinn;

II. aus allgemeinen Unkosten, die der Bau mit sich bringt, ohne daß sie direkte technische Ausführungskosten wären;

III. aus den direkten technischen Ausführungskosten der Erdarbeiten.

Unter I fallen diejenigen Baukosten, für welche in der Preiskalkulation direkte mathematische Berech-

nungsunterlagen fehlen und die als Schätzungssumme der Kostenberechnung zuzuschlagen sind (Abhängigkeit der Ausführungskosten von Witterungsverhältnissen, Lohnschwankungen, unvorhergesehene technische Schwierigkeiten, zulässige Zuschläge für Unternehmergewinn mit Rücksicht auf die herrschende wirtschaftliche Lage usw.).

**II.** Unter dieser Rubrik werden berücksichtigt die anfallenden Kosten für Gehälter der Betriebs- und Verwaltungsbeamten, Ausgaben für das Arbeiterversicherungswesen, Verzinsung des Betriebskapitals; Ausgaben für Einrichtung und Räumen der Baustelle, Erstellung von Baubaracken, Transportkosten für Inventarbeschaffung und -rücktransport; Verzinsung und Amortisation der in den Maschinen und Geräten angelegten Kapitalien, Inventarmiete, laufende Instandsetzungskosten derselben usw.

### **III. Direkte technische Ausführungskosten der Erdarbeiten.**

#### **1. Kosten für Lösen und Laden des Bodens.**

a) Kosten für Lösen und Laden von Hand. Mittelwerte für die Kosten des LöSENS der einzelnen Bodenarten und Laden derselben in die Fördergefäße von Hand als einem Vielfachen der hierzu notwendigen Arbeitszeit wurden bereits in der Tabelle 1 auf S. 25 (Spalte 6—8) angegeben, worauf wir hiermit verweisen und in denen  $st_e$  den örtlichen mittleren Stundenlohn bedeutet. Es ist selbstverständlich, daß in der Praxis sich mehr oder weniger starke Abweichungen von diesen Mittelwerten schon aus dem Grund ergeben werden, weil die Leistungsfähigkeit der einzelnen Arbeiter eine verschiedene ist.

Bei einem Stundenlohn von  $st_e = 40$  Pfennig werden sich bei Handarbeit etwa folgende Preise ergeben:

Tabelle 12.

Kosten für Lösen und Laden von Hand pro 1 cbm gewachsenen Boden  
(ohne Transport).

| Bodenklasse | Bodenart  | 1 cbm erfordert an Zeitaufwand |                                 |          | Kosten von 1 cbm Einschnittsmasse |         |         |                    |              |  |        | Gesamtkosten |                |                      |     |
|-------------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------------------|---------|---------|--------------------|--------------|--|--------|--------------|----------------|----------------------|-----|
|             |   | Lösen im Mittel                | Zuschlag für Laden in Kollwagen | Zusammen | Stunden                           | Stunden | Stunden | Bei $ste = 40$ Pf. | Zusammen 12% | Baufaufsicht 5%<br>Versicherung 7%<br>Zusammen 12% | Geräte | Sprengstoffe | Gesamtausgaben | Unternehmerverdienst | Pf. |
| I           | Loser Sand, Damm-<br>erde . . . . .   | 0,7                            | 0,1                             | 0,8      | 0,8                               | 1,25    | 32      | 3,8                | 1            | 0,3  | —      | 36,1         | 3,6            | 39,7                 | 40  |
| II          | Leichter Lehm und<br>Kies . . . . .   | 1,0                            | 0,3                             | 1,3      | 1,3                               | 0,77    | 52      | 6,2                | 3            | 1,6  | —      | 59,8         | 6,0            | 65,8                 | 65  |
| III         | Schwerer Lehm und<br>Ton, Mergel, fester<br>Kies . . . . .  | 1,5                            | 0,3                             | 1,8      | 1,8                               | 0,55    | 72      | 8,6                | 4            | 2,9  | —      | 83,5         | 8,3            | 91,8                 | 90  |
| IV          | Trümmergestein,<br>Gerölle, klein-<br>brüchiger Schiefer<br>Felsen mit Spitz-<br>hacke und Brech-<br>eisen lösbar . . . . . | 2,0                            | 0,4                             | 2,4      | 2,4                               | 0,42    | 96      | 11,5               | 7            | 6,7  | —      | 114,2        | 11,4           | 125,6                | 125 |
| V           | Felsen, welche ge-<br>sprengt werden<br>müssen . . . . .  | 3,0                            | 0,5                             | 3,5      | 3,5                               | 0,29    | 140     | 16,8               | 9            | 12,6   | 20     | 189,4        | 18,9           | 208,3                | 210 |
| VI          | Felsen, welche ge-<br>sprengt werden<br>müssen . . . . .  | 6,0                            | 0,5                             | 6,5      | 6,5                               | 0,15    | 260     | 31,2               | 10           | 26   | 35     | 352,2        | 35,2           | 387,4                | 385 |
| VII         | Sehr fester, ge-<br>schlossener Fels,<br>schwer sprengbar   | 9,0                            | 0,5                             | 9,5      | 9,5                               | 0,105   | 380     | 45,6               | 10           | 38   | 60     | 523,6        | 52,4           | 576,0                | 575 |

b) Kosten für Lösen und Laden durch Baggerung. Hierfür lassen sich keine allgemeine Regeln angeben, da die Kosten außer von der Bodenart abhängig sind von den in den einzelnen Querschnitten zu entfernenden Massen, von den Abfuhrverhältnissen u. dgl. Vor Aufstellung der Kostenberechnung ist deswegen ein eingehendes Arbeitsprogramm auszuarbeiten.

Die Baggerkosten berechnen sich aus den Kosten für das Heben des Bodens, aus der täglichen Durchschnittsleistung in der betr. Bodenart, aus dem Verbrauch an Kohlen und Putzmaterial, aus einer angemessenen Abschreibung für Abnutzung und Unterhaltung der Maschinenanlage bei höchstens 250 tägiger jährlicher Arbeitszeit und den Kosten für die erforderliche Bedienungsmannschaft.

Hiernach stellt sich der Preis für das Lösen und Laden von 1 cbm gewachsenem Boden bei beiden Baggern folgendermaßen (ohne Transport und Einbauen in die Dämme):

| Bodenart                          | Eimerbagger Größe B |               |                 | Löffelbagger Größe G |               |                 |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------------|
|                                   | Tagesleistung       | Tagesauslagen | Preis pro 1 cbm | Tagesleistung        | Tagesauslagen | Preis pro 1 cbm |
|                                   | cbm                 | M.            | Pf.             | cbm                  | M.            | Pf.             |
| Sand und Kies                     | 2400                | 265.—         | 11              | 1200                 | 155.—         | 12,9            |
| Mittelschwerer Boden . . .        | 1600                | 278.50        | 17,4            | 1000                 | 164.—         | 16,4            |
| Fester Lehm und harter Mergel . . | 800                 | 295.—         | 36,9            | 800                  | 175.—         | 21,9            |

Die nachstehenden Werte zeigen auch wieder, daß die Löffelbagger in härteren Bodenarten billiger arbeiten als Eimerkettenbagger.



## 2. Kosten für Bodentransport auf horizontaler Bahn.

Die Transportkosten sind abhängig von der zu transportierenden Menge, von der Transportweite, von den Steigungsverhältnissen und von der gewählten Förderart.

Infolge der Bodenauflockerung ist ein größeres Volumen zu bewegen als das Massenausmaß des gewachsenen Bodens ergibt.

a) Lade- und Abtragskoeffizient. Bezeichnet  $\alpha$  die anfängliche Auflockerung in Prozenten, so ist das Volumen des gewachsenen Bodens mit einem Koeffizienten  $q = \frac{100 + \alpha\%}{100}$  zu multiplizieren, um die in

den Fördergefäßen abzuführende Bodenmenge zu erhalten (siehe Spalte 4 und 5 von Tabelle 13).  $q$  heißt der Ladekoeffizient und ist ein Wert größer als 1.

