

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000303951

15-6-0

x
348
36
—
90

DIE
RUTSCHUNGEN
UND
BESCHÄDIGUNGEN DER BÖSCHUNGEN
DER
ERDBAUTEN
BEI
EISENBAHNEN UND STRASSEN
UND DIE ZUR
SICHERUNG UND REPARATUR
ANGEWENDETEN MITTEL.



ERBSCHÜTTUNGEN

BEZUG NEHMEND AUF DIE BUCHSTABEN

WELCHE FOLGEN

BEI DER

BEWERTUNG DER ERBSCHÜTTUNGEN

BEI DER BESTIMMUNG DER ERBSCHÜTTUNGEN

BEI DER

BEWERTUNG DER ERBSCHÜTTUNGEN

BEI DER BESTIMMUNG DER ERBSCHÜTTUNGEN

1880

1881

1882

1883

IIa 15121
III 14388

DIE

RUTSCHUNGEN

UND

BESCHÄDIGUNGEN DER BÖSCHUNGEN

DER

ERDBAUTEN

BEI

EISENBAHNEN UND STRASSEN

UND DIE ZUR

SICHERUNG UND REPARATUR

ANGEWENDETEN MITTEL.

VON

A. v. KAVEN

BAURATH UND GEHEIM. REGIER.-RATH, PROFESSOR AN DER
TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU AACHEN.

15701

MIT EINGEHEFTETEM ATLAS VON 21 TAFELN.

III C 9



WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1883.

Ausgang 143

661.

1901
14388



III 33741

Das Recht der Uebersetzung bleibt vorbehalten.

1901

14388

Buchdruckerei von G. Otto in Darmstadt.

Akc. Nr. 5303/50

Vorbemerkung.

Die vorliegende Sammlung ist aus den beiden Tafeln Index 1 und Index 2 entstanden, welche ich seit einigen Jahren bei meinen Vorträgen gebrauche. Die folgenden Tafeln enthalten weitere Ausführungen durch Angaben und Beispiele. Für etwaige speciellere Instruction in einzelnen Fällen, finden sich die Quellen überall angegeben.

Die Absicht der Vorlage ist, durch eine Anzahl Beispiele die verschiedenen Methoden, welche man bei der Sicherung und Reparatur der Erdbauten anzuwenden pflegt, übersichtlich zusammenzustellen unter Anführung derjenigen practischen Regeln, welche bei Ausführungen nützlich sein können. Zur Bequemlichkeit des Lesers finden sich auf den Tafeln neben den Figuren kurze Erläuterungen, welche in den meisten Fällen zur Orientirung genügen dürften, während jeder concrete praktische Fall eine eigenartige Behandlung erforderlich machen wird.

Aachen im September 1882.

v. K.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Bildung der Einschnitte.

A. Allgemeines.

B. Bildung der Einschnitte in verschiedenen Bodenarten.

1. Unter Wasser; 2. In Sumpf, Moor und Torf; 3. In Sand und Kies; 4. In Lehmboden; 5. In Thon und Mergel; 6. In Gerölle und mit Steinen gemischtem Boden; 7. In losem Gestein; 8. In festem Gestein pag. 1—3

II. Bildung der Aufträge.

A. Allgemeines.

B. Untergrund und Material bei Anschüttungen.

1. Anschüttungen durch Wasser; 2. Anschüttungen durch Sumpf, Moor und Torf; 3. Anschüttungen auf und von Lehm; 4. Anschüttungen auf und von Thon; 5. Desgl. auf und von Sand und Kies; 6. Desgl. von Gerölle; 7. Desgl. von losem und weichem Gestein; 8. Desgl. aus festen Steinen; 9. Anschüttungen hinter Kunstbauten pag. 3—6

III. Sicherung und Reparatur der Böschungen.

1. Sicherung der Böschungen, Reparatur und Wiederherstellung derselben.

2. Beschädigungen bei Erdbauten.

a. Bewegungen im Ganzen.

a. Terrainbewegungen; b. Abrutschungen bei Einschnitten; c. Abgleiten von Dämmen; d. Bersten oder Ausfliessen von Dämmen, Ausfliessen von Einschnitten.

β. Bewegungen von Theilen, namentlich der Böschungen.

e. Ausrutschungen; f. Ablösungen; g. Beschädigungen durch äussere mechanische Einwirkungen pag. 7

IV. Ursachen der Deformationen.

1. Erst Wirkung der Schwere, dann Einfluss des Wassers.
2. Erst Aufweichen durch Wasser, dann Wirkung der Schwere;
3. Aeusserer Einflüsse; 4. Art der Herstellung des Erdbaus und Material dazu; 5. Beschaffenheit des Untergrundes pag. 7—8

V. Regeln zur Verhütung von Deformationen.

1. Fernhaltung allen Wassers ist die vornehmste Regel — Genügend flache Böschungen — Bedeckung der Böschungen — Vorsichtige Herstellung aus geeignetem Material — Einlassen der Dammbasis — Verhütung des Aufsteigens des Untergrundes pag. 8

VI. Verfahren bei Terrainbewegungen.

1. Princip: Genaue Untersuchung der geologischen Beschaffenheit und der Schichtung.

2. Mittel zur Untersuchung. Horizontal-Curven der wasserführenden Schichten. Fortbleiben von gefährlichen Hängen.

3. Mittel gegen Terrainrutschungen.

4. Entwässerungsarbeiten.

a. Oberflächenentwässerung. b. Bei geringer Tiefe der wasserführenden Schicht. c. Bei grösserer Tiefe derselben. d. Bei bedeutender Tiefe der wasserführenden Schicht pag. 8—9

VII. Sicherung der Böschungen.

A. Grundsätze.

1. Dem Entstehen zuvorkommen. 2. Möglichst bald und billig repariren.

B. Beschaffenheit der verschiedenen Erdarten.

1. Absorption des Wassers. 2. Volumen-Veränderung. 3. Cohäsion. 4. Reibung. 5. Durchlässigkeit. 6. Gewachsener Boden. 7. Lockern oder Sichmehren des Bodens. 8. Atmosphärische Einflüsse. 9. Stampfen des Bodens. 10. Porosität. 11. Thon und Sand als Gegensätze. 12. Gemischte Bodenarten. 13. Cohäsion wegen Thongehalts, Vermehrung derselben durch Stampfen. 14. Risse durch Austrocknen. 15. Viel Wasser verringert Cohäsion und Reibung. 16. Reibung verschieden gross. 17. Reibung durch Stampfen vermehrt. 18. Durchlässigkeit und Capillarität. 19. Veränderung des Volumens und der Consistenz durch chemische Vorgänge. 20. Quellen des Bodens und Schwinden. 21. Erdarten aus Sand und Thon gemischt. 22. Erschütterung kann Cohäsion und Reibung vermindern pag. 9—11

C. Voruntersuchungen bei Einschnitten bezüglich der wasserführenden Schichten und des Wasserausflusses überhaupt, pag. 11

D. Grundsätze bei der Consolidirung oder Sicherung der Böschungen pag. 11—12

E. Unterhaltungs-Arbeiten an den Böschungen pag. 12

VIII. Weitere Ausführung einiger Stellen des Textes. pag. 12—15

IX. Erläuterungen zu den Tafeln, welche auf diesen selbst keinen Platz hatten. pag. 15—19

Inhalt der Zeichnungsblätter.

- Uebersichtliche Darstellung des Stoffes, Index Blatt 1 u. 2.
I. Construction der Böschungen, wenn von Höhe, Neigungswinkel, Cohäsion und Reibung drei Stücke bekannt sind. Blatt 2a Fig. 1—16.
II. Allgemeines Blatt 2a—4 Fig. 17—51.
III. Verschiedene Ursachen der Deformationen, Blatt 5 u. 6 Fig. 52—82.
IV. Methode von Ledru unter Anwendung von Drains, Blatt 6 Fig. 83—86.
V. Methode von Lalanne, mit Drains Blatt 6 u. 7 Fig. 87—93.
VI. Methode mit Anwendung von Faschinen etc. Blatt 7 Fig. 94—102.
VII. Allgemeines, betreffend Erd- und Stein-Bekleidungen, Blatt 8 Fig. 103—116.
VIII. Methode mit Sporen von Kies, oder von Trockenmauerwerk Blatt 9 Fig. 117—129.
IX. Methode mit Steinsporen . . . Blatt 10 Fig. 130—135.
X. Oberflächen-Drainage nach de Sazilly und Beispiele der Anwendung dieser Methode, Blatt 11 u. 12 Fig. 136—161.
XI. Methode der Oberflächen-Drainage und der Stützung mit Contreforts von Bruère, Blatt 13 u. 14 Fig. 162—183.
XII. Dämme von Thon und Dämme auf schlechtem Untergrunde Blatt 14 u. 15 Fig. 184—195.
XIII. Abtrocknung des Terrains . . Blatt 15 Fig. 195—204.
XIV. Methode der Herstellung von Contreforts durch Abtrocknen eines Theils oberhalb der Böschung, von Daigremont, Blatt 16 Fig. 205—214.
XV. Steinsätze am Fuss der Böschungen. Uebergang zu Futtermauern Blatt 16 u. 17 Fig. 215—220.
XVI. Futtermauern zum Stützen von Böschungen, Blatt 17 Fig. 221—229.
XVII. Entwässerung des Planums . . Blatt 17 Fig. 232—238.
XVIII. Abtrocknung wasserführender Schichten durch Schacht- und Stollenbauten . . . Blatt 18 u. 19 Fig. 239—260.
Dammrutsch bei Ronheide Blatt 20.

X. Erläuterungen zu I Blatt 2a.

- § 1. Stabilität einer Böschung.
§ 2. Cohäsionsparabel.
§ 3. Zahlenbeispiel zur Cohäsionsparabel.
§ 4. Herstellung von Böschungen, die eine verlangte Sicherheit bieten.
§ 5. Construction der Werthe h , α , $f = \tan \varphi$ und c , wenn drei dieser Werthe gegeben.
§ 6. Numerische Werthe für den specifischen Reibungscoefficienten f und den Cohäsionscoefficienten c . pag. 19—25.

Bemerkung 1. Die im Texte in Klammern gedruckten römischen Zahlen mit arabischen dahinter, geben Hinweise auf die im Buchhandel erschienenen Vorträge des Verfassers. Die römische Zahl bedeutet die Nummer des Heftes, die grössere arabische die der Tafel, die kleinere die der Figur; und zwar bedeuten:

- I. 20 Tafeln Disposition von Brücken und practische Details. 1874/75.
II. 7 Tafeln Stützmauern und Steinbekleidungen nebst Text. 1875.
III. 30 Tafeln Traciren von Eisenbahnen nebst Literatur 1875.
IV. Vorarbeiten zu Eisenbahnen mit 5 Tafeln nebst Literatur. 1876.
V. 37 Tafeln Erdarbeiten bei Eisenbahnen nebst Literatur. 1876.
VI. Kurze Anleitung zum Projectiren von Eisenbahnen mit 3 Tafeln. 1878.
VII. Baustatistik einer ausgeführten Eisenbahn mit 16 Tafeln. 1880.

Bemerkung 2. Die in Cursiv in Klammern gedruckten arabischen Zahlen bedeuten die zur Erläuterung einzelner Stellen des Textes passenden Figuren der Vorlage: Sicherung und Reparatur der Böschungen.

Druckfehler.

- Tafel Index 2. Statt Theoretisches und Allgemeines „Taf. A—5“ lies; „Tafel 2a—6“ und statt „Prisma vom kleinsten Drucke“ lies: „Prisma vom kleinsten Widerstande gegen Abrutschen“.
Tafel 13 (mitten) statt „zu Fig. 132“ lies „zu Fig. 162“.

Rutschungen und Beschädigungen der Böschungen bei Erdbauten.

I. Bildung der Einschnitte.

(Mit Benutzung von Henz - Streckert: Praktische Anleitung zum Erdbau.)

A. Allgemeines.

Vor Beginn der Abtrags-Arbeiten ist es immer nützlich das auf der Oberfläche fließende Wasser (Himmelwasser) abzuleiten, namentlich bei Einschnitten in löslichem Boden (z. B. Lehm). Dies geschieht, indem man am oberen Rande des Einschnittes (jedenfalls an der Bergseite), nicht zu nahe, einen Entwässerungsgraben mit genügendem Profil und Gefälle und gehörig gedichtet, anlegt. (V. 27. 4; 19. 10) auch 184.

1) Fließt Wasser concentrirt über einen Einschnitt, so wird es mittelst eines Aqueductes darüber geführt. Bei mangelnder Höhe kann man auch mit eisernen Röhren unter der Sohle des Einschnittes und an den Böschungen hinab und hinauf gehen.

2) Die schnelle Abführung des Wassers aus Einschnitten in Lehm, sowohl bei der Aushebung, (um trockenes Material für Dämme zu gewinnen), als auch nach der definitiven Herstellung ist wichtig. Man macht daher solche Einschnitte nicht gern horizontal, sondern, wenn es angeht, mit Gefälle, dem der Graben folgt, oder auch mit Brechpunkt (Rücken, Wasserscheide) etwa in der halben Länge des Einschnittes (V. 8. 2—5).

Bei horizontaler Gradienten des Einschnittes würde der mit Gefälle zu versehenen Graben, (wenn nicht etwa mit Mauern eingefasst V. 23. 2, 26) oben verschieden breit werden, was unbequem ist und schlecht aussieht.

3) Ist der Boden, in welchem der Einschnitt angelegt wird, undurchlässig, so ändert sich in den Verhältnissen der höher stehenden Wasser Nichts.

Ist er durchlässig, so kann die dadurch bewirkte Abtrocknung der Ländereien von Nutzen sein. Dann muss man dem Einschnitt durch Gräben mit genügendem Gefälle gehörige Wasserabführung geben, und nach den weiterhin angegebenen Regeln die Böschung des Einschnittes mit denjenigen Anlagen resp. Einrichtungen versehen, welche einen gesicherten Abfluss der auf der Fläche der Böschung zu Tage wollenden Gewässer, denen durch das Oeffnen des Einschnittes der Abfluss von der Bergseite her ermöglicht wurde, herbeiführen.

4) Ist der Boden durchlässig und dienen die oben fließenden Wasser zum Betriebe für die Industrie oder zur Bewässerung, so ist deren Filtration in den Einschnitt in aller Weise zu verhindern. Durch Dichtung der Wasserläufe mit Thon etc. (dieselben Methoden wie bei Canälen).

In durchlässigem Boden angelegte Einschnitte und Tunnel haben oft zu erheblichen Entschädigungsklagen wegen Wasserentziehung geführt. Eben so tiefe Schächte bei Bergwerken. Bei Bleiberg (nahe bei Aachen) hat man den Geulbach auf lange Strecken gedichtet um das Ersäufen der Gruben zu hindern.

B. Einschnitte in verschiedenen Bodenarten.

(Böschungen in verschiedenen Bodenarten (V. 18. 10. 11; 23. 3.)

1. Unter Wasser.

Meistens bei Canal-Anlagen oder zur Beschaffung von Kies.

Ausbaggerung oder Trockenlegung. Letztere durch Ableitung in einen tiefer gelegenen Recipienten, oder durch zeitweiliges Ausschöpfen.

2. In Sumpf, Moor und Torf.

Wenn diese Bodenarten breiartig sind, würde man wie bei Einschnitten unter Wasser verfahren.

Bei schon vollendeter Torfbildung an höher gelegenen oder künstlich entwässerten Stellen, kann sich die Form der Einschnitte verändern dadurch, dass die Sohle, (namentlich wenn der Torf nicht ganz durchschnitten wurde), durch den Druck der umliegenden höheren Bodenschichten aufsteigt.