Beträgt das planmäßige Raumausmaß einer gewissen Dammstrecke  $V$ , so ist zur Herstellung dieser Schüttung infolge der bleibenden Materialauflockerung ein kleineres Einschnittsvolumen notwendig.

Um dieses zu erhalten, ist  $V$  mit einem Koeffizienten  $l$ , der kleiner ist als 1, dem Abtragskoeffizienten zu multiplizieren, und zwar ist  $l = \frac{100}{100 + \beta\%}$ , unter  $\beta\%$  die bleibende Auflockerung in Prozenten verstanden (siehe Spalte 6 und 7 der Tabelle 13).

Die Werte der Auflockerung für die verschiedenen Bodenarten sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 13.  
Werte für die Auflockerung.

| Nr. | Bodenarten |                           | Anfängliche Auflockerung<br>$\alpha\%$ | Lade-Koeffizient<br>$q$ | Bleibende Auflockerung<br>$\beta\%$ | Abtrags-Koeffizient<br>$l$ |
|-----|------------|---------------------------|--|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|     | Gruppe     | s. auch Tab. 1            |  |                         |                                     |                            |
| 1   | 2          | 3                         | 4                                      | 5                       | 6                                   | 7                          |
| 1   | I, II      | Sand und Kies             | 10—20                                  | 1,1—1,2                 | 1—2                                 | } 1 bis 0,9                |
| 2   | III, IV    | Schwerer Stichboden . . . | 20—25                                  | 1,2—1,25                | 2—4                                 |                            |
| 3   | V          | Leichter Hackboden . . .  | 25—30                                  | 1,25—1,30               | 4—6                                 |                            |
| 4   | VI         | Schwerer Hackboden . . .  | 30—40                                  | 1,30—1,40               | 6—8                                 |                            |
| 5   | VII        | Hackfels . . .            | 40—50                                  | 1,4—1,5                 | 8—?                                 |                            |

Über bleibende Auflockerung siehe auch § 5, S. 30.

b) Zweckmäßigste Transportart. Um die Transportkosten für einen bestimmten praktischen Fall berechnen zu können, hat man sich zunächst über die anzuwendende zweckmäßigste Transportart schlüssig zu werden (siehe § 15). Diese ist abhängig von der zu fördernden Gesamtmasse, von der Transportlänge, von den Gefällsverhältnissen und dem zur Verfügung stehenden Inventar. In der nebenstehenden graphischen Darstellung sind die ungefähren Transportkosten pro 1 cbm Fördermenge für einige Förderarten angegeben unter Annahme mittlerer Verhältnisse (Abb. 57). Dabei sind die Transportlängen als Abszissen, die zugehörigen Förderkosten als Ordinaten aufgetragen. Die Darstellung soll als allgemeine Übersicht zur vorläufigen Orientierung dienen, welche Art von Bodenförderung im einzelnen Fall in

Betracht kommen kann. Die eigentliche Bestimmung der Transportkosten hat alsdann auf Grund eingehender Preis-

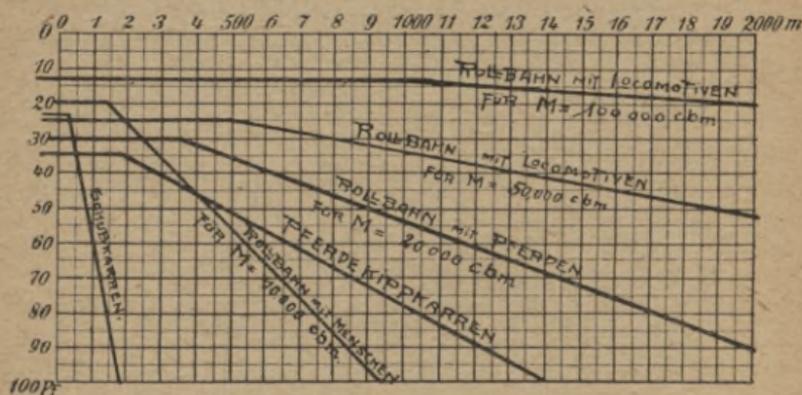


Abb. 57. Transportkosten für 1 cbm für verschiedene Förderarten.

entwicklung zu geschehen, etwa nach Art der im folgenden angeführten Beispiele, indem die dem vorliegenden Fall entsprechenden Transportkostenformeln<sup>1)</sup> aufgestellt werden.

In den folgenden Beispielen bedeuten:

$L = 100 \cdot l$  = die mittlere Transportweite in Metern;

$k_a$  = den aufzuwendenden Arbeitslohn in Pfennigen für den Transport von 1 cbm gewachsenen Boden auf die Länge  $L$ ;

$k_u$  = die hierbei aufzuwendenden Gerätekosten in Pfennigen;

$q$  = den Ladekoeffizienten (siehe Tabelle 13);

$st_e$  = den mittleren örtlichen Stundenlohn in Pfennigen.

c) Transportkosten für Schubkarrentransport auf Bohlenbahn.

Die Transportkosten für 1 cbm gewachsenen Boden setzen sich zusammen aus den Kosten an Arbeitslohn  $k_a$ , den Kosten für Geräteabnutzung (Schubkarren und

<sup>1)</sup> Näheres siehe „Osthoff-Scheck, Kostenberechnung für Ingenieurbauten, Leipzig 1909“.

Schaukeln)  $k_{u1}$  und den Kosten für die Bohlenbahn  $k_{u2}$ , so daß die gesamten Transportkosten betragen:

$$(1) \quad k = k_a + k_{u1} + k_{u2}.$$

Unter mittleren Verhältnissen erhält man folgende Zahlenwerte:

$$(2) \quad \begin{cases} k = (0,25 + 0,77 \cdot l) \cdot q \cdot st_e \\ + (0,25 + 0,77 \cdot l) \cdot 1,2 \cdot q + (0,25 + 0,77 \cdot l) \cdot q \cdot l. \end{cases}$$

Dabei können die Transportkosten gegenüber dem aus (2) sich ergebenden Wert innerhalb folgender Grenzen schwanken:

$$(3) \quad k_{\max} = 1,5 \cdot k,$$

$$(4) \quad k_{\min} = 0,7 \cdot k.$$

Tabelle 14.

Transportkosten für Schubkarrentransport  
nach Gleichung (2).

(Ladekoeffizient  $q$  nach Tabelle 13 zu bestimmen.)

| Transportweite   |                     | Transportkosten pro 1 cbm gewachsenen Boden |                         |                         |
|------------------|---------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| $L$<br>in Metern | $l = \frac{L}{100}$ | im ganzen                                   | $st_e = 40$ Pf.         |                         |
|                  |                     |   | $q = 1,1$ (Sand)<br>Pf. | $q = 1,5$ (Fels)<br>Pf. |
| bis 25           | bis 0,25            | $[0,45 \cdot st_e + 0,7] \cdot q$           | 21                      | 28                      |
| 30               | 0,30                | $[0,48 \cdot st_e + 0,7] \cdot q$           | 22                      | 30                      |
| 40               | 0,40                | $[0,56 \cdot st_e + 0,9] \cdot q$           | 26                      | 35                      |
| 50               | 0,50                | $[0,63 \cdot st_e + 1,1] \cdot q$           | 29                      | 39                      |
| 60               | 0,60                | $[0,71 \cdot st_e + 1,3] \cdot q$           | 33                      | 45                      |
| 70               | 0,70                | $[0,79 \cdot st_e + 1,5] \cdot q$           | 36                      | 50                      |
| 80               | 0,80                | $[0,87 \cdot st_e + 1,7] \cdot q$           | 40                      | 55                      |
| 90               | 0,90                | $[0,95 \cdot st_e + 2,0] \cdot q$           | 44                      | 60                      |
| 100              | 1,0                 | $[1,02 \cdot st_e + 2,2] \cdot q$           | 47                      | 65                      |
| 120              | 1,2                 | $[1,18 \cdot st_e + 2,9] \cdot q$           | 55                      | 75                      |
| 140              | 1,4                 | $[1,33 \cdot st_e + 3,4] \cdot q$           | 62                      | 85                      |

d) Kippwagentransport mit Menschenbetrieb auf Schmalspurgleis bei Verwendung von Muldenkippern von  $\frac{3}{4}$  cbm Inhalt, die von zwei Arbeitern bedient und auf Schmalspurgleis von 50—60 cm Spurweite bewegt werden. Die gesamten Transportkosten für 1 cbm gewachsenen Boden setzen sich zusammen aus den Kosten für Arbeitslohn  $k_a$ , den Kosten für Abnützung der Muldenkipper  $k_{u1}$  und den Kosten für die Abnützung des Arbeitsgleises  $k_{u2}$ . Dabei wird angenommen, daß der Zug 20 Wagen hat, die mit 60 m Geschwindigkeit in der Minute bewegt werden bei einem Aufenthalt von 5 Minuten bei jeder Doppelfahrt.

$$(5) \begin{cases} k = k_a + k_{u1} + k_{u2} \\ \text{Pfennig} \\ = (0,27 + 0,15 \cdot l) q \cdot st_e + (0,27 + 0,15 \cdot l)(2,5 + 0,5 \cdot l) \cdot q. \end{cases}$$

Die Grenzwerte liegen zwischen

$$(6) \quad k_{\max} = 0,6 \cdot k,$$

$$(7) \quad k_{\min} = 1,7 \cdot k.$$

Unter der Voraussetzung, daß Kippwagen und Gleis gegen Miete geliehen wurden, ergibt sich nebenstehende Tabelle 15 für verschiedene Transportweiten.

e) Kippwagentransport mit Lokomotivbetrieb auf Schmalspurgleis. Die Kosten sollen für die zwei folgenden Beispiele berechnet werden.

Beispiel 1. Verwendung von Muldenkippern von 1 cbm Inhalt, die in Zügen von 15 Wagen mit Tenderlokomotiven von 20 PS auf Gleis von 60 oder 75 cm Spurweite mit einer Fahrgeschwindigkeit von 120 m in der Minute gefahren werden.

Die Transportkosten für 1 cbm gewachsenen Boden bei horizontaler Transportbahn setzen sich zusammen aus den Zugskosten (Kosten für Lokomotivmiete bzw. Abschreibung und Betriebskosten derselben, Be-

Tabelle 15.

Transportkosten für Kippwagentransport mit Menschenbetrieb auf horizontalem Schmalspurgleis ( $q$  ist nach Tabelle 13 zu bestimmen).

| Transportweite   |                     | Transportkosten pro 1 cbm gewachsenen Boden |                         |                         |
|------------------|---------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| $L$<br>in Metern | $l = \frac{L}{100}$ | im ganzen                                   | $st_e = 40$ Pf.         |                         |
|                  |                     |   | $q = 1,1$ (Sand)<br>Pf. | $q = 1,5$ (Fels)<br>Pf. |
| 50               | 0,50                | $[0,35 \cdot st_e + 0,6] \cdot q$           | 16                      | 22                      |
| 100              | 1,0                 | $[0,42 \cdot st_e + 0,7] \cdot q$           | 19                      | 26                      |
| 150              | 1,5                 | $[0,50 \cdot st_e + 1,1] \cdot q$           | 23                      | 32                      |
| 200              | 2,0                 | $[0,58 \cdot st_e + 1,4] \cdot q$           | 27                      | 37                      |
| 250              | 2,5                 | $[0,66 \cdot st_e + 1,8] \cdot q$           | 31                      | 42                      |
| 300              | 3,0                 | $[0,72 \cdot st_e + 2,2] \cdot q$           | 34                      | 46                      |
| 350              | 3,5                 | $[0,80 \cdot st_e + 2,6] \cdot q$           | 38                      | 52                      |
| 400              | 4,0                 | $[0,87 \cdot st_e + 3,0] \cdot q$           | 42                      | 57                      |
| 450              | 4,5                 | $[0,95 \cdot st_e + 3,6] \cdot q$           | 46                      | 62                      |
| 500              | 5,0                 | $[1,02 \cdot st_e + 4,1] \cdot q$           | 49                      | 67                      |
| 600              | 6,0                 | $[1,17 \cdot st_e + 5,3] \cdot q$           | 57                      | 78                      |
| 700              | 7,0                 | $[1,32 \cdot st_e + 6,6] \cdot q$           | 65                      | 89                      |
| 800              | 8,0                 | $[1,47 \cdot st_e + 8,1] \cdot q$           | 74                      | 100                     |
| 900              | 9,0                 | $[1,62 \cdot st_e + 9,7] \cdot q$           | 82                      | 112                     |
| 1000             | 10,0                | $[1,77 \cdot st_e + 11,5] \cdot q$          | 91                      | 123                     |

dienung, Heiz- und Schmiermaterial, kleine Reparaturen), den Kosten für Kippwagen einschließlich des Lohnes für die Arbeiter auf der Kippe und den Kosten für die Transportbahn. Unter mittleren Verhältnissen erhält man

$$(8) \begin{cases} k = \text{Zugskosten} & + \text{Wagenkosten} & + \text{Gleiskosten.} \\ \text{Pfennig} \\ = q[6,2 + 0,76 \cdot l + (0,056 + 0,014 \cdot st_e) \cdot (l + q) + (0,018 + 0,002 \cdot l) \cdot (l + 4)]. \end{cases}$$

Setzt man zur Vereinfachung  $st_e = 40$  Pfennig, so erhält man

$$(9) k = q \cdot [6,2 + 0,76 \cdot l + 5,544 + 0,616 \cdot l + (0,018 + 0,002 \cdot l) \cdot (l + 4)]$$

und für verschiedene Transportweiten folgende Tabellenwerte:

Tabelle 16.

Transportkosten für Muldenkippertransport mit Lokomotivbetrieb bei horizontalem Gleis.

Beispiel 1. (Werte von  $q$  nach Tabelle 13.)

| Transportweite   |                     | Transportkosten für 1 cbm gewachsenen Boden bei $st_e = 40$ Pf. |                             |                             |
|------------------|---------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| $L$<br>in Metern | $l = \frac{L}{100}$ | im ganzen   | Für $q = 1,1$ (Sand)<br>Pf. | Für $q = 1,5$ (Fels)<br>Pf. |
| 300              | 3                   | $16,0 \cdot q$  | 18                          | 24                          |
| 400              | 4                   | $17,5 \cdot q$  | 19                          | 26                          |
| 500              | 5                   | $18,9 \cdot q$  | 21                          | 28                          |
| 600              | 6                   | $20,3 \cdot q$  | 22                          | 30                          |
| 700              | 7                   | $21,7 \cdot q$  | 24                          | 33                          |
| 800              | 8                   | $23,2 \cdot q$  | 26                          | 35                          |
| 900              | 9                   | $24,6 \cdot q$  | 27                          | 37                          |
| 1000             | 10                  | $26,0 \cdot q$  | 29                          | 39                          |
| 1200             | 12                  | $28,9 \cdot q$  | 32                          | 43                          |
| 1400             | 14                  | $31,8 \cdot q$  | 35                          | 48                          |
| 1800             | 18                  | $37,7 \cdot q$  | 41                          | 57                          |
| 2000             | 20                  | $40,7 \cdot q$  | 45                          | 61                          |
| 2500             | 25                  | $48,1 \cdot q$  | 53                          | 72                          |
| 3000             | 30                  | $55,7 \cdot q$  | 61                          | 84                          |
| 4000             | 40                  | $71,1 \cdot q$  | 78                          | 107                         |
| 5000             | 50                  | $86,9 \cdot q$  | 96                          | 130                         |

Beispiel 2. Der Transportzug besteht aus 20 Holzkastenkipperwagen von 2 cbm Inhalt mit einer Tenderlokomotive von 50 PS, die auf Gleis von 90 cm Spurweite mit einer Fahrgeschwindigkeit von 240 m in der Minute sich bewegt. Man erhält unter mittleren Verhältnissen für die Transportkosten:

$$(10) \begin{cases} k = \text{Zugskosten} + \text{Wagenkosten} & + \text{Gleiskosten} \\ = q \cdot [3,4 + 0,18 \cdot l + (0,014 + 0,0035st_e) \cdot (l + 18) + (0,0062 + 0,00035 \cdot l) \cdot (l + 4)] \end{cases}$$

und mit  $st_e = 40$  Pfennig

$$(11) k = q \cdot [3,4 + 0,18 \cdot l + 2,77 + 0,15 \cdot l + (0,0062 + 0,00035 \cdot l) \cdot (l + 4)].$$

Tabelle 17.