Beschwerung des Bodens mit anderem Material hat geholfen. Die Oberfläche der Böschung muss man gegen Zünden durch Funken der Locomotive sorgfältig mit anderem Material bekleiden, weil der abgetrocknete Torf leicht in Brand geräth.

3. In Sand und Kies.

Mit Ausnahme von Flug- oder Dünensand in der Ausführung bequem. Mit $1\frac{1}{2}$ maliger Böschung gewöhnlich. Entwässerung ist leicht und sie leiden daher nicht vom Frost. Bekleidung mit fruchtbarem Boden resp. Berasung, gegen Einflüsse des Windes und Regens ist erforderlich, namentlich bei feinem Sande.

4. In Lehmboden.

An sich in geschlossenem Zustande wasserdicht und quellenfrei. Wenn Wasser aus demselben dringt ist er meistens mit Sandadern durchzogen. Quellen lösen ihn auf und führen das flüssig gewordene Material hinweg.

Daher ist die Abhaltung und schnelle Abführung sowohl des Quell- als auch des Regenwassers der nächsten Umgebung, durch Gräben an der Oberkante (Bergseite) des Einschnitts erforderlich. Ferner des Wassers, welches aus den Böschungen sickert durch Drainanlagen (Ledru 83—86, Lalanne 87—92) durch andere Art der Abtrocknung (de Sazilly 137—141, Bruère 162). Das so gesammelte Wasser muss rasch durch Gräben mit gehörigem Gefälle abgeführt werden, damit der Fuss der Böschung nicht aufweiche. Doch müssen die Gräben an der Oberkante der Böschung zuverlässig dicht sein und nicht zu nahe derselben liegen, da sie sonst mehr schaden als nützen können (V. 27, 1—5).

Freihalten des Grabens von Eis, damit Abflüsse des Quellwassers in den Graben nicht verstopft werden, ist nöthig; zuweilen, wenn der Fuss nicht trocken gehalten werden kann, macht man Revêtements der Böschungen 216—219 durch Trocken-Mauern oder durchlöchernte Mörtelmauern 221—231, tief eingesenkte Contremauern aus Trockenmauerwerk und sehr flache Böschungen (bis 4malige Anlage) 226—230, umgekehrte Gewölbe zwischen den Futtermauern 129 (V. 23. 7). Vorbeugende sorgfältige Drainirung zur Beseitigung des inneren Wassers und genügende Abtrocknung wie gehörige Bekleidung der Böschung.

5. In Thon und Mergel.

Thon wird von Wasser nicht leicht durchdrungen; wenn durchlässiger Boden darüber sich befindet, fließt das Wasser auf der Oberfläche des Thons ab und die Oberfläche wird dann schlüpfrig, daher Abrutschungen nicht selten sind. Dies Wasser muss deshalb vom Einschnitt abgehalten werden. Letten ist ein Mittelglied zwischen Thon und Lehm, daher wie letzterer zu behandeln.

Mergel in Lagen ist sehr dicht und im Lager nicht durch Wasser löslich, dagegen zerfällt er an der Luft und wenn er die Feuchtigkeit verloren hat in Staub. Er giebt, mit Wasser gesättigt, schwer austrocknenden Schlamm. Den Einwirkungen der Atmosphäre durch dichte Ueberdeckung mit fruchtbarem Boden entzogen, hält er sich gut.

Steile Einschnittswände in Mergelarten, die mit Pulver gesprengt werden mussten, zerfielen mit der Zeit so, dass später störende Arbeiten nöthig wurden.

6. In Gerölle und mit Steinen gemischtem Boden.

Gerölle: hauptsächlich Steintrümmer, welche ihren Platz schon ein Mal gewechselt haben und deren Zwischenräume ganz oder theilweise mit Lehm oder Thon, seltener mit Sand ausgefüllt sind. Die Lagen sind selten stark und führen in der Regel Wasser ab, wenn sie über undurchlässigen Stein- und Thonschichten liegen.

Die Böschungen stehen hier in der Regel gut, da Steine den Hauptbestandtheil derselben bilden und ein etwaiges Auswaschen des löslichen Bindemittels nur eine geringe Veränderung in der Form und Masse hervorbringen vermag.

7) In losem Gestein.

Theils unreife, theils verwitterte oder in dünne Platten und kleine Würfel zerklüftete Steinlagen, welche meistens der Kreideformation angehören. Die Standfähigkeit ist sehr verschieden, nach Massgabe der Festigkeit der Bodenart, ihres Zusammenhanges und der Schichtung in Bezug auf die Einschnittswände.

Stark geneigte, durch Mergel gebundene oder vertikal zerklüftete Schichten, halten sich schlecht und der Frost wirkt auf sie ein. Namentlich sind durch den Einschnitt geöffnete Mulden zum Nachstürzen geneigt, sobald mergeliges Bindemittel zwischen den Lagen abtrocknet und seine Cohäsion verliert. Man wird daher in zweifelhaftem Boden von vorne herein genügend flache Böschung zu geben haben. Bei nahe horizontaler Lagerung der klüftigen Steine und festen Kreidekalk-Schichten stehen sie noch mit $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ Dossirung; die Absätze

der vom Einschnitte abfallenden Schichten muss man mit Rasen so abdecken, dass das Regenwasser nicht in die Fugen des Gesteins dringt.

Die zum Einschnitt einfallenden Schichten halten sich weniger gut, wesshalb die Böschung an dieser Seite flacher zu machen ist (V. 23. 3).

In gelagertem Steinmaterial sind die gewöhnlichen geneigten (flachern) Böschungen schwer auszuführen, kostbar und bieten dem Wasser grosse Flächen zum Eindringen. Am besten hält sich jedes an sich feste, aber gegen Witterungseinflüsse empfindliche Gestein mit möglichst steiler Böschung (senkrecht bis $\frac{1}{4}$) (V. 24, 6). Bei der Arbeit entstandene Ausrutschungen und Mulden füllt man mit ordinärem Mauerwerk aus. Lagerhaftes loses Gestein hat man früher auch noch in Vertikalabsätzen mit horizontalen Bermen und gut gedichteten Gräben auf den letzteren angelegt. Henz-Streckert Taf. II Fig. 26.

Feste Felsrippen (die besonders im Liasthon vorkommen) lässt man aus der sonst regelmässigen Böschung hervorstehen, weil dadurch kein Uebelstand herbeigeführt wird.

8. In festem Gestein.

Bei nur wenigen, wagerechten Durchsetzungen ohne dazwischen liegende Schichten weicher Bodenarten, können die Einschnittswände ganz steil und ohne alle Absätze angelegt werden. Die oberen losen Schichten sind durch flachere Böschungen zu sichern (V. 24. 6).

Im Eruptivgestein und selbst in der Grauwacke sind wenig Spalten und die Masse ist so fest, dass das Wasser nicht eindringen und Frost einen schädlichen Einfluss auf die Wände nicht üben kann.

Grauwacke, Sandstein und ältere Kalkformationen haben zwar mehr Absonderungsflächen, können aber, wenn die Lagerflächen trocken und nicht zu sehr geneigt sind, mit steilen Wänden und ohne Absätze gemacht werden, was vortheilhaft, weil Regen nicht eindringt und wenig Einschnittsmasse zu fördern ist. Bei stark geneigten Schichten wird ähnlich wie bei weichem Gestein verfahren.

Im Granit, selten im Sandstein, häufig im Kalkstein, finden sich oft grössere Klüfte, welche ausgemauert werden, um das Niederbrechen zu verhindern.

Wenn zwischen mächtigen Schichten weiche Schichten von zerdrück- und auflösbarem Material liegen, müssen letztere ausgemauert werden, nachdem sie zuvor ausgebrochen wurden, aber nicht auf der ganzen Länge gleichzeitig, sondern in Abständen von 3—4 m werden einzelne Pfeiler aufgemauert, dann wird die weiche Schicht herausgenommen und durch Mauerwerk ersetzt. Unten

bleiben Schlitzte oder Löcher, um das Filtrationswasser abzulassen (II. Taf. K. 14).

II. Bildung der Aufträge.

A. Allgemeines.

Princip. Bei allen Erdbauten muss man für schnelle und ungehinderte Ableitung des Himmelwassers und des im Boden enthaltenen Wassers, also für trockene Dämme und Einschnitte sorgen und für Schutz der Oberflächen (Böschungen) gegen Einflüsse des Himmelwassers und der Witterung (Frost, Regen etc.)

Es kommen in Frage: die Gestalt des Untergrundes, seine Beschaffenheit, die Beschaffenheit des Schüttungs-Materials, und die Art der Schüttung.

Lagenschüttung. (V. 8. 6. 7; 11. 3. 9; 17. 2. 9). Wo die Höhendifferenz zwischen Auftrag und Abtrag so gering, dass das Gefälle mit Transportgeräthen noch bequem überwunden werden kann. Oder beim Gewinnen aus Seitenentnahmen. Diese Dämme werden am festesten, wenn die Transportgeräte und Motoren (Menschen, Pferde) viel darauf verkehren während der Schüttung.

Kopfschüttung. (V. 17. 1). Wo wegen grosser Höhendifferenz, so dass nicht bequem aus den oberen Schichten des Einschnittes zu den unteren des Dammes zu gelangen, das gesammte Schüttungsmaterial direct von der Spitze des Dammes vorgeschüttet werden muss. Bei Material, welches beim Schütten hohle Räume lässt am wenigsten zulässig.

Bemerkungen. 1) Undurchlässiges Material (Thon, Lehm) muss man niemals in nassem oder gefrorenem Zustande in den Auftrag bringen 42—44. Letzteres thaut oft erst nach langer Zeit auf und verursacht Sackungen und störende Nacharbeiten, um Höhe und Form wieder herzustellen.

2) Bei Beschüttung von Bauwerken muss man die Vorsicht beobachten, nicht Kopfschüttung dagegen zu treiben, durch welche man ein Bauwerk, z. B. eine Brücke, umwerfen kann 72. Bei nachgiebigem Boden muss man gleichmässig erst von beiden Seiten anschütten und dann das Bauwerk sorgfältig in Lagen überschütten, welche man stampft. Erst nachdem die gestampften Lagen in einer gewissen Höhe das Bauwerk überdecken, kann man die Kopfschüttung weiter darüber fortsetzen. (V. 17. 5). Am besten ist es bei hohen Schüttungen mit dem Fusse des Dammes von beiden Seiten 20—30 Meter von dem Bauwerk abzubleiben, und wenn man den Damm von der einen Seite aus vortreiben muss, die Lücke provisorisch (mit Holz) zu überbrücken. (V. 17. 5).

3) Bei Schüttung von Aufträgen auf geneigtem Boden muss man die Reibung durch Anlegung von Verzahnungen oder Terrassen vermehren (V. 18. 1. 3. 5; 19. 4. 7. 8; 30. 7), welche nicht bloss in den Humus- oder aufliegenden Boden, der selbst wieder auf der schiefen Ebene liegt, sondern in den wirklich festen Boden eingeschnitten sein müssen und deren Breite grösser als die Höhe ist (V. 18. 1. 3). Namentlich bei Uebersetzung von Querthälern (V. 17. 6. 7), welche stark abfallen und sich nach unten trichterförmig erweitern und meistens mit weichem Boden angefüllt sind.

4) Gründliche Entwässerung der Oberfläche des geneigten Untergrundes für Dammschüttungen ist vorzunehmen (durch Drains, Sickeranäle etc. 40) und Ableitung von Quellen, die, weil in der trocknen Jahreszeit versiegend, oft schwer aufzufinden sind. Am sichersten ist es in kleinen Querthälern die aufgeschwemmte Bodenschicht bis auf den Grund aufzuräumen, weil in diesen tiefsten Einrissen die meisten Quellen zu münden pflegen (V. 17. 6. 7).

5) Bei Ausführung von Dämmen an geneigten Hängen erfordert die Schüttung selbst grosse Vorsicht. Kopfschüttung ist hier nicht zulässig, auch nicht Verbreiterung durch seitliche Schüttung von oben her (V. 17. 8; 11. 11) auch 69, 70. Schüttung in dünnen Lagen, die gestampft und mit den Terrassen abgeglichen werden, ist am sichersten; am tiefsten Punkte der Schüttung wird damit angefangen. Sand, Kies und Steinmaterial werden nicht gestampft.

6) Durch Anlage von genügend schweren Banketts oder Contreforts kann man Dämme auf geneigtem Terrain stützen (V. 18. 3) auch 46, 175. Grösse des Contreforts = $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Masse des Dammes. Die Sohle des Contreforts muss man so tief einschneiden dass sie 1—2 Meter im festen unverschiebbaren Boden liegt; wenn der Boden nass oder quellig ist, muss man noch durch Sickeranäle die Sohle des Banketts vollständig entwässern 186, 187. Das schwerste und durchlässigste Material, und zwar gut gestampft, ist dazu das beste. Die Oberfläche des Contreforts ist so abzugleichen, dass das von der Dammböschung herabfliessende und vom direct auffallenden Regen herrührende Wasser abfliessen könne (V. 18. 3). Gegen Eindringen dieses Wassers kann man die Oberfläche der Contreforts mit Rasen oder mit Pflasterung versehen.

7) Bei seitwärts geneigten Beschüttungsflächen sind Ausgrabungen (Materialgruben) am tiefer liegenden Fusse nicht anzulegen, weil die Abrutschung befördert wird (V. 18. 5). Oben angelegte Ausgrabungen heben die Cohäsion des Bodens, der durchschnitten wird, auf, und gestatten auch dem Wasser, sich zu sammeln. Sie

sind deshalb auch zu vermeiden. Aus ähnlichen Gründen muss man auf Wiesenboden mit Untergrund von Lehm oder Letten, mit der Ausgrabung genügend weit vom Fuss der Dammböschung entfernt bleiben (V. 25. 1), und zwar um so weiter davon entfernt, je höher der Damm und je weicher und verdrückbarer der Untergrund ist. Aehnliches gilt sinngemäss bei Ablagerungen, durch welche die Ränder der Einschnitte belastet werden (V. 25. 2).

8) Anschüttungen in Inundations- und Flussgebieten sind möglichst so auszuführen, dass sie thalabwärts fortschreiten.

9) Für etwaiges Setzen der Dammschüttungen muss man Ueberhöhung geben, welche bei geneigtem Untergrunde an beiden Kanten der Krone verschieden zu nehmen ist (V. 18. 12). Kann man z. B. wegen Anstossen des Dammes an Bauwerke (Brücken, Tunnel etc.) aber keine Ueberhöhung geben, so muss man ihn so verbreitern, dass er, nach der Sackung wieder aufgehöhht, die richtige Kronenbreite erhalten kann. Einige überhöhen nicht blos, sondern nehmen zu der Ueberhöhung noch eine Verbreiterung des Planums, die an jeder Kante der Böschung etwa noch $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ der Ueberhöhung beträgt, weil der Damm auch seitlich zusammenschrumpft.

B. Untergrund und Material bei Anschüttungen.

1. Anschüttungen durch Wasser.

Es ist nur Material zu verwenden, welches sich nicht auflöst und genügendes specifisches Gewicht besitzt. Bei stehendem Wasser genügt dies; gegen Wellenschlag und Ueberfliessen von Wasser nützt sehr flache strandartige Böschung (V. 29. 6; 20. 10. 11. 12; 36. Oldenburg. Bahnen), steilere Böschungen sind zu befestigen; flache 2—4fache Anlage mit Rasen; steilere mit Steinpackungen (V. 29. 5. 6. 7. 8; 30. 1—5. 8—10; 32. 5. 12) oder Faschinen (V. 30. 11—14) oder besser so herzustellen, dass, wenn auch die Befestigung der Oberfläche beschädigt wird, die Böschung noch selbstständig hält.

Strauchpflanzungen (Weiden etc.) sind niedrig zu halten, sie werden dann bei Eisgang am wenigsten nachtheilig. Bei fliessendem Wasser ist es am besten, eine Bekleidung mit Steinen zu wählen, welche auch beim Eisgange am wirksamsten Widerstand leistet; hierbei ist eine möglichst ebene und feste Oberfläche zu erzielen. Wo Auskolkungen vorkommen können, muss der Fuss nachsinken können (Steinschüttung oder Faschinen etc. (V. 29. 5. 7. 8; 30. 2. 3. 4. 5. 7. 13). In dem Fuss von Steinsätzen oder dem unteren Contrefort,

nimmt man (wenigstens aussen) Steine, welche $1\frac{1}{2}$ bis zwei Mal grösser sind als das Geschiebe, welches der Bach führt.

2. Anschüttungen durch Sumpf, Moor und Torf.

Moor und Torf kommen in sehr abweichender Consistenz vor. In der Tiefe findet sich unter ihnen meistens fester Untergrund (Sand). Verschiedene Methoden: Benutzung der zusammenhängenden Oberfläche als Rost, dabei die Mooroberfläche an beiden Seiten der Schüttung, zuweilen auch in der Mitte noch, durchstochen, dann findet sogleich Setzen statt, das Wasser kann entweichen und es ist nicht Gefahr plötzlichen Einsinkens des Dammes vorhanden (Vergl. weiter V. Taf. 20, Taf. 21, Taf. 22). Wenn möglich, sucht man Entwässerung zu erreichen.

Möglichst gleichmässige Aufbringung des Dammes ist anzustreben (in Lagen) damit nicht Querrisse entstehen, in welchen das Moor aufquillt. Eben so muss man nicht an beiden Seiten die Böschungen zuerst hoch aufführen und dann den Kern, weil das Moor zwischen den Böschungen aufsteigen kann, während diese sinken.

Auch kann man niedrige Dämme (1,5 bis 2 Meter) von (event. vorher in besonderer Ablagerung genügend ausgetrocknetem) Moorboden selbst, schütten (V. 20. 1), (vergl. Henz-Streckert 3. Aufl. 1873, pag. 152, Vorpommersche Bahn; auch v. Kaven der Wegebau 2. Aufl. 1870, pag. 216. u 569, etc. Strassen im Moore. Auch V. 20.

Den Raum zwischen Dammfuss und Graben kann man noch mit Weidenstecklingen bepflanzen, deren Wurzeln das Terrain zusammenhalten. Solche Dämme für Landstrassen sind bei Meyenburg in der Provinz Hannover auf einer 5 Fuss dicken Moordecke, unter der sich ein 30–80 Fuss tiefes Schlammmoor befindet, auf welchem die Decke schwimmt, geschüttet worden, in etwa 5 Fuss Höhe.

3) Anschüttungen auf und von Lehm.

Lehmboden ist an sich tragfähig; wenn die zu beschüttende Fläche nicht mehr als etwa $\frac{1}{10}$ geneigt ist, so genügt, um Gleiten des Dammes nicht besorgen zu lassen, Beseitigen der Humus- und Rasenschicht und damit der wasserführenden Schicht. Als Dammmaterial in Berührung mit Wasser ist Lehm wenig geeignet, höchstens für kleinere Arbeiten zulässig; bei grossen Arbeiten und wo die Schüttung den Angriffen des Wassers ausgesetzt ist, darf man ihn nur, wenn nicht besserer Boden zu haben, anwenden. In solchen Fällen ist von vorne herein eine gründliche Entwässerung und Befestigung der Oberfläche und der Böschungen des Auftrags anzustreben. Gut ist es, die

Böschungen mit humosem, die Bewachsung fördernden Boden so stark zu bedecken, dass der Frost nicht in den Lehm eindringen kann und wenn in der Nähe Sand zu haben ist, den oberen Theil des Dammes davon zu machen um ein trockenes Planum zu haben. Kommen gefrorene Stücke vor so sind sie zu zerkleinern und nicht in dem Kern des Dammes, sondern in den Böschungen abzulagern, wo sie eher aufthauen und am wenigsten ein Setzen des Dammes verursachen.

4. Anschüttungen auf und von Thon.

Thon ist tragfähig und weil undurchlässig löst er sich im Wasser nicht auf. Dagegen sammelt sich von über ihm liegenden durchlässigen Schichten Wasser auf ihm und die Oberfläche wird schlüpfrig, wesshalb bei geneigtem Terrain die entsprechenden Sicherheitsmassregeln (Verzahnung, Entwässerung etc.) zu treffen sind. Auf den durchschnittenen Thonschichten findet sich meistens der Sitz der Quellen und von ihnen tritt Wasser zu Tage (wasserführende Schicht). Im Frühjahr sind die Quellen meistens thätiger und daher eher zu finden, als im Herbst, wo sie zum Theil versiegen.

Zu Anschüttungen ist er noch weniger brauchbar als Lehm, weil feste scharfkantige Stücke viel Zwischenräume lassen, daher dann starkes Setzen Jahre lang stattfindet. Durch Zwischenschütten von feinerem und leichterem Material oder Auffahren desselben auf die einzelnen Thonlagen und Stampfen derselben, kann man Aufträge von grosser Festigkeit, die sich wenig mehr setzen, herstellen. Doch ist ein solches Verfahren in der Ausführung manchmal schwierig zu ermöglichen, wenn man nicht verschiedene Gewinnungsstellen vortheilhaft haben kann (V. 17. 10).

5. Anschüttungen auf und von Sand und Kies.

Das günstigste Material, sowohl zum Tragen als Herstellen von Anschüttungen.

Sand gewährt bei zureichender Tiefe oder auf festem Untergrund eine sichere Basis. Quellsand kommt vor, wo wenig mächtige Sandschichten auf undurchlässigem Boden liegen und von Quellen durchzogen, auch zuweilen mit gelöstem weicherem Material, Thon, Letten, Mergel etc. vermischt sind. Aufträge von löslichem Material können auf solcher Unterlage zerfliessen. Quellsandschichten von geringer Mächtigkeit nimmt man am besten vor Beginn der Schüttung weg, fasst die Quellen und führt sie in bedeckten Canälen ab. Wenn der Quellsand nicht zu beseitigen oder der Damm nicht zu verlegen ist, so ist die Sohle des letzteren durchlässig, durch Steinschüttung (V. 18. 9) oder Drainage herzustellen 40, so dass Sand und Wasser entweichen können, ohne den

Fuss der Schüttung anzugreifen. Mit Thon und Mergel gemischter Quell- und Grünsand eignet sich nicht zur Bildung von Anschüttungen, weil er Wasser lange festhält und oft schon unter mässigem Drucke und namentlich bei Erschütterungen flüssig wird und ausläuft (Ronheide Bl. 20!), sogar längere Zeit nach der Verwendung.

Zu Herstellung von Aufträgen ist Sand sehr geeignet, weil unauföslich, schwer und daher dicht lagernd, durchlässig, leicht zu gewinnen, bequem zu transportiren, keine leeren Räume lassend, daher sich wenig setzend.

Je gröber und schärfer der Sand ist, desto besser ist er zu Anschüttungen. Feiner Sand verweht, wird auch durch Regen weggespült, daher muss man die Oberfläche bald befestigen, durch Begrünung oder auch durch Decken mit Lehm in möglichst flüssigem Zustande.

6. Anschüttungen von Gerölle.

Gerölle ist geeignet, besonders wenn die Steintrümmer mit thonhaltiger Erde gemischt sind, welche ein als Mörtel wirkendes Bindematerial bildet, was möglichst gleichmässig zu vertheilen ist.

Die Böschungen halten sich ziemlich steil, wenn aber die Steintrümmer jüngeren Formationen angehören, welche durch Wasser und Frost aufgelöst werden, so muss man sie nach Regulirung bald mit humosem Boden bedecken und begrünen (V. 32. 4; 17. 12), auch um das Auswaschen des Bindematerials durch Regenwasser zu verhindern.

7. Anschüttungen aus losem und weichem Gestein.

Hier fehlt das Bindemittel des Gerölles; schieferiges Material schüttet sich sehr sperrig und bildet hohle Räume, welche sich erst füllen, wenn die weicheren Steinarten (Thon, Schiefer, Kreidekalk, Mergel etc.) allmählich zerfallen. Daher starkes Setzen; wesshalb entsprechend höher, selbst wenn man später etwas Material sollte wegräumen müssen (V. 18. 12), anzulegen. Mischung der gröberen Steine mit den kleineren oder Zwischenbringen von feinerem Material verbessert diese Schüttungen.

Bei losem Gestein muss man bald die Oberfläche schützen (V. 32. 4). Einzelne Steinarten, besonders Thonschiefer, bilden beim Zerfallen eine fruchtbare Erdschicht, welche besäet und benarbt guten Schutz gewährt.

8. Anschüttungen aus festen Steinen.

Reines Felsmaterial setzt sich wenig und davon hergestellte Dämme können $\frac{5}{4}$ malige Böschung erhalten, wenn sie ohne besonders sorgfältige Schichtungen aufgeführt werden. Um eine saubere Dammkrone zu

erhalten, wird der Damm auf einen Meter Höhe unter der Sohle der Kiesbettung gehörig gepackt oder pflasterartig aufgesetzt (V. 18. 4. 9; 17. 11). Unter der Sohle dieses Pflasters springt die unregelmässige Böschung 0,3 m vor. Die Fugen füllt man mit Erde an um das Anwachsen von Gräsern zu befördern (vgl. auch V. 17. 12). Einmalig (45°) geböschte Dämme erhalten einen stützenden, von reinem Steinmaterial hergestellten, mit der Hand geschlichteten Theil (Steinsatz), welcher nicht direct in den Damm geschüttet, sondern zur Seite abgelagert, mit Handkarren angebracht und aufgeschichtet (gepackt), während der Ausführung wenigstens 1 Meter höher als die Nachschüttung von Stein oder Erdmaterial gehalten wird. Niedrige Steinsätze können horizontal geschlichtet werden, höhere nach einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt der Schnitt der Böschungslinie mit dem Planum bildet (V. 31. 2). Aussen sind die grösseren Steine zu verwenden, die Fugen gut ausgezwickt. Wegen des Setzens ist die nöthige Verbreiterung zu geben (V. 31. 3). Die Fundamente der einfüssigen Steindämme sind durch Sickerschlitze zu entwässern.

Steinsätze, welche man aussen mit einer Art Pflaster (wobei die Oberfläche der Ersparniss halber zuweilen concav gehalten ist) bekleidet, müssen sich vor Anbringung des Pflasters möglichst gesetzt haben, sonst trennt sich dieses durch Ausbauchen oder Sprengen.*

9. Anschüttungen hinter Kunstbauten.

Unmittelbar hinter den Widerlagern bis auf angemessene Entfernung von denselben, muss man vorzugsweise steiniges, sandiges, überhaupt unnachgiebiges, durchlässiges Material verwenden, welches zu dem Zwecke aufzubewahren ist. Wo dies Material nicht zu haben, sind solche Anschüttungen zu stampfen. Bei gewölbten Kunstbauten muss man gleichmässig von beiden Seiten fortschreiten und den Gewölbescheitel erst beschütten, wenn die Anschüttung hinter beiden Widerlagern bis etwa auf die Hälfte der Gewölbhöhe vorgedrückt ist. Einseitig vorgehende Kopfschüttung kann gewölbte Brücken umwerfen oder (nebst Pfahlrost in weichem Boden) schief stellen. Bei weichem Boden führt man zuweilen die Schüttung erst durch, damit sich der Untergrund setze und beseitigt sie nachher wieder an der Stelle wo man das Fundament (Pfahlrost etc.) anlegen will. (Vgl. Beispiele Henz-Streckert p. 136 etc. und V. Taf. 22, Fig. 4 Schüttung von Dämmen auf schlammigem Untergrund von Croizette-Desnoyers.)

* Für Ausführliches betreffs der praktischen Herstellung vgl. Vorträge über Eisenbahnbau am Polytechnikum zu Aachen II. 7 Tafeln Stützmauern und Steinbekleidungen nebst Text 1875, von v. Kaven. Aachen. J. A. Mayer.

III. Sicherung und Reparatur der Erdbauten.

1. Sicherung der Böschungen (Consolidation) indem man schädliche Ursachen, welche ihre Dauerhaftigkeit beeinträchtigen können beseitigt (assainissement). Diese Arbeiten kann man „vorbeugende“ (travaux préventifs, Bruère) nennen.

Reparaturen oder Wiederherstellung der Böschungen (travaux répressifs, Bruère), entweder unter Wiederherstellung der beschädigten Böschung, oder unter Veränderung der Form (Neigung) derselben.

2. Die Beschädigungen, welche bei Erdbauten vorkommen, können bestehen in

a. Bewegungen im Ganzen.

a. In Terrainbewegungen, wo das natürliche Terrain, in welchem Einschnitte angelegt werden, auf grösseren Strecken in Bewegung kommt (mehr oder weniger rasch nach abwärts ruscht 23—29, in die Höhe steigt 30—32, oder auch sich senkt 36, 191.

b. Abrutschungen bei Einschnitten auf einer vorhandenen natürlichen, mehr oder weniger geneigten Gleitfläche, welche meistens durch Vorkommen von Wasser auf einer nicht durchlässigen Schicht gebildet wird 75—82. Dabei löst in der Regel das Wasser die Oberfläche der undurchlässigen Schicht (meistens Thon oder verwandte Bodenarten) auf und macht die Gleitfläche schlüpfrig.

c. Abgleiten von Dämmen auf ihrer geneigten Unterlage, wobei letztere selbst mit die Bewegung nach abwärts annehmen kann 36, 65, 66.

d. Bersten oder Ausfliessen von Dämmen und Ausfliessen von Einschnitten in Folge zu geringer Consistenz (nicht genügender Cohäsion und Reibung) des geschütteten (bei Dämmen), oder des natürlichen Bodens. 42—44, 190, 257.

β. Bewegung von Theilen, namentlich der Böschungen.

e. Ausrutschungen wenn sich die Böschungen in grösserem Umfange und bei Bewegung grösserer Massen deformiren, nachdem (durch Einwirkung der Schwere) entstandene geringe Verschiebungen, der Bildung von Gleitflächen, Vorschub geleistet haben. In die Risse dringt dann Wasser ein, welches (bei dem Vorhandensein undurchlässigen Materials am meisten) die Gleitfläche schlüpfrig macht und weitere Senkung resp. die Ausrutschung veranlasst 52—64 74—77.

Ist in Einschnitten oft von Abrutschung wo natürliche Gleitflächen von vornherein vorhanden waren, kaum zu unterscheiden, und es ist nicht immer zu ermitteln, ob vorhandene Gleitflächen oder solche, welche sich erst bildeten, in Frage kommen.

Die Fläche, auf welcher die Ausrutschung geschieht, entsteht also nach Herstellung des Erdbaues nach Verlauf einer gewissen Zeit. Sie kann auch bei Dämmen durch die Art der Schüttung und nach Beschaffenheit des gewählten Materials von vornherein vorbereitet werden (V. 17. s und 69. 70).

f. Ablösungen bei Einschnitten und Dämmen. Beschädigungen, welche vorwiegend die Oberfläche der Böschungen betreffen, welche durch atmosphärische Einflüsse (Regen, Schnee, Frost, Austrocknung, chemische Veränderungen, (Aufquellen, Schwinden, Verwittern), Trocknen, Risse, abwechselnde Feuchtigkeit und Trockenheit etc. so verändert wird, dass ihre Consistenz (Reibung und Cohäsion) sich vermindert; diese Veränderungen können auch (namentlich bei Einschnitten) durch innere Feuchtigkeit, wenn man nicht verhindert, dass sie an der Oberfläche der Böschung zu Tage kommt, zugleich mit dem äusseren Einfluss der Atmosphäre verursacht werden 78, 79, 76.