Transportkosten für einen Transportzug mit  
Holzkastenkippwagen und Lokomotivbetrieb  
bei horizontalem Gleis.

Beispiel 2. (Werte von  $q$  nach Tabelle 13.)

| Transportweite   |                     | Transportkosten für 1 cbm gewachsenen Boden<br>bei $st_0 = 40$ Pf. |                              |                              |
|------------------|---------------------|--|------------------------------|------------------------------|
| $L$<br>in Metern | $l = \frac{L}{100}$ | im ganzen  | Für<br>$q=1,1$ (Sand)<br>Pf. | Für<br>$q=1,5$ (Fels)<br>Pf. |
| 1000             | 10                  | $9,6 \cdot q$  | 11                           | 14                           |
| 1200             | 12                  | $10,3 \cdot q$   | 11                           | 15                           |
| 1500             | 15                  | $11,3 \cdot q$   | 12                           | 17                           |
| 2000             | 20                  | $13,1 \cdot q$   | 14                           | 20                           |
| 2500             | 25                  | $14,9 \cdot q$   | 16                           | 22                           |
| 3000             | 30                  | $16,6 \cdot q$   | 18                           | 25                           |
| 3500             | 35                  | $18,4 \cdot q$   | 20                           | 28                           |
| 4000             | 40                  | $20,3 \cdot q$   | 22                           | 30                           |
| 5000             | 50                  | $24,0 \cdot q$   | 26                           | 36                           |
| 6000             | 60                  | $27,7 \cdot q$   | 30                           | 42                           |
| 7000             | 70                  | $31,6 \cdot q$   | 35                           | 47                           |
| 8000             | 80                  | $35,5 \cdot q$   | 39                           | 53                           |
| 9000             | 90                  | $39,4 \cdot q$   | 43                           | 59                           |
| 10000            | 100                 | $43,5 \cdot q$   | 48                           | 65                           |

Der Vergleich beider Beispiele ergibt, daß der billigere Betrieb derjenige ist, bei dem größere Fördergefäße und stärkere Maschinen verwendet werden.

### 3. Kostenzuschläge für Steigung und Gefälle der Transportbahn.

Die vorstehenden Entwicklungen beziehen sich auf die horizontale Transportbahn. Für die Kostenzuschläge, die zu diesen Preisen für geneigte Transportbahn zu machen sind, können direkte Kostenformeln aufgestellt

werden, die wie die obigen Transportkostenformeln für bestimmte Lohnsätze und Nebenkosten für bestimmte Bodenarten Gültigkeit haben.

Allgemein hilft man sich bei ansteigender Transportbahn dadurch, daß man zur tatsächlichen Transportlänge  $L$  der Erdmassen einen bestimmten Zuschlag in Metern ermittelt, diesen Zuschlag der tatsächlichen Transportweite hinzufügt und für die neue Größe  $L_1$  als Transportlänge die Transportkosten aus den vorstehenden Formeln oder Tabellen, die für die horizontale Bahn abgeleitet werden, ermittelt.

Das Handbuch der Ingenieurwissenschaften (Teil I, 2. Bd., S. 98) gibt an, daß für jedes Meter Steigung der Transportbahn die wagerechte Förderlänge der Massen bei den einzelnen Transportarten um folgende Beträge  $\Delta L$  zu vergrößern sei.

beim Transport mit Schubkarren . . . .  $\Delta L = 12$  m

„ „ „ Handkippkarren . .  $\Delta L = 25$  m

„ „ „ Pferdekarren . . . .  $\Delta L = 50$  m

beim Transport mit Rollwagen auf

Schienengleis durch Arbeiter . . . .  $\Delta L = 80$  m

beim Transport mit Rollwagen auf

Schienengleis durch Pferde . . . . .  $\Delta L = 120$  m

beim Transport mit Rollwagen auf

Schienengleis durch Lokomotiven . .  $\Delta L = 250$  m

Dabei bleiben geringe Steigungen unberücksichtigt.

Ebenso bleiben geringe Gefälle der Transportbahn unberücksichtigt. Wird das Gefälle aber stark, so ist zu beachten, daß die Rückfracht der leeren Fördergefäße und das Bremsen der vollen Wagen mehr Arbeit und Kosten verursacht als der Transport auf der Horizontalen. Es sind deswegen für große Gefälle ähnliche Zu-

schläge zu rechnen wie für die Steigungen. Geringe Gefälle erleichtern die Arbeit.

#### IV. Kosten verschiedener Nebenarbeiten.

1. Kosten für Rodungsarbeiten. Für die Rodungsarbeiten rechnet man bei Ausführung von Hand folgende Preise, unter  $st_e$  wie oben den mittleren Stundenlohn in Pfennigen verstanden:

|   |                      |
|---|----------------------|
| Rodungen in Eichen- und<br>Buchenhochwald . . . . . | 1 a = 30—45 · $st_e$ |
| Rodungen in Nadelholzhoch-<br>wald . . . . .        | 1 a = 20—30 · $st_e$ |
| Rodungen in Niederwald . . . . .                    | 1 a = 10—20 · $st_e$ |

Diese Preise ermäßigen sich bei maschineller Arbeitsweise, z. B. beim Bodenabtrag durch Löffelbagger, wo die Rodungsarbeiten zusammen mit dem Abtrag ohne wesentliche Mehrkosten ausgeführt werden.

2. Einbauen von Terrassen in Hänge, steiler als 1 : 3, um der Schüttung einen Halt zu geben, pro 1 cbm Abtrag:

|   |            |
|---|------------|
| in Lehm und Sand . . . . .                | 1 $st_e$   |
| in steinigem Lehm . . . . .               | 2 $st_e$   |
| in mittlerem Gerölle . . . . .            | 3 $st_e$   |
| in losem oder verwittertem Fels . . . . . | 4—5 $st_e$ |
| in Hackfels . . . . .                     | 6—7 $st_e$ |

3. Seitliches Aussetzen in regelmäßigen meßbaren Haufen folgender anfallender Einschnittsmaterialien zwecks späterer Wiederverwendung als Zuschlag zum Gewinnungspreis pro 1 cbm:

|  |            |
|--|------------|
| Aussetzen von Steinen für Mauerwerk . . . . .                          | 2,5 $st_e$ |
| Aussetzen von Steinen für Sickerungen und Be-<br>schotterung . . . . . | 1,5 $st_e$ |
| Aussetzen von Kies und Sand . . . . .                                  | 1,0 $st_e$ |

4. Humus andecken. Preis pro 1 cbm angedeckter Masse:

Bei niederen Böschungen, wo Humus mittels Schaufel direkt angeworfen werden kann, 1 cbm = 0,7 *st<sub>e</sub>*.

Muß bei höheren Böschungen so verfahren werden, daß in Staffeln von 2 m mittels nebeneinandergestellter Bohlen kleine Bühnen angebracht werden und der Mutterboden von Bühne zu Bühne befördert wird, so steigert sich der Preis mit zunehmender Höhe der Dammböschung schräg gemessen etwa im folgenden Verhältnis:

|                       |         |                                       |
|-----------------------|---------|---------------------------------------|
| Höhe der Dammböschung | 3— 6 m  | 1 cbm = 1,0—1,8 <i>st<sub>e</sub></i> |
| „ „ „                 | 6— 9 „  | 1 „ = 1,8—2,4 „                       |
| „ „ „                 | 9—12 „  | 1 „ = 2,4—3,0 „                       |
| „ „ „                 | 12—16 „ | 1 „ = 3,0—3,8 „                       |

5. Für das Ansäen der Böschungen rechnet man pro 1 a etwa 1,5 *st<sub>e</sub>* Arbeitslohn und 0,25—0,4 kg Samen (100 kg Samen zu etwa 110 Mark).