Das Ablösen der Böschungen geschieht selten während oder gleich nach der Aushebung aus Einschnitten, sondern erst längere Zeit nachher, nachdem also Wasser und Luft haben einwirken können.

g. Endlich können Beschädigungen der Böschungen durch Wind (verwehen unbedeckter Dämme aus feinem Sand, wie dies bei den Dünen geschieht), und äussere mechanische Wirkungen des Wassers vorkommen.

IV. Ursachen der Deformationen.

1. Einige nehmen an (Collin): dass zuerst durch die Wirkung der Schwere (zu steile Böschungen, Belastungen durch Ablagerungen zu nahe am Rande der Einschnitte, Erschütterungen) etc. die Cohäsion und Reibung des Bodens verringert werden, und dass nachher das Himmelwasser (Regen, Schneeschmelzen) oder auch das innere Filterwasser in die gelockerten oder gespaltenen, im labilen Gleichgewicht sich befindenden Erdmassen eindringend, die Deformation herbeiführt.

2. Andere (Chaperon) nehmen an: dass in vielen Fällen, nachdem vorher durch die Wirkung des Wassers ein Aufweichen oder eine Veränderung des Bodens statt gefunden habe, derselbe darauf der Wirkung der Schwere nachgiebt.

Ob ein Fall sub 1 oder sub 2 vorliegt, wird mit Sicherheit nicht immer zu ermitteln sein. Die Mittel zur Sicherung oder Reparatur werden auch meistens in beiden Fällen dieselben sein.

3. Aeussere Einflüsse. Aufhebung des Gleichgewichtes bei Einschnitten in Folge der Aushebung 17—21, Störung des Gleichgewichtes durch Wasseranriff, (durch Auswaschen des Fusses von Hängen in engen Thälern 22, Beschädigungen des Dammfusses bei

Inundationen, Wasserangriff durch Schölung oder Wellenschlag bei nicht genügend befestigter Oberfläche des Erdkörpers 62.

4. Die Art der Herstellung des Erdbaues und sein Material. Seitenschüttung, Kopfschüttung, Lagenschüttung; Comprimiren des Bodens einer Schüttung je nach Art der Herstellung, durch Karren, Wagen, Locomotivtransporte; oder auch eigens deshalb vorgenommene Comprimiren durch Stampfen, Walzen etc.

Material: durchlässiges, nicht verwitterbares, überhaupt nicht Wasser behaltendes ist das sicherste, dagegen Wasser behaltendes, sein Volumen wechselndes, sich auflösendes, dann schlüpfrig werdendes (thonige Erdarten) ist das Bedenklichste. Vergl. kurze Anweisung zum Projectiren von v. Kaven pag. 10 Note.

5. Beschaffenheit des Untergrundes namentlich bei Dämmen. Schlüpfrig und weich in der Oberfläche (Abrutschen des Dammes 65, 66) nicht tragfähig, teigartig und ausweichend nach den Seiten, unter Aufsteigen 67 (Schlamm und Moor), ungleiche Consistenz in der Breite des Auflagers etc.

V. Regeln zur Verhütung von Deformationen, welche sich nach dem in IV Gesagten ergeben.

Zu 1. u. 2. Die vornehmste Regel bei Erdbauten: Beseitigung resp. Fernhaltung des Wassers aus dem Innern und von der Oberfläche der Erdbauten und thunliche Vermeidung von Einschnitten in thonhaltigem und ähnlichem Terrain, wie von thonhaltigem (nassem oder vor Nässe nicht geschütztem) Boden zum Schütten von (höheren) Dämmen, baldige Bedeckung und dadurch Schutz der Böschungen bei veränderlichem Material. (*La crainte de la glaise et de l'eau est le commencement de la sagesse. De Sazilly.*)

Zu 3. Genügend flache Böschungen, Herstellung des Gleichgewichts durch Gegendruck: Bankette oder auch Contreforts, Steinsätze, Futter und Stützmauern; Bedeckung der Böschungen gegen Ablösungen.

Zu 4. Vorsichtige Herstellung eines Dammes unter Verwendung trockenen Materials, Vermeidung der Bildung von Rutschflächen, (die namentlich bei Seitenschüttungen 69, 70 und Schüttungen von hohen Gerüsten bei thonigem Material 42, 43 entstehen können). Unter Umständen Stampfen des (trockenen) Bodens.

Zu 5. Gehöriges Einlassen der Dämme in das geneigte Terrain, Entwässerung und Rauhmachen der Auflagerfläche, Abhaltung des von der Bergseite kommenden Wassers von letzterer 175.

Verhütung des Aufsteigens des weichen Untergrundes durch breite Dammbasis (flache Böschungen), Vertheilung des Druckes (schwellrostartige Unterlagen oder ähnlich wirkende Anordnungen (V. 20. 1—7 und 13), Entziehung des Wassers bis zu gewisser Tiefe, (daher Consolidirung der oberen Schichte 40) endlich Anbringung von Gegenbelastungen 41 etc.

VI. Verfahren bei Terrainbewegungen.

1. Princip. Genaue Untersuchung des Terrains, um die geologische Beschaffenheit desselben und die Lage der wasserführenden Schichten resp. den Lauf der unterirdischen Wässer kennen zu lernen. Danach kann man Karten mit Schichtencurven des Terrains, auf welchem das unterirdische Wasser fließt, anfertigen.

2. Mittel zur Untersuchung: Bohrungen, Schürfungen, Abteufung von Schächten. Systematisch hergestelltes Netz von Bohrlöchern, welche bis auf die wasserführende Schicht reichen, mit Angabe der Beschaffenheit der durchfahrenen Schichten (V. 15. 1), wobei sich meistens eine erhebliche Verschiedenheit der Horizontalcurven des Terrains mit denen der Oberfläche herausstellt 239, 254.

Die Horizontalcurven der wasserführenden (undurchlässigen) Schichten sind massgebend für die Anlage von Entwässerungsschlitzten oder auch Stollen, welche mit der Sohle etwas in die undurchlässige Schicht eingeschnitten und mit genügendem Gefälle angelegt werden, und zwar in solcher Richtung, dass das auf den Schichten ablaufende Wasser, quer gegen den Schlitz oder Stollen (also normal gegen die Längsaxe desselben) fließend, in ihm sich sammelt. An der tiefsten Stelle findet dann durch Sammelstollen oder Sammel-schlitzte eine Ableitung, meistens in der Richtung des stärksten Gefälles der wasserführenden Schicht statt. 239.

Im Allgemeinen werden die Entwässerungsschlitzte oder Stollen, eine der Bahnlinie mehr oder weniger gleichlaufende Richtung unter abwechselndem Fallen und Steigen, also Bildung von Wasserscheiden verfolgen, während die an den tiefsten Stellen zwischen den Wasserscheiden anzulegenden Sammelstollen oder Schlitzte mehr oder weniger normal gegen die Bahnlinie gerichtet sein werden.

Bemerkung. Solchen Hängen, welche wegen ihrer geologischen oder sonstigen Beschaffenheit bei Anschnitten, Einschnitten, oder Aufsetzen von höheren Dämmen, Rutschungen befürchten lassen, soll man beim Traciren fern zu bleiben suchen. Dies kann auch dann noch geboten sein, wenn die Linie dadurch länger, oder aus anderen Gründen in der Anlage theurer wird, weil

sie dann weniger Unterhaltungs- und Reconstructions-kosten verursachen wird, auch im Betriebe sicherer ist, gegen Gefahren durch Deformation der Bahn und gegen Nachteile wegen Unterbrechung des Verkehrs durch Unfahrbarkeit. Vgl. VI. kurze Anleitung zum Projectiren von Eisenbahnen von v. Kaven pag. 37 auch pag. 11. Ist solches Terrain aber nicht zu vermeiden, so sollte man, wenn irgend möglich „vor Inangriffnahme des Einschnittes oder der Dammarbeiten die Rutschungen zum Stillstande bringen oder ihnen vorbeugen.

3. Mittel, um Terrainrutschungen abzuwenden, oder ihnen vorzubeugen.

Durch Abgrabungen, welche eine Entlastung bezwecken, erzielt man bei Terrainrutschungen meistens nur geringen Erfolg. Am meisten wirkt Vermehrung der Reibung und Cohäsion der Rutschfläche, durch Abtrocknung der geneigten, wasserführenden Schicht auf einer gewissen Breite B (10—50 m und mehr), oberhalb des bergseitigen Dammfusses oder der bergseitigen Einschnittskante (20—29, 240, 240b). Den Wasserzufluss schneidet man dadurch ab, dass man in der Entfernung B vom bergseitigen Dammfusse oder auch von der oberen Einschnittskante, einen mit durchlässigem, nicht zusammendrückbarem Material gefüllten Schlitz, oder auch einen Stollen anlegt, der im Allgemeinen dem Damm oder Einschnitte parallel läuft und mit der Sohle etwas in die wasserführende Schicht eindringt. Das abgefangene Wasser wird dann nach beiden Enden des Schlitzes oder Stollens mit Gefälle abgeführt, oder, wenn Gegengefälle vorkommen, durch einzelne Querschlitze, die unter dem Damm durchgehen resp. in den Einschnittsgraben münden, abgeführt.

Der auf der abgetrockneten Rutschfläche von der Breite B lagernde Theil Erde dient nun dem weiter oberhalb gelegenen als Stütze oder Contrefort. Man kann auch mehrere Parallelschlitze anlegen, um, wenn es erforderlich scheint, mehrere abgetrocknete Stücke von der Breite B zu erhalten.

Bei einem mit einem Damm belasteten, geneigten Terrain, kann man auch am unteren Dammfusse einen, wie oben angeführt hergestellten Stollen oder Schlitz anordnen, welcher das weiter unterhalb gelegene Terrain, resp. die Rutschfläche, durch Wasserentziehung abtrocknet. Letzteres dient dann dem Terrain, auf welchem der Damm liegt, als Stütze oder Contrefort. Ebenfalls kann man unterhalb des unteren Dammfusses mehrere Schlitze anlegen (240 a); endlich auch oberhalb und unterhalb des Dammes derartige Schlitze oder Stollen anordnen, um die Entwässerung und Abtrocknung noch mehr zu befördern.

Dass das von der Bergseite kommende, oberirdisch fließende (Himmel- oder Tage-) Wasser auf dem kürzesten Wege und so oberhalb des Dammes resp. Einschnittes abgeführt werden muss, dass es nicht zur Speisung der wasserführenden Schicht durch directes Zufließen oder durch Versickerung beitrage, ist selbstredend.

4. Die Entwässerungs-Arbeiten in solchen Fällen und überhaupt, sind folgende:

a. Oberflächen-Entwässerung:

Regulirung der Terrainoberfläche zum Sammeln und zur Ableitung des Tagewassers mittelst Gräben, um das Stehenbleiben desselben und Einsickern bis auf die undurchlässige Schicht, zu verhindern.

b. Bei geringer Tiefe der wasserführenden Schicht:

Drainirung des Terrains mittelst Drainröhren oder mit Sickergräben. 40, 195, 196, 199.

c. Bei grösserer Tiefe der wasserführenden Schicht:

Herstellung tief genug eingeschnittener Sickerschlitze, welche etwa 0,5 m mit der Sohle in die undurchlässige Schicht eingreifen und die unterirdisch fließenden Wasser sammeln und abführen. 200—203.

d. Bei bedeutender Tiefe der wasserführenden Schicht:

Herstellung von Entwässerungsstollen. 240, 246—249, 251, 256, 258. Ist aber das Terrain in seiner ganzen Tiefe von Wasser durchzogen, so sind Schlitze, welche das ganze Terrain von oben bis unten durchschneiden, selbst bei beträchtlicher Tiefe den Stollen vorzuziehen.

Die abgetrockneten Erdkörper dienen dann als Stütze gegen die oben liegenden. Werden sie selbst sehr gross, so dass sie selbstständig durch Himmelwasser feucht werden und diese die unter ihnen befindliche undurchlässige Schicht wieder speisen und zu einer Gleitfläche machen könnten, so müssen sie durch zwischenliegende Schlitze oder Stollen parcellirt werden.

Die Gefahr, dass Bewegungen während der Herstellungsarbeiten (z. B. bei Anlage dieser Schlitze etc.) entstehen, vermindert man durch die Vorsichtsmaassregel, dass man die Arbeiten parcellirt, also in kleinen Partien ausführt, die man, ehe man weiter geht, ganz fertig stellt. Man wird daher beispielsweise Längsschlitze in kurzen Längen (nach Umständen 5—10 m, event. unter sorgfältiger Versteifung durch Bölzung) herstellen und sie, bevor man weiter geht, ausfüllen, damit das bergseitig gelegene Terrain nicht während längerer Zeit die erforderliche Abstützung entbehre (vgl. 178).

VII. Sicherung der Böschungen.

A. Grundsätze.

1. Dem Entstehen von Ab- und Ausrutschungen, wie von Ablösungen muss man zuvorzukommen suchen, also sie rechtzeitig verhindern.

Fast immer ist es möglich, derartige Beschädigungen der Böschungen voraus zu sehen.

2. Sind Beschädigungen entstanden, so muss man sie möglichst bald und billig zu repariren suchen.

Die vorbeugenden Arbeiten müssen Sicherheit bieten und billig sein. Sind die genannten Deformationen im Entstehen, so muss man schnell Hülfe schaffen und die Ausdehnung derselben zu verhindern suchen, weil sonst die Schwierigkeiten und die Ausgaben erheblich wachsen. Am meisten gilt dies bei Bahnen, welche bereits im Betriebe sind, wegen der Betriebsstörungen, welche entstehen können und der damit verbundenen Gefahren und Nachtheile.

B. Beschaffenheit und Eigenschaften der verschiedenen Erdarten.

1. Mehr oder weniger leichte Absorption des Wassers.

2. Bei Aufnahme von Wasser verändern manche ihr Volumen.

3. Sind sie mit Cohäsion behaftet, je nach der Beschaffenheit der Erde und dem Grade der Feuchtigkeit. Ein mässiger Gehalt an Feuchtigkeit vermehrt oft die Cohäsion.

4. Besitzen sie Reibung, welche mit dem Grade der Feuchtigkeit oft zusammenhängt.

5. Sind sie in verschiedenem Masse durchlässig, je nach ihrer Beschaffenheit, oder nach der Menge Wasser, die sie schon enthalten.

6. Den Boden in Einschnitten, welcher sich in natürlichem Zustande befindet und seinen Ort also noch nicht gewechselt hat, nennt man „gewachsenen Boden.“

7. Der gewachsene Boden „lockert“ oder „mehrt“ sich beim Gewinnen und hat in Folge Störung des Zusammenhanges mehr Zwischenräume und weniger Cohäsion als im ursprünglichen Zustande; er kann deshalb auch mehr Wasser aufnehmen.

8. Bodenarten, welche in Berührung mit der Luft ihre Structur verändern, durch Aufquellen wegen Feuchtigkeit und wieder Zusammenziehen bei Trockenheit, (z. B. namentlich die Mergelarten, auch schwefelsaure Kalke) werden durchlässig und ihre Cohäsion vermindert sich ähnlich wie bei gewonnenem Boden. Namentlich

pflügen bei diesen Erdarten die Wirkungen des Frostes erheblich zu sein.

9. Durch Stampfen der gewonnenen Erde kann man ihre Cohäsion wieder vergrössern. Sie kann, bei genügender Feuchtigkeit gestampft, homogener als der gewachsene Boden es war, werden; namentlich thonige Erdarten, welche oft durch Schichtungen (Stiche) und lagenweise getrennt sind etc. erlangen durch Stampfen eine gewisse Elasticität. Es ist daher von besonderer Wichtigkeit bei Reparaturen der Böschungen und Herstellung von Contreforts die Erde gut zu stampfen.

10. Einige Erdarten absorbiren nur eine bestimmte Quantität Wasser und lassen den Ueberschuss wegen ihrer Porosität leicht fahren (Sand). Sie verlieren wegen Durchlässigkeit und durch Verdunstung das Wasser im Verhältniss zur Leichtigkeit, mit der sie dasselbe aufnehmen.

11. Thon und Sand sind betreffs Verhaltens gegen Feuchtigkeit Gegensätze. Der mit Wasser gesättigte Thon ist für Wasser fast undurchdringlich, er verliert einen Ueberschuss an Feuchtigkeit nur langsam und behält einen erheblichen Antheil Wasser. Im Thonboden haben sich im Winter geschüttete, gefrorene Stücke noch im nächsten Herbste in diesem Zustande vorgefunden neben fast flüssigem Boden.

12. Gemischte Bodenarten (mit Sand gemengter Thon, Lehm) nehmen um so leichter Wasser auf, je mehr Sand sie enthalten und halten es um so mehr bei sich, je mehr Thon sie enthalten.

13. Im Allgemeinen steht die Cohäsion der Bodenarten in Verhältniss zu dem Quantum Thon, welches sie enthalten. Der gewachsene Boden hat mehr Cohäsion, als der gewonnene, aber durch Stampfen kann man die Theilchen wieder nähern und ihn homogen machen; so gestampfter Boden kann, wenn er seine Feuchtigkeit ganz oder theilweise verliert, bis auf 16 Procent schwinden (Thon). Nach dem Schwinden beobachtet man oft eine Vermehrung der Cohäsion.

14. Die Austrocknung des gewachsenen Bodens dagegen hat manchmal die Bildung kleiner Risse zur Folge, weil dieser Boden weniger elastisch ist als der gestampfte. Die Cohäsion wird dadurch vermindert.

15. Das Eindringen von zu vielem Wasser, was namentlich bei geschüttetem Boden oder verwittertem gewachsenen, vorkommen kann, verringert die Cohäsion und die Reibung. Auch kann bei gewachsenem Boden durch Trockenrisse etc. viel Wasser in denselben gelangen, welches die Cohäsion und Reibung vermindert, auch durch seinen Druck wirken kann.

16. Die Reibung ist, je nach Beschaffenheit der Bodenarten, sehr verschieden. Sie ist z. B. gross bei grobem Kies und schwach bei feinem Thon. Sie ver-

mindert sich meistens, wenn die Feuchtigkeit über ein gewisses Mass wächst.

17. Durch Stampfen kann man die Reibung und Cohäsion der gewonnenen Erde ausserordentlich erhöhen, von welcher Erfahrung man bei Reparatur von Böschungen grossen Nutzen ziehen kann.

18. Die Durchlässigkeit der Erdarten und ihre Capillarität sind sehr verschieden. Letztere ist um so geringer, je grösser die Porosität ist (je grösser die Poren sind). Gestampfte Thonerde ist dichter und weniger durchlässig als im gewachsenen Zustande (welche Eigenschaft man bekanntlich beim Dichten von Canälen, Herstellung von Deichen etc. benutzt).

19. Erhebliche Veränderungen in der Consistenz und im Volumen können auch durch chemische Vorgänge herbeigeführt werden, die unter Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit stattfinden. Z. B. schwefelsaure Kalke, (Anhydrit etc.) blähen sich auf; dichter, wasserfreier, schwefelsaurer Kalk wurde durch Eindringen von Wasser in Gyps verwandelt (siehe Anleitung zum Projectiren pag. 10). Der gelbe Londoner Thon ist die denkbar ungünstigste Bodenart. (Försters Bauzeitung 1845 pag. 242. Bericht v. Gregory.)

20. Der Thon hat die Eigenschaft, wenn er feucht wird zu quellen; zuweilen schon, wenn er an die feuchte Luft kommt; wenn trocknend schwindet er erheblich, und reichlich mit Wasser getränkt, kann er flüssig werden. Er giebt oft Veranlassung zu Ausrutschungen der Böschungen und auch zu tieferen Abrutschungen.

21. Erdarten aus Sand und Thon zusammengesetzt (sandiger Thon, wenn Thon vorherrscht, thoniger Sand wenn umgekehrt) sind äusseren Ablösungen und Ausrutschungen unterworfen, während Abrutschungen durch von Innen kommende Wasser nicht so umfangreich wie in reinem Thone sind. Mit wachsendem Thongehalt nehmen letztere zu.

22. Durch Erschütterungen können die Cohäsion und Reibung sehr verringert werden.

C. Voruntersuchungen bei Einschnitten.

Die Untersuchungen, welche den Consolidirungsarbeiten vorhergehen, erstrecken sich auf: die Beschaffenheit der Bodenarten, Lage und Richtung der wasserführenden Schichten und der Flächen überhaupt auf welchen ein Gleiten zu erwarten steht.

2. Die wasserführenden Schichten an den Spuren der Feuchtigkeit auf den Böschungen zu finden, geht deshalb nicht immer an, weil manchmal nur bei starkem Regen- oder Thauwetter ein Ausfliessen statt findet, zu anderen Zeiten durch Verdunsten die Feuchtigkeit verschwindet.

3. De Sazilly räth desshalb namentlich, die Beschaffenheit des Terrains zu Grunde zu legen und eine wasserführende Schicht überall da anzunehmen, wo ein durchlässiges Terrain auf einer thonhaltigen und weniger durchlässigen Schicht ruht.

4. Da die Trennungslinie solcher Schichten nicht stets genau zu finden, muss man sich zuweilen damit begnügen, die Beschaffenheit des Bodens, wo man Ausschwitzungen oder Ausfliessen sieht, genau zu untersuchen und nach Analogie schliessen, dass ähnlich beschaffene Partien der Böschung auch Wasser ausfliessen lassen werden.

5. Die Aussickerungen sind entweder beständige, oder doch zur Zeit der Ausführung des Einschnittes vorhanden, oder sie sind intermittirende und zur Zeit der Consolidationsarbeiten nicht zu bemerken; sie sind je nach Beschaffenheit des durchlässigen Terrains und der Lage der undurchlässigen Schichten entweder deutlich begrenzt, oder auf einer grösseren Höhe der Böschung verbreitet (allgemeines Durchsickern). Letzteres kommt auch vor, wenn mehrere, einander nahe gelegene Aussickerungen zusammen fliessen.

6. Je nach der Menge des Wassers fiesst es in der ganzen Höhe der durchlässigen Schicht oder in geringerer Höhe aus. Da die äussere Schicht der thonhaltigen Böschung in Berührung mit der Luft sich verändert und lockert, so erscheint dieselbe oft auf grösserer Fläche feucht und das Wasser kommt zuweilen an einer Stelle, welche tiefer als die wasserführende Schicht liegt zu Tage, indem es eine Strecke zwischen dem gelockerten und dem festen Boden nach abwärts fiesst.

7. Um die genaue Lage der wasserführenden Schicht zu erfahren, muss man desshalb die obere lockere Erde der Böschungsoberfläche beseitigen und den gewachsenen Boden untersuchen, mit Breithacke, Schaufel oder auch Maurerkelle. Mit letzterer findet man die geringsten Risse.

8. Bei intermittirenden Aussickerungen ist oft ein starkes Gefälle der wasserführenden Schicht und daher rasches Abfliessen des Wassers vorhanden. Bei permanenten unter übrigen gleichen Umständen ein schwächeres Gefälle. Erstere geben daher bei starkem Regen und Aufthauen in der Zeiteinheit mehr Wasser.

9. Man kann nach dem Vorhergehenden annehmen, dass jedes Mal, wo eine undurchlässige Schicht auf eine durchlässige folgt, auf ersterer Abfluss von Wasser stattfindet. Kann man den Uebergang nicht genau auf dem Terrain unterscheiden, so gewähren die Spuren von Feuchtigkeit, die man auf der Böschung findet, Anhaltspunkte.

10. Am besten findet man die wasserführenden Schichten während des Aushebens der Böschungen.

Dann ist auch der Abfluss am reichlichsten, und die Erde trennt sich beim Gewinnen an dieser Stelle.

11. Beim Austrocknen der Böschungen durch Sonnenschein behalten die wasserführenden Schichten wegen der Feuchtigkeit eine dunklere Farbe; vorher aufgestreute Asche oder Sand geben am Morgen bei Sonnenaufgang durch ihre Farbe auch schwache Aussickerungen an; Bildungen von Efflorescenzen zur Frostzeit, oder mehr oder wenig reichliche Vegetation in warmer Jahreszeit geben Anhaltspunkte.

12. Um die untere Grenze zwischen dem abgerutschten und gewachsenen Terrain zu erfahren, kann man, wie Fig. 64 angegeben, eine Abgrabung vornehmen, welche das abgerutschte Terrain veranlasst noch eine schwache Bewegung zu machen. Manchmal kann man auch durch Sondirungen, besonders dann, wenn die abgerutschte Masse ziemlich weich und flüssig ist, die Grenze der Abrutschung resp. das stehen gebliebene Terrain erkunden.

D. Grundsätze bei der Consolidirung.

1. Muss die Wirkung der inneren (unterirdischen) Wässer auf die Böschung aufgehoben werden.

2. Muss die Böschung vor den atmosphärischen Einwirkungen geschützt werden.

ad 1. Die unterirdischen Wässer müssen unter der Oberfläche der Böschung, und zwar so tief, dass sie vor Gefrieren geschützt sind, zusammengeführt werden und so, dass, nachdem sie die wasserführenden Schichten verlassen haben, sie nicht weitere Durchnässungen des thonigen Bodens veranlassen.

ad 2. Gegen die Einflüsse der Austrocknung sowohl als auch des Regens und namentlich des Frostes, müssen die Böschungen mit einer Schicht Erde bedeckt werden, von der Beschaffenheit, dass sie in Berührung mit Wasser nicht flüssig wird und gehörig gestampft, dass sie sich nicht mehr setzt.

E. Unterhaltungs-Arbeiten (nach Bruère).

Die Anlagen zur Consolidirung müssen wenigstens ein Jahr sorgfältig in ihrem Verhalten beobachtet und wenn nöthig reparirt werden. Der Boden setzt sich immer etwas und die Maurerarbeiten (z. B. die Sickeranäle) sind nicht immer untadelhaft ausgeführt. Der Erfolg der Anlage überhaupt hängt von der guten Unterhaltung wesentlich ab.

1. Reinigen der Banketts. Der Regen spült Erde auf dieselben, welche beseitigt werden muss und auf der Böschung vertheilt werden kann. Durch Stampfen müssen (namentlich einige Tage nach dem Regen) die Banketts gedichtet werden, auch der Wuchs des Rasens wird dadurch derber.

2. Beim Eintritt des Thauwetters muss der Schnee, welcher bis dahin die Böschung gegen Frost schützte, beseitigt werden, wenn keine starken Fröste mehr zu erwarten stehen. War aber vor dem Schneefall die Böschung auf 0,15 bis 0,20 Meter gefroren, so kann man auch vor dem Aufthauen den Schnee beseitigen. In diesem Falle ist aber ein Beseitigen überhaupt nicht so nöthig, als im ersteren.

3. Die durch Setzen oder Austrocknen entstandenen Risse müssen geschlossen werden. In diese Risse dringt bei starkem Regen das Wasser und erweicht den Boden. Man stopft diese Risse durch Dichten mit Rasen, mit feiner vegetabilischer Erde; durch Stampfen, wenn die Erde feucht genug ist etc.

4. Die Mündungen der Sickeranäle in den Gräben müssen eisfrei gehalten werden, damit das Wasser frei abfließen könne. Wenn wenig Wasser im Graben abfließt und der Frost stark ist, kann er bis an die dicht über der Grabensohle liegenden Mündungen der Sickeranäle gelangen.

5. Die Stellen, wo die Besamung nicht aufgegangen, müssen mit einer Harke aufgelockert und noch ein Mal besamt werden.

6. Die Mulden müssen gut unterhalten und sorgfältig in den Fugen nachgesehen und wieder eingefügt werden.

7. Wo sich Feuchtigkeit an der Böschung zeigt, ist ein Mangel an den Sickeranälen an dieser Stelle zu vermuthen und sind diese deshalb nachzusehen (durch Aufgraben etc.).

8. Bei den Dämmen Fig. 194 muss man Sorge tragen, dass die Verbindungen der hölzernen Canäle sich nicht verschieben und dass die Quercanäle an die Längscanäle gut anschliessen. An dieser Stelle kann man den Stoss mit einer Faschine oder mit Rasen bis dicht unter Planumshöhe reichend bedecken, um ihn leichter auffinden zu können.

VIII. Weitere Ausführung einiger Stellen des Textes.

ad I. B 7. Einschnitte in losem Gestein.

Einschnitte in Hängen mit geschichtetem Gestein können, wenn die bergseitig einfallenden Schichten flacher, als der Reibungswinkel liegen, an der Bergseite mit abgetreppter Böschung angelegt werden. Die andere Böschung, von welcher die Schichten abfallen, wird meistens eine Böschung rechtwinkelig gegen die Schichtungsfläche erhalten müssen, weil die Schichten oft Risse normal gegen ihre Ebene haben, in welchen

sie abbröckeln. Wenn also beispielsweise die Schichten unter 30° gegen den Horizont geneigt sind, wird die Seite, von welcher die Schichten abfallen, 60° Neigung meistens erhalten müssen. Sind die Schichten aber steiler als nach dem Reibungswinkel gelagert, so würden sie bei Herstellung des Einschnittes von der Bergseite her einrutschen, wesshalb man dann oft die Böschung an der Bergseite durch die bis zum Fusse der bergseitigen Böschung reichende Schicht begrenzen und die darüber liegenden Schichten entfernen muss. (S. V. Erdarb. Taf. 23 Fig. 3 Rheinische Bahn.)

ad III. 2. α. a. Terrainbewegungen.

Bewegungen an steilen Hängen, Bergstürze etc. können vorkommen, ohne dass diese durch Anschneiden zum Theil ihrer Stütze beraubt und ohne dass sie überhaupt angerührt werden. Es kann bei heftigem, lang andauerndem Wasserzuflusse zu den wasserführenden Schichten, die Reibung und Cohäsion auf der Gleitfläche wegen Auflösung und Schlüpfrigwerdens der oberen Schicht derselben, erheblich vermindert werden, so dass eine geringe Vermehrung dieser Ursache, oder auch eine Erschütterung genügt, um das nöthige Gleichgewicht zu stören und Abrutschungen zu veranlassen. Ein Beleg dafür sind die zahlreichen Einstürze an Einschnitten von deutschen Bahnen in der Zeit von December 1880 bis Ende Januar 1881, nachdem es bis Ende 1880 stark geregnet hatte, ohne dass bis dahin Frost eingetreten war, der das Eindringen in den Boden erschwert oder verhindert. Unter diesen Beschädigungen kamen auch Ausrutschungen und Abrutschungen während des Passirens der Züge nicht selten vor, welche einen Beweis für die nachtheiligen Einwirkungen der Erschütterungen liefern.

ad III. β. f. Einfluss chemischer Veränderungen.