## D. Vollendungs- und Wiederherstellungsarbeiten.

### § 21. Böschungsbefestigung.

Die frisch geschütteten Böschungen müssen gegen Auswaschungen durch Regen und fließendes Wasser geschützt werden. Dies geschieht:

1. Durch Ansäen derselben, dem das Aufbringen einer für das Anwachsen des Samens geeigneter Erdschichte von 10—15 cm Stärke vorausgeht. Gewöhnlich steht hierfür der vor Beginn der Schüttungen abgetragene und seitlich gelagerte Mutterboden zur Verfügung. Da

dieser auf glatten Böschungen schlecht haftet, besonders bei tonigem Schüttungsmaterial, so stellt man mit der Breithaue, wie die Abb. 58 zeigt, Stufen her, an denen das lockere Deckmaterial einen Halt findet. Zum Einsäen verwendet man am besten eine Mischung von Gras- und Kleesamen mit Hafer, dem in rauhen Gegenden noch Ginster-samen beigemischt wird.



Abb. 58. Stufen für Humus- und Rasenabdeckung.

## 2. Rasenbekleidung.

Will man schneller eine dichte Grasnarbe erhalten, als dies durch Besamung möglich ist, so bekleidet man die Böschungen mit abgestochenen Rasenstücken, die mit dem Rasenmesser und der Rasenschaufel in Stücken von 25—35 cm Länge, 15—20 cm Breite und 8—10 cm Stärke gestochen werden. Rasenbekleidung wird insbesondere an den Stellen angewendet, die dem Wasserangriff besonders ausgesetzt sind (Grabenböschungen).

Dieser Rasen kann einmal als Flachrasen aufgebracht werden, wobei die einzelnen Rasenstücke in Verband flach mit wagerechter Längsfuge auf die Böschung aufgelegt werden, die Wurzelseite nach unten gekehrt und mit 30 cm langen Holzpflocken angenagelt werden.

Widerstandsfähiger wird die Böschungsabdeckung, wenn man den Rasen als Kopfrasen aufbringt. Dabei werden die einzelnen Rasenstücke in wagerechten oder geneigten Lagen mit wechselnden Fugen ähnlich dem Läuferverband bei einer Backsteinmauer stufenförmig so aufeinandergeschichtet, daß Grasnarbe auf Grasnarbe

und Erde auf Erde zu liegen kommen. Häufig treibt man in jede Schichte auch einzelne Pflöcke ein.

3. In durchlässigen Bodenarten empfiehlt sich das Bepflanzen der Böschungen mit Sträuchern und Bäumen. Auf Bodenarten, die den Regen aufsaugen und festhalten, ist davon Abstand zu nehmen, da durch das Gebüsch das rasche Abfließen des Wassers verhindert wird. Anschüttungen aus Flugsand schützt man

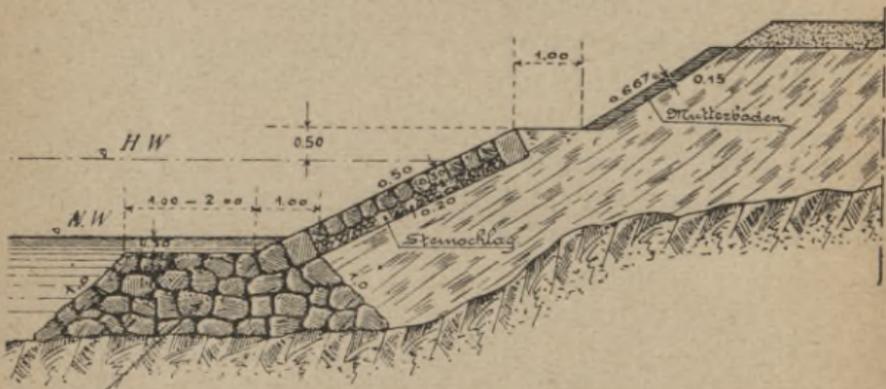


Abb. 59. Böschungsbefestigung bei der Bagdadbahn.

durch Faschinenabdeckung oder Anpflanzung geeigneter Grasarten.

4. Ist starker Wasserangriff an den Böschungen zu erwarten (Bachufer, Schüttungen im Hochwassergebiet), so schützt man dieselben durch Abpflastern, Herstellen von Steinschüttungen, Faschinen- und Wippenabdeckung und endlich zur Ausführung von Stützmauern (Abb. 59 und 60).

Beim Abpflastern führt man lediglich Trockenpflaster ohne Anwendung von Mörtel aus, da dasselbe unter kleinen nachträglichen Bewegungen weniger leidet als das durch Mörtel stark zusammengekittete Pflaster.

Da das Wasser in das Trockenpflaster eindringt, so ist bei der Ausführung darauf zu achten, daß als Unterbettungsmaterial Schotter, Steinbrocken, grober quar-

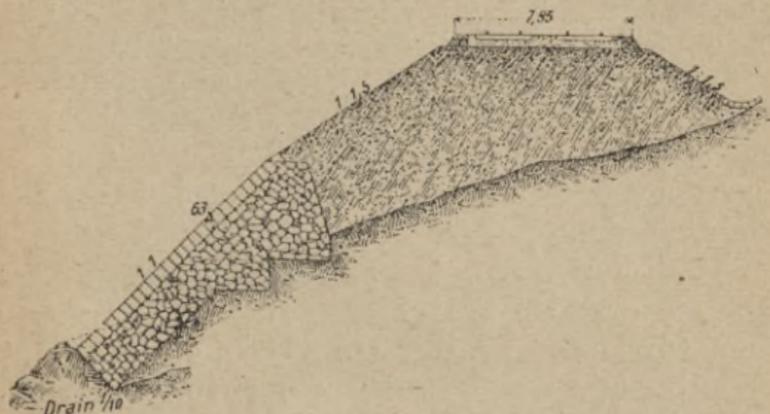


Abb. 60. Sicherung der Dammböschung bei der Brennerbahn.

ziger Sand, also solche Materialien verwendet werden, die sich im Wasser nicht lösen und von ihm nicht ausgespült werden können. Bei wichtigen Ausführungen muß die Unterbettung bis zur Frostgrenze eingebracht werden.

## § 22. Erdrutschungen.

Weitaus die meisten Erdrutschungen und Erdbewegungen sind auf die Einwirkung des Wassers zurückzuführen, abgesehen von den Ausnahmefällen, wo vulkanische Bewegungen als Ursache anzusehen sind. Das Wasser verändert bei seinem stetigen Kreislauf fortwährend die Erdoberfläche, hier Gebirgsteile abtragend, zerstörend und auflösend, dort Massen anlandend. Es bewirkt Abspülungen, Abwaschungen und Aufweichungen von Erdmassen und dadurch Rutschungen. Wird das Wasser zu Eis, so vergrößert es seinen Rauminhalt und

sprengt und zerstört dadurch die härtesten Felsen. Gewisse Bodenarten, die in trockenem Zustand genügende Kohäsion und Reibung besitzen, um einer Verschiebung Widerstand zu leisten, werden in feuchtem Zustand breiartig und schlüpfrig und neigen zu Rutschungen bei der Ausführung von Erdbauten. Wir haben diesen Punkt in § 1 bei Besprechung der Erdarten erwähnt und dabei unter anderen auf diese Eigenschaft der Ton- und Lehmarten hingewiesen. In sehr vielen Fällen sind solche Lehmeinlagerungen in dünnen Schichten die Ursache zu Rutschungen, wenn Wasser zudringen kann.