1) Die chemischen Veränderungen mancher Bodenarten können Volumenvergrößerung und Verringerung der Cohäsion und Reibung zur Folge haben. In der „Technischen Geologie“ pag. 131* sagt Brauns das Folgende:

„Die Thone, Schieferthone und dergl., welche im Allgemeinen in die Kategorie des minder festen, morschen, mürben Gesteins gehören, bei fortdauernder Einwirkung der Atmosphäre aber auch zu zähem Boden werden und somit einen Uebergang von jener Kategorie in die

vorhergehende des festen Bodens bilden können, haben einige zu berücksichtigende Eigenthümlichkeiten. Zunächst enthalten sie Schwefeleisen in fein zertheiltem Zustande, oder auch in grösseren Stücken; im ersteren Falle ist dasselbe stets, in letzterem namentlich dann, wenn es in der Form des Markasites auftritt, in ziemlich energischer Weise der Oxydation ausgesetzt, welche dann wieder chemische Umsetzungen, aus der Vitriolbildung hervorgehende Gypsbildung oder auch Alaunbildung bedingt; von diesen ist bei der Häufigkeit des Kalkvorkommens in den Thonen Gypsbildung die häufigere. Diese Prozesse bedingen an und für sich zunächst eine Volumenvergrößerung und zugleich eine Cohäsionsverminderung; das Aufquellen und Zerfliessen mancher frisch geschütteten Thonmassen hat keinen andern Grund. Später aber verliert sich Beides allmählich wieder. Ist die Reihe der Zersetzungen geschlossen, deren Endproducte meistens Gyps und Eisenoxydhydrat sind, so kann im Gegentheil eine, — wenn auch immer nur geringe — Volumenverminderung selbst gegen das ursprüngliche Raummaass eintreten, ebenso wie auch ein allmähliches Austrocknen und Festwerden überall da sich einstellen wird, wo nicht ungünstige Verhältnisse hinsichtlich des im Boden befindlichen Wassers stattfinden.“

2) Durch Einfluss der Atmosphäre können feste Gesteinsarten in leicht trennbare, und weiche in festere sich verwandeln, was betreffs der Haltbarkeit der Böschungen nicht blos, sondern auch bei der Gewinnung betreffs der Feststellung der Kategorie (ob Fels oder nicht Fels) in Frage kommt.** An der ungarischen Westbahn, in der Strecke zwischen Graz und Gleisdorf ist ein tiefer Einschnitt, in dem die Eisenbahn an den Ortschaften Ober- und Unter-Lassnitz vorüber läuft, in welchen sich ein unvermutheter, reicher Wechsel von sandigen und thonigen Schichten findet, unter ersteren ansehnliche Bänke von Conglomerat aus taubenei- bis wallnussgrossen Geschieben, unter letzteren beträchtliche Massen von theilweise geschichtetem, theilweise dagegen innerhalb 1 m bis 3 m mächtiger Vertikalabstände völlig schichtungslosem, lettenartigen Thon. Das Conglomeratgestein, dessen Bindemittel bald mehr kalkig, bald mehr sandig-thonig ist, erwies sich im frischen Zustande als eine sehr widerstandsfähige Felsart, die man allenthalben mit Anwendung von Sprengmitteln hätte durcharbeiten müssen, wenn sich nicht die zumeist deutlich gesonderten Bänke mittelst Brechstangen hätten heben und stürzen lassen. Im lufttrockenen Zustande zerfällt dies Conglomerat jedoch im Allgemeinen ziemlich leicht, und Stösse von mässiger Intensität genügen, um decimetergrosse Partien desselben in lockeres Gerölle zu verwandeln. Gerade das Gegentheil gilt von jenen

* Dr. D. Brauns: Die Technische Geologie, oder die Geologie in Anwendung auf Technik, Gewerbe und Landbau. Halle, G. Schwetschke. 1878.

** Aus Scheidtenberger: Fels oder Nicht-Fels. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. VII. Heft. 1877.

Thonmassen mit glänzender Schnittfläche. Schneidbar im kleinen, setzen sie durch ihre Zähigkeit der Haue ausserordentliche Schwierigkeiten entgegen und verwandeln sich nach kurzem Verweilen an trockner Luft in eine steinharte unter dem Hammer klingende Masse. Es entstanden daher, weil die Gewinnungsarbeit in „Erdarbeit“ und „Felsarbeit“ zu resp. 26 Kreuzer per Kbm. und 1 Gulden 20 Kreuzer getrennt contrahirt war, Differenzen zwischen Unternehmer und Verwaltung darüber, ob letztere Bodenart, ein tertiärer Thonmergel „Opok“ genannt, nicht als „Fels“ zu betrachten sei.

3) In der Rectoratsrede von F. v. Hochstetter am 10. October 1874 an der technischen Hochschule in Wien, „Geologie und Eisenbahnbau“ finden sich zahlreiche, sehr belehrende Beispiele über die Veränderungen die manche Erd- und Felsarten durch den Einfluss der Atmosphäre und des Wassers erleiden. Eine Nichtkenntniss dieser Eigenschaften kann sowohl zu verfehlten Anlagen, als auch zu falscher Beurtheilung der Bodenkategorie betreffs der Gewinnungskosten führen. Bei Grasseth (Eger-Carlsbad) hat ein Winter hingereicht, um einen aus thonigen Cyprisschiefern aufgeführten Damm so zu erweichen, dass er im Frühjahr als gewaltiger Schlammstrom in das Thal floss. Bei Feistritz-Rosssese (Linie St. Peter-Fiume) wurden aus Einschnitten mit durchnässtem blauen Thon geschüttete Dämme immer breiter statt höher.

4) Im Tunnel zwischen Heilbronn und Weinsberg (Linie Heilbronn-Hall in Württemberg) fand sich bei der Durchbohrung der Gyps führenden bunten Keupermergel, im Innern des Gebirges statt Gyps, Anhydrit (wasserfreier schwefelsaurer Kalk) vor, der durch Aufnahme von Wasser (bei Vernachlässigung der Entwässerung des Terrains) sich unter beträchtlicher Aufblähung der Gebirgsmasse in Gyps verwandelte, so dass Zerdrückungen fertiger Gewölbstrecken und mannichfache sonstige Störungen entstanden.*

ad VI. 2. Mittel zur Untersuchung des Terrains.

In der Instruction für die Bodenuntersuchungen beim Projectiren der Gotthardbahn ist, nachdem auf die Wichtigkeit derselben hingewiesen, das Folgende bemerkt: Es müssen vorerst alle einschlägigen Verhältnisse durch alle zu Gebote stehenden Mittel, als: Beobachtung und Studium des geognostischen Baues des Terrains an der Oberfläche des bloß liegenden Gebirges und an den

vorhandenen natürlichen und künstlichen Aufschlüssen, und wo dies nicht ausreicht, durch Sondirungen mittelst Bohrlöchern, Versuchsschächten und Stollen etc. constatirt werden. Es folgt dann eine eingehende Instruction hinsichtlich der Erhebungen, bezüglich:

1. des Einfallens der Schichten und Klüfte,
2. der Terrainbewegungen, die möglicherweise durch den Bahnbau verursacht werden könnten,
3. der Wasserläufe und ihrer Wirkungen,
4. der speciellen Eigenschaften der Gesteine und ihrer wissenschaftlichen Classification und Bezeichnung und
5. Angaben bezüglich der allfälligen Verwendbarkeit der sich vorfindenden Gesteinsarten zum Baumaterial und ihrer mehr oder minder leichten Gewinnbarkeit.

Nach dieser grossen und berechtigten Werthschätzung des geologischen Einflusses auf die Projectirung, schliesst diese Instruction mit der Classification der Bodenarten, die in unserer Quelle* ebenfalls angegeben ist, ab.

ad VI. 1 geologische Beschaffenheit des Terrains.

1. Von grossem Interesse ist das von Hochstetter a. a. O. p. 40 über den Lupkow-Tunnel der ersten ungarisch-galizischen Eisenbahn Gesagte, der nebst der anschliessenden Bahnstrecke in einem in geologischer Beziehung wegen der fortwährenden Rutschungen und Bodenbewegungen höchst ungünstigen Terrain sich befindet und per laufenden Meter 7—8000 Gulden gekostet hat, Angeführte. Die Mergelschiefer jenes Terrains bezeichnet Fr. v. Hauer als oligocaene Amphisylen-schiefer. Dieselben enthalten Schwefelkies und Kalk; durch die Zersetzung dieser Schwefelkiese und den im Gestein vorhandenen Kalk, bilden sich feine Krystallnadeln von Gyps, die eine Blähung der Masse d. h. Volumenvergrösserung verursachen. Dieser chemische Process ist wohl die Hauptursache der Bodenbewegungen, die da, wo die Schichtenlage die Sache begünstigt, grosse Strecken zum Rutschen bringen. Die alten Rutschungen an der für die Trace gewählten Thallehne, bis auf die Höhe von Lupkow, welche die Ingenieure hätten warnen können, waren von hochstämmigem Walde maskirt und blieben unbeachtet. Die ganze Trace wäre weit besser in ein nördlich ziehendes Seitenthal des Laborcz gelegt worden, wo sie sich mehr im Sandstein als im Schiefer zur Höhe von Lupkow entwickelt

* Binder, geologisches Profil des Eisenbahntunnels bei Heilbronn. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1864. XX. p. 165. Auch in Hochstetters a. a. O. angeführten Rede pag. 31 etc.

** Scheidtenberger: Fels oder Nicht-Fels? Zeitschrift des österr. Architekten- und Ingenieur-Vereins Heft VII. 1877. Vgl. ferner IV Vorarbeiten zu Eisenbahnen von dem Verfasser, Dritter Abschnitt F.

hätte. Aber selbst bei der Wahl der jetzigen Trace war wenigstens für den Tunnel, östlich von seiner gegenwärtigen Lage, gesundes, d. h. stabiles Terrain vorhanden, welches man hätte erreichen können.

Vergleiche auch das Werk über den Lupkow-Tunnel: Der Bau des Lupkower Tunnels von R. v. Gunesch, mit 9 Tafeln. Wien, Lehmann und Wentzel.

2. Als eine mit Rücksicht auf die geologischen Verhältnisse nicht günstig gelegte Trace wird (Hochstetter a. a. O. pag. 36) die Linie Nabresina-Triest (Oesterreichische Südbahn) in der rutschenden Berglehne am Steilabfall des Karstes gegen die Bucht von Triest bezeichnet. Stützmauern von 2—3 m Kronenbreite wurden durch das nachschiebende vom Nummulitenkalk abrutschende Flyschgebirge, (dünngeschichtete Mergel und Sandsteine, sog. Macigno und Tasello) wie Kartenblätter zerdrückt. Dagegen verlässt die Predilbahn von Tarvis über Görz nach Triest auf der Linie Duino-Triest von dem Orte an, wo die Gesteinsformation des Karstgehanges für eine Bahnanlage ungünstig wird, mit einem Gefälle von 1 : 150 die aus verwitterbaren Thonschiefergebilden bestehende Berglehne und führt die Bahn längs dem Strande des Meeres nach Triest.

Die Brennerbahn erfordert nach unsrer Quelle grosse Unterhaltungskosten wegen der Unterwaschungen der steilen Thalwände auf deren Hängen auf grossen Strecken die Bahn liegt, durch die Sill, während die breit ausgelegten Tertiär- und Diluvialterrassen, die auch Ortschaften und Gehöfte tragen, wie von der Natur dazu geschaffen scheinen, um den Strassen- und Eisenbahntracen von Stufe zu Stufe die Entwicklung von der Innthal-Sohle bis zur Brennerhöhe zu ermöglichen. In der That war beim ursprünglichen Projecte der Brennerbahn auch die Trace über Ambras als Variante vorgeschlagen, allein die Sillthallinie erhielt, weil kürzer, den Vorzug.

IX. Erläuterungen zu den Tafeln,

(welche auf diesen selbst keinen Platz hatten).

ad Blatt 2a Fig. 17—20.

Die Anlage von Einschnitten in Mulden, die an den Hängen von festeren Gebirgen durch aufliegende weiche Erdarten (Thon, Lehm) oder auch Gerölle mit löslichem oder verwitterbarem Bindemittel gebildet sind und meistens, in der Sohle gekrümmt, ein nach oben steiler werdendes Gefälle zeigen (Fig. 34), ist um so gefährlicher als an mit gleichmässiger Neigung abfallenden Hängen, je höher an dem Hang oder der Lehne der Einschnitt zu liegen kommt, weil hier die Neigung der Lehne meistens steiler ist als am Fusse.

Solche Einschnitte sind daher zu vermeiden, was allerdings meistens nur durch Verlegung der Trace oder Einlegung von Curven geschehen kann. Die lehrreichsten Beispiele bietet der Bau der ungarischen Ostbahn.*

ad Blatt 3 Fig. 23.

Unterwaschungen des Fusses von Hängen, welche Fluss- oder Bachbetten begrenzen, können zu erheblichen Terrainbewegungen Veranlassung geben, wesshalb die Anlage von Eisenbahnen an Hängen solcher noch in der Ausbildung begriffener Thäler bedenklich sein kann. So soll z. B. die Sill den Abhang, in welchem der Mühlthal-Tunnel (unweit Schönberg, Brenner-Bahn) liegt, unterwaschen und eine Bewegung der auf festem Gestein ruhenden Schutthalde verursacht haben, wodurch der Tunnel, welcher mit dem bergwärts gelegenen Widerlager auf dem festen Gestein, mit dem andern in der Schutthalde stand, sich schief stellte und reconstruirt werden musste. Aehnlich hat die Sill Dämme und Futtermauern unterwaschen. Man kann (vergl. III Trac., Tafel IV Fig. 35—36 Thalsperren von Pressel etc.) allerdings durch Stauung die Geschwindigkeit solcher Gewässer mässigen.**

ad Blatt 4 Fig. 40.

Der Druck eines Dammes auf seine Unterlage, kann durch Zusammendrückung derselben den Abfluss der unterirdischen Wasser auf in der Nähe der Terrainoberfläche gelegenen undurchlässigen Schichten erschweren und eine Stauung und Ansammlung des Wassers an der Bergseite herbeiführen, durch welche das Terrain unter dem Damme allmählich erweicht werden kann. Der durchschnittliche Druck auf die Fläche des Terrains wächst aber, wenn die Querschnittfläche des Dammes ein Dreieck wäre, also bei ähnlichen Querschnittflächen, direct wie die Höhe und annähernd so auch bei trapezförmigen Dämmen, wobei indessen eine gleiche Vertheilung auf die Grundfläche nicht zu Stande kommt, sondern der Druck nach der Mitte des Dammes hin pro Flächeneinheit erheblich grösser ist. Hierin liegt ein Grund mit, wesshalb Viaducte oft den Vorzug vor Dämmen an Hängen verdienen 38 u. 39 und (Disposition von Brücken 19. 1—3).

ad Blatt 4 Fig. 43.

Die Elasticität und Undurchlässigkeit des Thones bedingen eine besondere Erscheinung. Die Undurchlässigkeit ist so gross, dass in den Anschüttungen da,

* Gerstel, Entwässerungs-Anlagen im Lehmgebiete. Försters allgemeine Bauzeitung 1874.

** Siehe die Rectoratsrede am 10. Oct. 1874 von Dr. F. v. Hochstetter an der Technischen Hochschule in Wien: „Geologie und Eisenbahnbau“. Wien 1874. Verlag der Techn. Hochschule.

wo sich zusammenhängende Thonschichten zusammen begeben haben, unter diesen die aufgeschütteten Massen sich setzen können ohne dass die Thondecke folgt, denn unter derselben befindet sich die in den Zwischenräumen der Gesteine ursprünglich enthaltene Luft, ohne durch die für Luft wie für Wasser undurchdringliche Thonschicht entweichen zu können; die Folge davon ist ein förmliches Schwanken und Zittern dieser Thonschicht beim Betreten oder bei Ausübung irgend eines Druckes, ganz ähnlich dem Schwanken moorigen Bodens. dem kein Stampfen abhelfen kann, wenn nicht zugleich durch tief eingestossene Löcher der Luft Gelegenheit zum Entweichen gegeben wird. Man muss daher besonders Thonerde, wenn man sie durch Stampfen dichten will, in Schichten stampfen.

ad Blatt 6 Fig. 80.

Ueber Gräben an den Kanten der Einschnitte siehe ausführlich V. 27. 4. Dichten derselben mit Thon hat manchmal nicht genügenden Erfolg, wenn die Gräben bald nass bald trocken sind, in welchem Falle der Thon, auch wenn oft gestampft, reisst. Sie sind desshalb oft schädlicher als nützlich. Gemauertes Pflaster lässt etwaige Auswaschungen unter ihm nicht merken, weil es nicht nachsinkt; nicht gemauertes ist nicht dicht. Am besten legt man daher diese Gräben weit ab von der Oberkante der Böschung oder auch vom bergseitigen Fusse des Dammes, sucht starkes Gefälle zu erreichen, und wenn dies nicht angeht, führt man das Wasser um so häufiger durch Quergräben in den Einschnitt und mit Mulden in den Graben, oder auch durch den Damm.

ad Blatt 11 Fig. 137—140.

Um das Nachfallen oder Durchfallen von feinerem Bodenmaterial in das gröbere des Filters zu vermeiden, kann man Grasboden, Reisig, Faschinen, Stroh in Lagen oder zu groben Matten geflochten, Rohr, Reit oder Ried und Aehnliches verwenden.

ad Blatt 17 Fig. 232—237.

Ueber die Durchlässigkeit von Bettungsmaterial bemerkt Mechelen in der Versammlung des Archit. und Ingenieur-Vereins zu Aachen vom 4. Februar 1881 das Folgende:

Redner schiebt die Resultate von Versuchen voraus, welche bezweckten für verschiedene Sand- und Kiessorten das Verhältniss des Zwischen- oder Luftraumes zum kubischen Inhalte der ganzen Sand- resp. Kiessorte festzustellen: Ein 23 Liter haltendes Gefäss wurde zunächst mit den resp. Sand- und Kiessorten und alsdann wurden die Zwischenräume mit Wasser gefüllt. Dabei ergab sich das Folgende:

- a. scharfer Rheinsand nahm 7,5 L. Wasser auf;
 - b. Gartenkies von ca. 15mm mittlerem Durchmesser nahm 8,75 L. Wasser auf;
 - c. grober Kies von ca. 24mm mittlerem Durchmesser nahm 9,50 L. Wasser auf;
 - d. grober Kies von ca. 40mm mittlerem Durchmesser nahm 10,00 L. Wasser auf;
- Demgemäss betrug der Luftraum:

- a. bei scharfem Sande rot. 33% des kubischen Inhaltes der ganzen Masse;
- b. Gartenkies rot. 38% des kubischen Inhaltes der ganzen Masse;
- c. grobem Kies rot. 41% des kubischen Inhaltes der ganzen Masse;
- d. grobem Kies rot. 43% des kubischen Inhaltes der ganzen Masse.

Redner weist nach, dass diese auf praktischem Wege gewonnenen Resultate gut übereinstimmen mit solchen durch Rechnung zu erzielenden, wenn man nämlich die Sand- oder Kieskörner einer betreffenden Sorte kugelförmig und von gleicher Grösse annimmt. Die Rechnung ergibt nämlich unter diesen Voraussetzungen einen verbleibenden Luftraum von 36%, einerlei ob die unter sich gleich grossen Kugleinheiten einen grösseren oder kleineren Durchmesser haben. Die Differenzen, welche die praktischen Versuche ergaben, erklären sich dadurch, dass der scharfe, eckige Rheinsand, verglichen mit den grösseren Kiessorten, mehr von der Kugelgestalt abweicht und sich dichter ineinander schichtet. Hiermit ist gleichzeitig erwiesen, dass bei der Mörtelbereitung ein scharfer Sand einer geringeren Menge von Kalk bedarf als ein weicher Sand, dessen Körner der Kugelgestalt sich annähern, vorausgesetzt, dass zu einem guten Mörtel dem Sande nur eine den Zwischenräumen entsprechende Menge Kalk zugesetzt werden soll.

Für Geleiseunterbettungen, bei welchen die grösstmögliche Wasserdurchlässigkeit erstrebt werden muss, ist nach den vorstehenden Resultaten dasjenige Material am zweckmässigsten, welches aus gleichmässig grossen und möglichst kugelig gestalteten Körpereinheiten zusammengesetzt ist.

Ungleich gestaltiger, oder ungesiebter Rheinkies hat keine grossen Zwischenräume, wie aus nachstehender Berechnung, welcher die vorhin angegebenen praktischen Resultate zu Grunde gelegt werden sollen, hervorgeht:

Grober Kies, dessen kubischer Inhalt P ist, hat Zwischenraum $Z = 0,43 \cdot P$.

Wird dieser Zwischenraum Z mit Rheinsand gefüllt, so lässt dieser an Luftraum x noch übrig: $x = 0,33 \cdot Z$ oder: $x = 0,33 \cdot 0,43 \cdot P = 0,14 \cdot P$.

Die Zwischenräume bei ungesiebttem Rheinkies betragen demnach nur 14⁰/₀ der ganzen Masse, derselbe ist also noch weniger zu empfehlen für Unterbettungen, als feiner scharfer Sand mit 33⁰/₀ Zwischenraum.

Materialien beider Art haben aber noch den Nachtheil der Kapillar-Attraktion, welche bewirkt, dass das Wasser in den kleinen Zwischenräumen des Sandes festgehalten wird.

Feiner Sand saugt nach rohen Versuchen an circa 40⁰/₀ seines kubischen Inhaltes auf, während, wie vorhin erwähnt, der Luftraum nach theoretischer Berechnung nur 36⁰/₀ beträgt.

Vergl. auch über Entwässerung des Planums bei eisernem Oberbau: Lehwald und Riese, der eiserne Oberbau. Berlin, Toeche, mit 74 Holzschnitten und 3 Tafeln.

Die Anregung zu dieser Arbeit haben vergleichende Untersuchungen darüber gegeben: ob die Entwässerung bei Langschwellenoberbau eine so ungünstige sei, wie die Vertheidiger des Querschwellenoberbaus behaupten. Die mitgetheilten, durch zahlreiche Holzschnitte illustrierten Befunde über das Verhalten und die schliessliche Gestaltung, Beschaffenheit und Form der längere Zeit befahrenen Bettung der beiden Constructionen, sind geeignet, werthvolles Material zur Beurtheilung der genannten Frage und der Entwässerung des Oberbaus überhaupt zu geben.

ad Blatt 18 Fig. 240.

Das Princip der Parallel-Schlitzes oder Stollen ist also, etwa 20—40 Meter aufwärts vom oberen Dammfusse ab, einen, auf der nun nicht mehr von Wasser gespeisten, daher abtrocknenden wasserführenden Schicht ruhenden Erdkörper herzustellen, welcher durch das Gewicht des Dammes nicht mehr in das Gleiten gebracht wird. Ausserdem dient derselbe, wenn der obere Schlitz gehörig ausgefüllt ist dazu, der weiter oberhalb des Schlitzes gelegenen Berglehne Widerstand gegen das Rutschen zu bieten. Nach dem Obigen ist es sehr erwünscht, dass die Entwässerungs-Anlagen eine Zeit vor Aufbringen des Dammes haben wirksam sein können.

Hat dies nicht der Fall sein können, so kann man die Abtrocknung der Stelle, auf welcher der Damm zu liegen kommt, (bis zur Vollendung des vorher genannten oberhalb des bergseitigen Dammfusses gelegenen Schlitzes) dadurch beschleunigen, dass man 5—10 m von dem unteren (thalseitigen) Dammfusse entfernt, einen Schlitz bis auf die wasserführende Schicht anlegt (gut versteift und ausgefüllt, in kleinen Längen, die jedesmal wieder verfüllt werden, um die Lehne nicht ihrer Stütze zu berauben und sie ins Gleiten zu bringen). Für leichte Abführung des Wassers durch Querschlitzes, Querstollen,

oder in der Richtung des Schlitzes muss man sorgen. Dies Mittel soll auch mit Erfolg bei bereits im Rutschen begriffenen Hängen und zwar so angewendet sein, dass man parallel mit dem Schlitzes am thalseitigen Fusse des Dammes, mehrere Schlitzes in gewissen Abständen anbrachte, welche das Terrain gleichsam in einzelne Stützmauern von nunmehr abgetrockneter und auf abgetrockneter Rutschfläche ruhender Erde auflösen. (Gerstel a. a. O.)

Man hat auch durch oberhalb des Dammes getriebene Schächte Bl. 18 Fig. 240 b, die mit Steinen ausgefüllt wurden, und vom Drucke des oberhalb befindlichen Wassers gefüllt und zum Ueberlaufen gebracht wurden, also nach Art der artesischen Brunnen wirken, Abtrocknung der wasserführenden Schicht, in welche sie tief genug hineinreichten, bewirkt; auch mit Bohrern von etwa 0,3 m Durchmesser (Tellerbohrer, wie beim Setzen der Telegraphenstangen gebräuchlich), bis in die wasserführende Schicht gebohrte, mit Kies oder Steinen ausgefüllte Löcher, können ähnliche, wenn auch meistens schwächere Erfolge zeigen. Unter Umständen könnte auch die Möglichkeit vorliegen, eine absorbirende Schicht im unterliegenden (zerklüfteten) Gebirge zu finden. Dann würde man Vorrichtungen zum Abführen des Wassers entbehren können.

Nützlich ist es, die Flächen zwischen Schlitz und Einschnittsrand, wenn der Boden Lehm, der beim Austrocknen und durch die Sonnenhitze reisst, ist, sofort mit Akazien oder Weiden etc. zu bepflanzen, um durch Verfilzen und Beschatten des Bodens die Bildung von Rissen zu verhindern.

Abtrocknung der Böschung bei Bahnhof Erked, Gerstel in allgemeiner Bauzeitung 1874. pag. 12 mit Abbildung.

ad Blatt 18 Fig. 246—249.

Durch eine befestigte dichte Sohle der Stollen, bei sonst durchlässigen Seitenmauern, wird auch der Versickerung des Wassers vorgebeugt, wenn der Stollen auf gewisse Strecken Schichten trifft, welche das Wasser absorbiren würden. Letzteres würde aber dann nicht erwünscht sein, wenn dies absorbirte Wasser etwa auf einer tiefer gelegenen undurchlässigen Schicht weiter flösse. Ebenso dichtet man oft Entwässerungs-Drains, wenn sie in der Weiterleitung durch Sand gehen, falls man nicht etwa das gesammelte Wasser in der im Verfolg der Leitung angetroffenen, tiefer liegenden Sandschicht versickern lassen will 235.

Man kann übrigens auch die Seitencanäle, mit dichtem Boden und durchlässigen Wänden hergestellt, leer lassen, falls man lagerhaftes Material hat, um sie sorgfältig mauern zu können. Füllt man sie aus, so

ist das dichte Lagern des Füllmaterials nicht das Beste, weil die Zwischenräume dann eher verschlammen können. Am besten sind grosse Zwischenräume, wenn die Füllung nur fest liegt.

ad Blatt 15 Fig. 200—203.

Nach den Erfahrungen auf der ungarischen Ostbahn sollte man den Entwässerungsstollen und den Sickerschlitz ein Gefälle von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Procent zu geben suchen, je nachdem die Sohle glatt gepflastert oder gemauert ist. Bei zu geringem Gefälle können die Sickeranäle leicht verschlammen. Die Stollen halten 0,9 m obere und 1,1 m untere Breite im Lichten, und 1,1 bis 1,5 m Höhe im Lichten; die Schlitze halten 1 m Sohlenbreite im Lichten und wurden, wie Bl. 19 Fig. 254a angiebt im Lichten dimensionirt und sorgfältig mit Versteifungen (in nicht zu grossen Längen) ausgeführt. Sie wurden oft nur bis 1 m Höhe mit Steinen ausgeschichtet, (die kleinen Steine oder event. grober Kies an die Wände gelegt) zuweilen auch bis zur ganzen Höhe ausgeschichtet. Bei Mangel an Steinen wurde nur ein Steinkörper von 1 bis 2 m Höhe angebracht, auf welchen (Bl. 19 Fig. 254) gesundes, kerniges Prügel- und Wurzelholz fest ineinander gekeilt, gepackt wurde, um das Zusammenschieben der Wände zu verhindern. Die obersten 1 bis 1,3 m wurden, nachdem Rasen auf die Packung gelegt waren, wieder verschüttet. Das verfaulende Holz, dessen Moder in die Zwischenräume der Steine gelangt, kann dadurch nach längerer Zeit der Wirksamkeit der Anlage schaden. Bei in grosser Höhe mit Wasser durchzogenem Boden sind Schlitze (welche bis zu 13 m unter Terrain angelegt wurden) wirksamer als Stollen.

(Gerstel, Entwässerungs-Anlagen im Lehmgebiete. Försters allgem. Bauzeitung 1874.)

ad Blatt 20.

Die Frage ob bis auf die wasserführende Schicht gehende Längsschlitz (also in einer der Bahn parallelen Richtung) oder Querschlitz (in der Neigung des Terrains) anzulegen sind (wie bei der Rutschung zu Ronheide Bl. 20) hängt davon ab, wie nahe diese (z. B. etwa 1 m im Quadrat haltenden) Querschlitz gelegt werden müssen, damit der Boden so ausgetrocknet und cohärent werde, dass die zwischen den Schlitz liegenden Theile nicht rutschen. Bei grosser Nähe der Querschlitz (5 bis 6 m) und grösserer Tiefe derselben ($2\frac{1}{2}$ bis 3 m), wird ein Längsschlitz mit Durchlässen oder Stollen meistens eben so billig kommen.

ad Blatt 20.

Der oberhalb des Dammes befindliche Theil des Aachener Waldes war seit etwa 2 Jahren abgetrieben und das Wasser der langen Regenperiode des Winters 1880, welche bis über December mit starken Niederschlägen dauerte, ohne dass Frost dazwischen vorkam, konnte leicht, dem Gefälle der Mulde folgend, in den durchlässigen Kreidesand des Untergrundes und den Damm, der grösstentheils aus diesem Sande bestand, gelangen. Der Damm war schon längere Zeit verdächtig gewesen, da er starke Aufhöhung des Bettungsmaterials erforderte hatte.

Durch das Vorhandensein des Waldes wird zwar die Regenmenge vermehrt, aber der Wald mit seinem Laube, Moosen und Humus, dient als Regulator betreffs der Vertheilung des Wassers, regelmässiger Speisung der Quellen etc. Wenn aber auf einer geneigten Oberfläche der Wald beseitigt ist, so können durch Abtrocknen der oberen Erdschicht, Risse und Spalten etc. entstehen, welche den Zusammenhang des oberen Erdreichs, den früher auch die Wurzeln der Bäume förderten, aufheben. Der Humus-Boden wird dann bei eintretendem starken Regen abgespült. Auf dem nackten Felsen kann dann bei starken Niederschlägen in kurzer Zeit so viel Wasser an den bergseitigen Fuss des Dammes gelangen, dass dasselbe durch die gewöhnlichen Abzugswege in dem Boden unter dem Damme nicht schnell genug Abfluss findend, den Damm in grösserer Höhe anfüllt und, in ihn hineinziehend, den unteren Theil bis zum thalseitigen Fuss aufweicht, wodurch ein Abrutschen herbeigeführt werden kann, um so eher, wenn, wie im vorliegenden Falle, erhebliche Erschütterungen durch aufeinander folgende Züge vorhergingen.*

ad Blatt 20.