Die auftretenden Rutschungen können sein:

Zerstörungen an der Oberfläche;

Bewegungen von Erdkörpern infolge vorhandener Gleitflächen;

Bewegungen von Dämmen infolge schlechten Schüttmaterials oder zu steiler Anschüttung.

1. Rutschungen an Einschnittböschungen.

Da dieselben vor allem auf den Einfluß des Wassers zurückzuführen sind, so ist für rasche und zweckmäßige Ableitung desselben Sorge zu tragen. Dies geschieht:

a) Durch Anlegen von Sammelgräben und Abfallrinnen bei Wasserzufluß von der Bergseite her (Abb. 61 und 62), durch Fassen etwaiger an der Böschungfläche vorhandener kleiner Quellen und Wasseradern und durch zweckmäßige Gestaltung der Einschnittgräben am Fuß der Böschung. Da diese Gräben nicht allein das von den Böschungen zufließende Wasser ableiten, sondern auch zur Entwässerung des Straßen- oder Bahnkörpers selbst dienen müssen, so sind sie reichlich zu dimensionieren. Die kleinste Sohlenbreite ist 30 cm. Das Grabengefälle im Einschnitt soll bei Bahnbauten möglichst größer als 1 : 500 sein. Wo der Ein-

schnitt selbst ein geringes Gefälle hat, ist somit der Graben in der Gefällsrichtung entsprechend zu vertiefen.

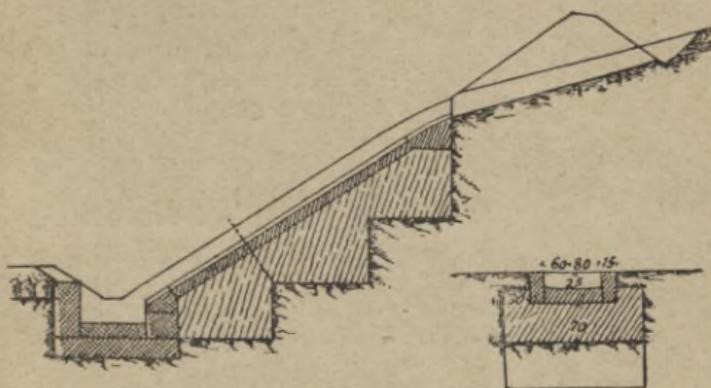


Abb. 61 und 62. Wasserableitung durch Hanggraben und Böschungsrinne.

b) Eine Entwässerung der Böschungfläche ist notwendig bei weichem, undurchlässigem Material oder beim Auftreten vielverzweigter Wasseradern, die sich nicht in einem einzigen Strang abfassen lassen

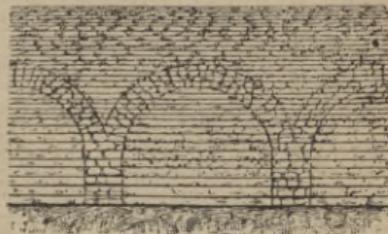
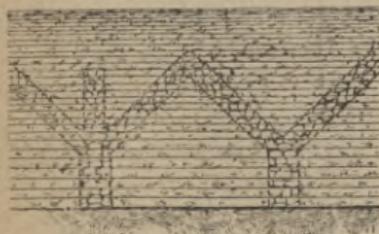


Abb. 63 und 64. Wasserableitung von der Böschungfläche durch zusammengeführte Steinsickerungen.

Dabei werden Anordnungen getroffen, wie aus obenstehenden Figuren ersichtlich ist. Die dargestellten Sickerrinnen (Abb. 63 und 64) bestehen aus einem schräg angeordneten Netz von Gräben von 30—50 cm Tiefe, die mit Steinmaterial packlageartig ausgefüllt werden.

An Stelle von Steinsickerungen können auch Drainröhren mit Schräggefälle in die Böschung eingelegt werden.

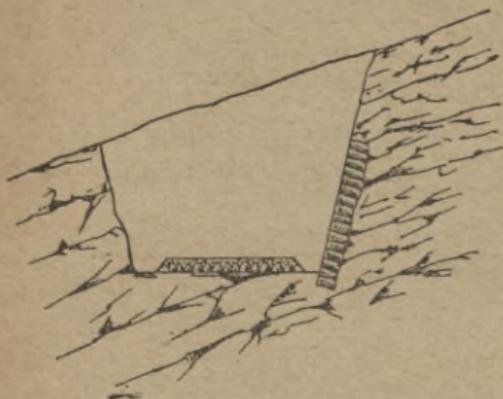


Abb. 65. Verkleidungsmauerwerk im Felseinschnitt.

c) Bei wetterbeständigem Fels genügt es, ausgewitterte Partien zu vermauern und dadurch vor weiterer Zerstörung der Witterungseinflüsse zu schützen (Abb. 65).

Im Mauerwerk müssen genügende Seitenschlitze für die Wasserableitung ausgespart werden.

## 2. Einschnittsrutschungen infolge vorhandener Gleitflächen.



Abb. 66. Gleitfläche im Einschnitt.

Hier sind zunächst eingehende Untersuchungen über die Lage der Gleitflächen anzustellen, um sich über die zu ergreifenden Maßregeln schlüssig zu werden. Letztere können zunächst wieder darin bestehen, daß man

a) geeignete Entwässerungsanlagen einbaut, die den Zweck haben, das Wasser inner- oder oberhalb der

Gleitfläche abzufangen und seitlich abzuleiten. Solche Anlagen sind nebenstehend dargestellt, und zwar liegt bei Abb. 66 und 67 die undurchlässige Schicht über, bei



Abb. 67. Vorbeugung gegen Böschungsrutschung durch Wasserableitung in Höhe der Tonschicht.

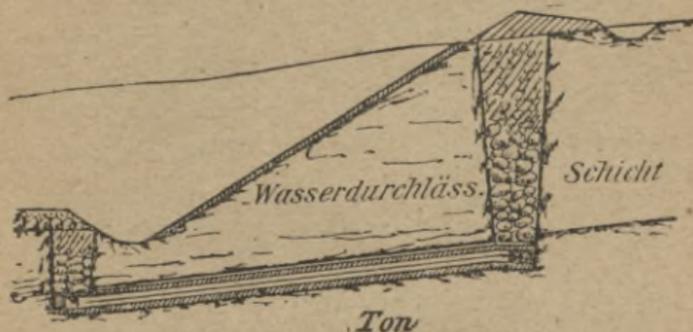


Abb. 68. Entwässerung der unter dem Bahnplanum liegenden Gleitschicht.

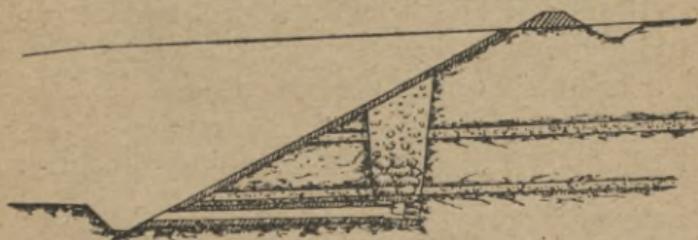


Abb. 69. Sickerdohle mit Querableitung zum Bahngraben.

Abb. 68 unter dem Bahnplanum. In Fig. 69 ist gezeigt, wie das Wasser zweier übereinanderliegender Gleitschichten zum Bahngraben abgeführt wird.

b) Bei wenig geneigter Gleitfläche und geringer Tiefenlage derselben kann vielleicht schon dadurch abgeholfen werden, daß man dieselbe entlastet durch teilweises Abtragen der überlagernden Massen. Am besten natürlich ist es, wenn ein Abtragen so weit möglich ist, daß die Gleitschicht selbst entfernt werden kann, doch wird dies nur in seltenen Fällen ausführbar sein.

c) Endlich kann gleichzeitig mit dem unter a) bezeichneten Vorgehen versucht werden, die Weiter-

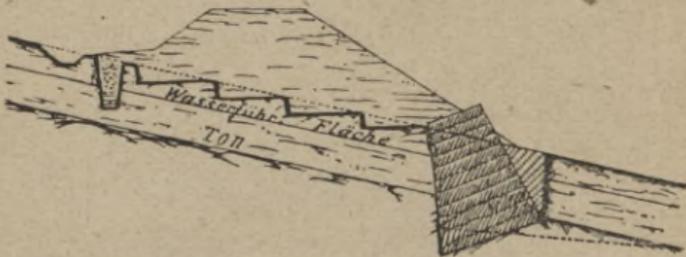


Abb. 70. Ableitung des Tagwassers hinter dem Damm und Befestigung des Dammfußes durch Trockenmauerwerk.

bewegung der Rutschmassen durch Errichten von Stützmauern, Trockenmauern (Abb. 70), Erdpfeilern, Steinpackungen, Pfahlwänden und dergleichen aufzuhalten. Derartige Maßregeln pflegen jedoch nur dann von durchgreifendem Erfolg begleitet zu sein, wenn für genügende Entwässerung gesorgt worden ist, weil diese Mittel allein gegen die bei Erdrutschungen auftretenden bedeutenden Kräfte der in Bewegung befindlichen Massen oftmals versagen.

### 3. Dammrutschungen.

Diese sind auf folgende Ursachen zurückzuführen:

a) auf schlechtes Schüttmaterial und Verwendung von gefrorenem und schlammigem Boden (Abb. 71);

b) auf ungeeignete Schüttung vor allem bei zu weitgehender Anwendung der Seitenschüttung entlang stark geneigter Abhänge und durch zu steil angelegte Böschungen. Dabei werden sich die einzelnen Dammpartien in der dargestellten Weise zusammensetzen und abschieben (Abb. 71).



Abb. 71. Dammrutschung infolge schlechten Schüttmaterials.

c) Eine weitere Möglichkeit zu Dammrutschungen besteht, wenn die Dämme auf geneigtem Untergrund geschüttet werden und von der Bergseite her Wasser in die Schüttung eindringen kann (Abb. 70).

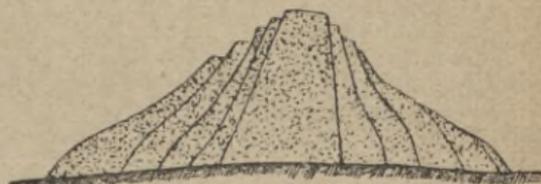


Abb. 72. Dammrutschung infolge zu steiler Schichten.

Um letzteres zu verhindern, ist bergseitig ein Sammelgraben von genügendem Querschnitt und Längsgefälle anzulegen. Zum besseren Halt der Schüttmassen auf ihrem Untergrund werden in demselben Stufen eingehauen und der Dammfuß durch einen Steinsporn versichert.

## Sachregister.

- Abkeilen 26.  
 Absteckungsarbeiten 103.  
 Abtragskoeffizient 114.  
 Ansäen von Böschungen 124.  
 Auflockerung 16, 29.  
 —, anfängliche 30.  
 —, bleibende 30.  
 —, Größe der 30, 115.  
 Ausschütthöhe von Löffelbaggern 57.  
 Bagger 38—74.  
 —, elektrisch angetriebene 47, 56.  
 —, theoretische Stundenleistung 40.  
 Baggerarbeiten, Arbeitsplan bei 49.  
 —, Vergleich zwischen Eimerkettenbagger u. Löffelbagger 63—66.  
 Baggermaschinen 39—66, 69—73.  
 —, Übersicht über die 38.  
 Baggerschaufel 38.  
 Bänder ohne Ende 89.  
 Baugrund 22, 23.  
 Belastung, zulässige 21 bis 23.  
 Bodenarten 10, 24, 25.  
 Bodenuntersuchung 15.  
 Bohrregister 20.  
 Bohrtechnik 8.  
 Bohrungen 17—20.  
 Böschungen, Neigung der 31—34.  
 Böschungsbefestigung 126.  
 Böschungshaue 31.  
 Böschungsverhältnis 31.  
 Böschungswinkel 32.  
 —, natürlicher 32.  
 —, für die Ausführung 33.  
 Breithacke 36.  
 Bremsberge 89.  
 Dämme, Dichtung der 101.  
 —, Entwässerung der 101.  
 —, Erbreiterung der 102.  
 —, Überhöhung der 101.  
 Dammrutschungen 132.  
 Dammschüttungen 27.  
 Diamantbohrer 20.  
 Drahtseilbahnen 8, 90.  
 Drehscheiben 89.  
 Eimerkette, durchhängende 40.  
 —, zwangsläufig geführte 40.  
 —, mehrteilige 43.  
 Eimerkettenbagger 39, 40—52, 63.  
 —, Leistung der 46.  
 —, verschiedene Bauarten 46.  
 Einschnittsarbeiten 92.  
 Einschnittsrutschungen 130.  
 Eisenbahnlöffelbagger 55, 61—63.  
 Elevatoren 70.  
 Englischer Einschnittsbetrieb 93.  
 Erdarten 10.  
 Erdbau 7.  
 —, Entwicklung 7.  
 Erdbohrer 18.  
 Erdrutschungen 127 bis 133.  
 Fallmeißelapparate 74.  
 Felsarten 15.  
 Felsgestein 10, 14.  
 Flächenermittlung 106.  
 Flächenmaßstab 107.  
 Flachrasen 125.  
 Förderung des Bodens 76—92.  
 Futterröhren 19.  
 Gerätebeschaffung 34 bis 37.  
 Gerölle 14.  
 Gerüstschüttung 93.  
 Gipsmergel 12.  
 Gleis 85—87.  
 Gleitflächen 13, 130.  
 Greifbagger 66—68.  
 Hackboden 23.  
 Hackfels 23.  
 Handarbeit 8.  
 Handbagger 38—39, 68 bis 69.  
 Handkippkarren 80.  
 Holzkastenkipper 83.  
 Holzschwellen 88.  
 Hopperbagger 71.  
 Humus 14.  
 Humusdecken 124.  
 Kesselschießen 27.  
 Kippkarren 80.  
 Kopfrasen 125.

- Kopfschüttung 97.  
 Kosten allgemeiner Art 109.  
 — für Bodentransport 114—123.  
 — für Lösen und Laden 110—113.  
 Kostenberechnung der Erdarbeiten 109—124.  
 Kreiselbagger 55.  
 Kreuzhacke 37.  
 Kreuzmeißelbohrer 19.  
  
 Ladekoeffizient 114.  
 Lagenbau 93.  
 Lagenschüttung 97.  
 Lattenkreuz 105.  
 Lattenprofile 103.  
 Lehm 11, 12, 13.  
 Löffelbagger, 39, 52—66.  
 —, Gleisanordnung 58.  
 Löffelbohrer 18.  
 Lokomotiven 85.  
  
 Maschinelle Arbeitsweise 8.  
 Massenberechnung 106 bis 109.  
 Massengesteine 15.  
 Meißelbohrer 19.  
 Mergelarten 10, 12.  
 Meßgeräte 35.  
 Moor 14.  
 Muldenkipper 81.  
  
 Naßbagger: 68—74.  
  
 Paternoster-Werke 70.  
 Pferdekippkarren 80.  
 Pflasterungen 126.  
 Pflüge 75.  
 Probegruben 16.  
  
 Profilerwinkel 105.  
 Pumpenbagger 69.  
  
 Quarzsand 12.  
  
 Rasenbekleidung 125.  
 Rasenmesser 37.  
 Rodungsarbeiten 123.  
 Rollwagen 80.  
 Röschenbau 93.  
 Rutschungen 16, 127 bis 133.  
  
 Sackbagger 38.  
 Sand 11, 13.  
 Sandmergel 12.  
 Sattelwagen 85.  
 Saugbagger 69.  
 Schächte 21.  
 Schaufel 36.  
 Schaufelbagger 39, 52 bis 66.  
 Schleppweichen 88.  
 Schrägbagger für Handbetrieb 69.  
 Schrapper 75.  
 Schubkarren 78.  
 —, eiserne 79.  
 Schutzsauger 70.  
 Schüttgerüste 99.  
 —, bewegliche 100.  
 —, feste 99.  
 Schüttrinnen 89.  
 Schüttungsarbeiten 95.  
 Schüttungsmaterial 27, 28.  
 Schwellen 87, 88.  
 Schwimmbagger 68, 69 bis 74.  
 Seitenbau 93.  
 Seitenschüttung 99.  
 Setzen der Dämme 28.  
  
 Sondiereisen 16.  
 Sondieren 16.  
 Spaten 36.  
 Spitzhauen 36.  
 Sprengstoffe 26.  
 Sprengungen 26.  
 Spülbare Bodenarten 71.  
 Spültransport 69.  
 Stichboden 23.  
 Stollenbau 93.  
 Strossenbau 93.  
 Stufenbaggerung 49, 59.  
  
 Tenderlokomotiven 85.  
 Terrassen 123.  
 Ton 10, 11.  
 Toneinlagerungen 11.  
 Torf 14.  
 Tragen des Bodens 76.  
 Tragfähigkeit des Bodens 21.  
 Transportart, zweckmäßigste 115.  
 Transporteure 49, 52.  
 Transportkosten für Kippwagentransport 118—121.  
 — für Schubkarrentransport 116.  
 —, Zuschlag in Steigungen 121—123.  
 Trepanierbohrer 18.  
 Trichterbagger 39.  
  
 Ventilbohrer 18.  
 Vertikalhandbagger 68.  
 Vorderkipper 85.  
  
 Wasserdurchlässigkeit 16.  
 Weichen 85, 88.  
 Werfen des Bodens 76.

In der **Tiefbautechnischen Bibliothek** der  
**Sammlung Göschens**

erschienen ferner:

- Die Baustoffkunde** von Professor H. Haberstroh. Mit 36 Abbildungen.  
Nr. 506.
- Flußbau** von Regierungsbaumeister O. Rappold. Mit 103 Abbildungen.  
Nr. 597.
- Kanal- und Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit  
78 Abbildungen. Nr. 585
- Meliorationen** von Baurat Otto Fauser. 2 Bände. Mit vielen Figuren.  
Nr. 691, 692.
- Wasserversorgung der Ortschaften** von Professor Dr.-Ing. Robert Weyrauch.  
Mit 85 Figuren. Nr. 5.
- Wasserkraftanlagen** von Regierungsbaumeister a. D. Ober-Ing. Th. Rümelin.  
I: Beschreibung. Mit 66 Figuren. Nr. 665.
- — II: Gewinnung der Wasserkraft. Mit 35 Figuren. Nr. 666.
- — III: Bau und Betrieb. Mit 56 Figuren. Nr. 667.
- Landstraßenbau** von Oberlehrer A. Liebmann. Mit 44 Figuren. Nr. 598.
- Stadtstraßenbau** von Dr.-Ing. Georg Klose. Mit 50 Abb. Nr. 740.
- Die allgem. Grundlagen des Brückenbaues** von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing.  
Th. Landsberg. Mit 45 Figuren. Nr. 687.
- Gründungen der Brücken** von Prof. Th. Janssen. Mit 40 Abbildungen.  
Nr. 803.
- Eisenbetonbrücken** von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle. Mit 104 Abbildungen.  
Nr. 627.
- Vermessungskunde** von Professor Dipl.-Ing. P. Werkmeister. I: Feld-  
messen u. Nivellieren. Mit 146 Abbildungen. Nr. 468.
- — II: Der Theodolit. Trigonometrische u. barometr. Höhenmessung.  
Tachymetrie. Mit 109 Abbildungen. Nr. 469.
- Die Linienführung der Eisenbahnen** von Prof. H. Wegele. Mit 52 Ab-  
bildungen. Nr. 623.
- Schmalspurbahnen** (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. Aug.  
Boshart. Mit 99 Abbildungen. Nr. 524.
- Straßenbahnen** von Dipl.-Ing. Aug. Boshart. Mit 72 Abb. Nr. 559.

---

**VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER**

WALTER DE GRUYTER & CO., vormalig G. J. Göschens'sche  
Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung /  
Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

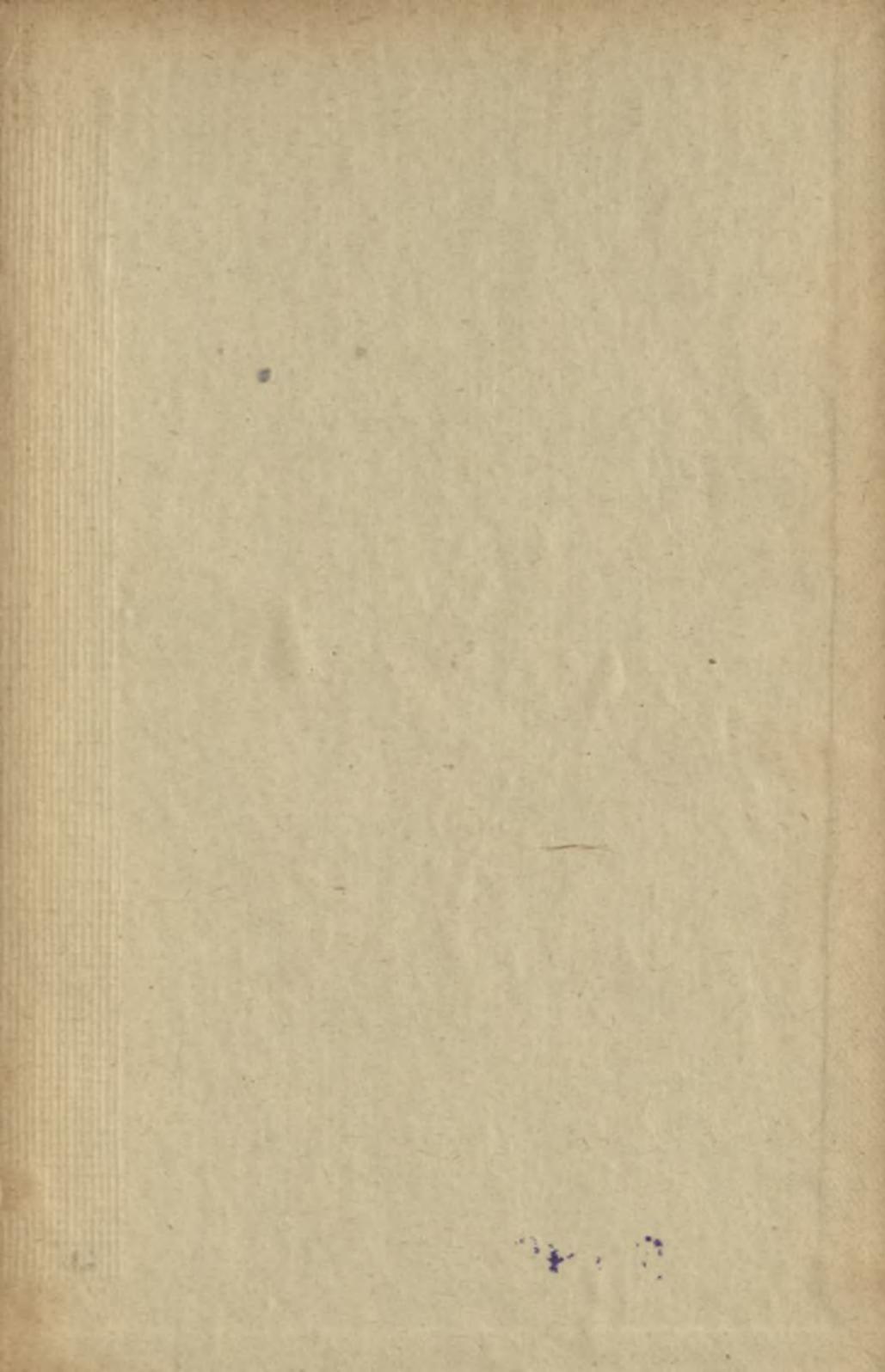
Berlin W 10 und Leipzig

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



2.00

S - 96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301271



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298001