Ein ähnlicher Fall wie zu Ronheide ereignete sich auf der Moskau-Kursker Bahn, zwischen den Stationen Tscherny und Bastyjewo (Moskau) am 13. Juli 1882, nach Mittheilung der deutschen Petersburger Zeitung. Der Eisenbahndamm ist dort 20 rus-

* Vergl. unter anderen, zahlreichen Schriften über den Einfluss des Waldes:

Ueber Entwaldung und Hochwässer in ihrer Rückwirkung auf die Eisenbahnen von K. Engelhard. Wien 1881, und

„Der Wald und seine Beziehungen zu Rutschungen“ Vortrag am 22. Januar 1881 im österreich. Arch.- u. Ing.-Verein von L. E. Tiefenbacher. Separat-Abdruck aus der Oesterreich. Eisenbahn-Zeitung 1881. Wien 1881. Beide bei L. C. Zamarski erschienen.

Ausführlichere Mittheilungen über den Dammrutsch bei Ronheide in der Zeitschrift des hannoverschen Archit.- u. Ing.-Vereins. XXVIII. 1882. pag. 145 von v. Kaven.

sische Faden hoch (?), die Sohle des Dammes ist etwa 18 Faden (?) breit, der Bahndamm durchläuft ein Thal, welches zu einem Flüsschen abfällt, das in einer Entfernung von 30 Faden vom Geleise (?) fliesst. Das Thal ist stets sehr feucht, demgemäss ist zum Abfluss nach dem Flüsschen eine gusseiserne Röhre von einem Arschin im Durchmesser, quer durch den Damm gelegt. Die wolkenbruchartig niederstürzenden Wassermassen hatten sich zu einem kleinen See angestaut und die Abzugsröhre vollständig herausgewaschen. Dadurch war der Damm gänzlich unterwühlt und das Nebenterrain in eine Sumpfmasse verwandelt, in welchem fünf Wagen dritter und ein Wagen zweiter Klasse spurlos verschwanden. Auf die versinkenden Wagen, in denen 170 Passagiere sich befanden, stürzten die Locomotive und der Tender. Ausserdem wurden 40 Passagiere verwundet. Unverletzt blieben die Insassen der drei letzten Wagen dritter Klasse. Angeblich war schon am 11. Abends das Herausspülen von Röhren gemeldet und dennoch der Güterzug abgelassen worden, welcher sofort meldete der Bahndamm habe verhängnissvoll während der Fahrt nachgegeben. Trotzdem wurde der Postzug expedirt, und fuhr mit normaler Geschwindigkeit, als er verunglückte. Der „Golos“ bemerkt: die Bahn ist eine der ältesten, sie ist 1868 eröffnet. Der Bau war enorm theuer, für 58 Millionen Rubel von der Regierung ausgeführt worden.*

X. Erläuterungen zu I. Blatt 2a.

Stabilität einer Böschung

und Zusammenhang zwischen h (Höhe der Böschung), α (Neigungswinkel mit dem Horizont), $f = \text{tang. } \varphi$ Reibungscoefficient, C Coefficient der Inanspruchnahme auf Cohäsion.

§ 1.

Ist in Fig. 2 Blatt 2a die Gleichgewichtsbedingung gegen Abrutschen des Prismas abp auf einer Fuge \overline{ap} aufzustellen, und bedeuten:

f den Reibungs-Coefficienten = tang. φ wenn φ der Reibungswinkel,

α die Neigung der Vorderseite der Böschung ab gegen den Horizont,

C die Cohäsion oder auch die Abscheerungs-festigkeit des Erdmaterials pro Quadratmeter in der Fuge \overline{ap} , deren Länge = l gesetzt werden mag, und Θ den Winkel, welchen \overline{ap} mit dem Horizont bildet, endlich F die Fläche des Prismas = Δabp und γ das Gewicht der Kubikeinheit Erde der fraglichen Böschung, so hat man für das Gleichgewicht der Kräfte und Wider-

stände parallel der Fuge ap , wenn die Dimension normal gegen die Bildfläche = 1 gesetzt ist,

1) $F \gamma \sin \Theta - F \gamma \cos \Theta f - Cl = 0$ oder wenn man $\frac{C}{\gamma} = c$ bezeichnet auch

$$2) F \sin \Theta - F \cos \Theta f - cl = 0.$$

Nun ist bekanntlich $f = \text{tang } \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$ daher dies substituirt, auch

$$F (\sin \Theta \cos \varphi - \cos \Theta \sin \varphi) - cl \cos \varphi = 0$$

oder

$$3) F \sin(\Theta - \varphi) - cl \cos \varphi = 0.$$

Bezeichnet man $ab = s$ als Seite des Δabp , welche die Länge der Böschung ausdrückt, so ist auch

$$F = \Delta abp = s \sin(\alpha - \Theta) \frac{1}{2}$$

und dies substituirt erhält man:

$$4) s \sin(\alpha - \Theta) \sin(\Theta - \varphi) = 2c \cos \varphi$$

$$\text{also } c = \frac{s \sin(\alpha - \Theta) \sin(\Theta - \varphi)}{2 \cos \varphi}.$$

Um zu erfahren für welchen Werth von Θ die Inanspruchnahme auf Cohäsion C ein Maximum wird, hat man $\frac{dc}{d\Theta}$, also den ersten Differentialquotienten = Null zu setzen.

Man erhält:

$$\frac{dc}{d\Theta} = s (\sin(\alpha - \Theta) \cos(\Theta - \varphi) - \cos(\alpha - \Theta) \sin(\Theta - \varphi)) = 0$$

$$\text{oder } \sin(\alpha - \Theta - \Theta + \varphi) = 0$$

$$\text{daher } 2\Theta = \alpha + \varphi \text{ also}$$

$$4a) \Theta = \frac{\alpha + \varphi}{2}$$

d. h. die Rutschfuge auf welcher, wenn der dem Material eigenthümliche Werth von c bis zur Erschöpfung in Anspruch genommen wird, zuerst ein Abrutschen stattfinden würde, ist unter einem Winkel gegen den Horizont geneigt, welcher gleich der halben Summe des Neigungs- und des Reibungswinkels ist. Dies gilt auch, wenn die obere Begrenzung bg nicht horizontal, sondern von b abwärts oder aufwärts geneigt ist, und zwar kann, wenn die Abweichung von der Horizontalen nicht grösser als $\pm \varphi$ ist, die \overline{bg} unendlich lang sein.*

Substituirt man den gefundenen Werth von Θ in den Ausdruck für c so erhält man:

$$5) c \text{ max} = \frac{s \sin\left(\frac{\alpha - \varphi}{2}\right)^2}{2 \cos \varphi}$$

und da auch $s = \frac{h}{\sin \alpha}$ nach der Figur geschrieben werden kann, hat man auch:

* Bei nach aufwärts geneigtem bg kann, wenn bg unter einer gewissen Länge ist, die Inanspruchnahme auf c in der Rutschfuge, welche dann eine etwas andere Lage hat, grösser sein als wenn bg länger ist. Der Beweis würde indessen hier zu weit führen.

* 1 Faden (Saschehn) ist = $2,134$ Meter; 1 Arschin = $\frac{1}{3}$ Faden.

$$6) c \max = h \frac{\sin \left(\frac{\alpha - \varphi}{2} \right)^2}{2 \sin \alpha \cos \varphi}$$

(vergl. Ritter, Ingenieur-Mechanik p. 297).

Hieraus

$$7) h = \frac{2 c \sin \alpha \cos \varphi}{\sin \left(\frac{\alpha - \varphi}{2} \right)^2}$$

Für $\alpha = 90^\circ$ erhält man

$$8) h_0 = \frac{2 c \cos \varphi}{\sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)^2}$$

Die sogenannte Cohäsionshöhe h_0 , auf welche sich ein Hang vertikal abstecken lässt bis labiles Gleichgewicht eintritt, aus welcher Beziehung man wohl den Werth von c durch das Experiment zu bestimmen versucht hat, indem man beobachtete, bei welcher Höhe h_0 ein vertikal abgrabener Hang einstürzte; dann hat man

$$9) c = h_0 \frac{\sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)^2}{2 \cos \varphi},$$

oder auch

$$C = c \gamma = h_0 \gamma \frac{\sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)^2}{2 \cos \varphi};$$

(Ritter, Ing.-Mechanik p. 298, nur dass dort c die Bedeutung hat wie hier C).

$$\text{Aus 8 fand sich } c = \frac{h_0 \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)^2}{2 \cos \varphi}$$

und dies in 7 gesetzt hat man auch:

$$9a) h = \frac{h_0 \sin \alpha \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)^2}{\sin \left(\frac{\alpha - \varphi}{2} \right)^2}$$

(Ritter, Ing.-Mech. p. 298).

§ 2.

Die Abhängigkeit zwischen α , f , c und h lässt sich durch eine Parabel *nz* Fig. 2 Bl. 2a deren Axe re unter φ gegen den Horizont geneigt ist, darstellen. In dieser Parabel liegen die Eckpunkte b der Böschungen von verschiedenen Neigungen α ; die Linie $a1$ in der Figur ist z. B. = h_0 für das fragliche Material.

Um die Gleichung für die Parabel abzuleiten, hat man aus Gl. 5

$$s = \frac{2 c \cos \varphi}{\sin \left(\frac{\alpha - \varphi}{2} \right)^2}$$

Nach einem trigonom. Satze ist bekanntlich:

$$\sin \alpha^2 = \frac{1 - \cos 2 \alpha}{2}$$

daher auch:

$$\sin \left(\frac{\alpha - \varphi}{2} \right)^2 = \frac{1 - \cos (\alpha - \varphi)}{2}$$

und deshalb kann man schreiben

$$s = \frac{4 c \cos \varphi}{1 - \cos (\alpha - \varphi)}$$

Nimmt man in Fig. 2 als Coordinaten-Ursprung a und die unter φ geneigte re als Abscissenaxe, so ist $ad = x$ und $db = y$ gesetzt, nach der Fig. 2,

$$ab = s = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Ferner aus der Figur:

$$\cos (\alpha - \varphi) = \frac{x}{s} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

und setzt man dies in den letzten Ausdruck für s so hat man

$$s = \sqrt{x^2 + y^2} = \frac{4 c \cos \varphi}{1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}}$$

und $4 c \cos \varphi = A$ gesetzt, wird $\sqrt{x^2 + y^2} - x = A$, daher: $y = \pm \sqrt{(A + x)^2 - x^2}$, oder, die Klammer unter der \sqrt aufgelöst

$$y = \pm \sqrt{A(A + 2x)}$$

also 10) $y = \pm \sqrt{4 c \cos \varphi (4 c \cos \varphi + 2x)}$

Als Gleichung einer Parabel deren Coordinatenursprung a im Brennpunkte liegt, und deren Axe unter φ gegen den Horizont geneigt ist.

Es wird $y = 0$ für $x = -2 c \cos \varphi = \overline{an}$ der Fig. 2. Die Brennweite ist $= \overline{an}$ und die auf $\overline{nr} = \overline{an}$ im Punkte r rechtwinkelig stehende \overline{rq} ist die Directrix der Parabel.

Die Construction geschieht bequem in der Weise, dass man mit $\overline{ar} + x$ einen Kreisbogen aus a beschreibt, dann ist der Schnittpunkt desselben mit der zu x gehörenden verlängerten Ordinate ein Punkt der Parabel. Ist \overline{be} die Normale der Parabel, so ist wie aus der Fig. und den Eigenschaften der Parabel folgt \overline{mb} eine Tangente an b und parallel der Rutschfuge \overline{ap} , welche man also umgekehrt für jeden Punkt der Parabel resp. für den Endpunkt irgend einer Böschung findet, z. B. für 1 u. 2, indem man eine Tangente an den betreffenden Punkt der Parabel legt und durch den Brennpunkt a eine Parallele zieht, welche die betr. Rutschfuge für $c \max$ angiebt.

Es ist endlich, wenn $\overline{an} = 2 c \cos \varphi$ gefunden wurde, $\overline{an} = 2c$ und $\overline{at} = 4c$, denn $\angle tar$ ist nach der Voraussetzung $= \varphi$. Der Parameter der Parabel ist noch $= 2 \overline{ra} = 8 c \cos \varphi$.

Misst man $2c$ mit $= \overline{a_0}$ nach dem Massstabe der Figur in Metern und multiplicirt die halbe gefundene Länge mit γ als Gewicht der Cubikeinheit oder des Cubikmeters Erde in Kilogr., so hat man den numerischen Werth der Maximalbeanspruchung auf Cohäsion in der Rutschfuge, in Kilogr. pro \square Meter.

§ 3.

Zahlenbeispiel zur Construction der Cohäsionsparabel.

In Winkler „der Unterbau, 3. Aufl. pag. 153“, kommt ein Beispiel vor, mit einer Erdart, für welche $\varphi = 33^\circ 42'$, also $\tan \varphi = \frac{2}{3}$ ist, und welche auf $h_0 = 1,2$ m vertikal abgegraben, im labilen Gleichgewichte ist. Nach Formel 8 ist

$$h_0 = \frac{2c \cos \varphi}{\sin \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)^2}$$

da aber nach einer trigon. Beziehung

$$2 \sin \alpha^2 = 1 - \cos 2\alpha \text{ ist,}$$

so ist auch
$$\sin \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)^2 = \frac{1 - \cos (90^\circ - \varphi)}{2} = \frac{1 - \sin \varphi}{2}$$

also auch
$$h_0 = \frac{4c \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

da ferner $\frac{\cos \varphi}{1 - \sin \varphi} = \cotang \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ ist erhält man

$$h_0 = 4c \cotang \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

und hieraus:

$$c = \frac{1}{4} h_0 \tan \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

also $c = 0,25 \cdot 1,2 \tan (45^\circ - 16^\circ 51') = 0,1605$.

Die Brennweite $\frac{1}{an}$ der Parabel wird, weil $\cos \varphi = 0,8322$.

$$\frac{1}{an} = 2c \cos \varphi = 2 \cdot 0,1605 \cdot 0,8322 = 0,26714.$$

Wäre das Gewicht der Erdart pro Cubikmeter z. B. = 1800 kil., so würde der diesem Erdmateriale eigenthümliche, oder sein specifischer Widerstand auf Cohäsions- oder Abscheerungsfestigkeit $c\gamma = C = 0,1605 \cdot 1800 = 288,90$ kil. pro \square m betragen.

§ 4.

Herstellung von Böschungen, die eine verlangte Sicherheit gegen Abrutschen bieten.

Sind f und c die dem Erdmaterial eigenthümlichen (specifischen) Coefficienten, so dürfen diese, da man nicht bis an das labile Gleichgewicht gehen darf, nicht ganz beansprucht werden. Die Böschung muss also bei gegebener Neigung α in der Höhe kleiner, oder bei gegebener Höhe h in der Neigung flacher sein, als die zugehörige Cohäsionsparabel angiebt, oder auch: beide, Höhe und Neigung müssen vermindert werden.

Wenn man annimmt, dass an der Grenze des labilen Gleichgewichtes, c und f bis zur Erschöpfung gemeinschaftlich und gleichzeitig beansprucht werden, so muss man, so lange nicht Beobachtungen dem widersprechen, auch folgerecht annehmen: dass bei Böschungen, welche noch nicht an das labile Gleichgewicht angekommen, sondern sicherer sein sollen, von

c und f gleiche Bruchtheile c_1 und f_1 in Anspruch genommen werden, so dass also $\frac{c}{c_1} = \frac{f}{f_1}$ ist. Diese Annahme entspricht, wie sich zeigen lässt, den wirklichen Vorkommnissen am besten. Der Bruch $\frac{f}{f_1}$, oder $\frac{c}{c_1}$, kann dann als Mass der Sicherheit angenommen werden. Beispielsweise ist, wenn $\frac{f}{f_1} = 1,5$, die Sicherheit gegen Einstürzen eine $1\frac{1}{2}$ fache. Oder was dasselbe ist: Die Werthe $\frac{c}{c_1}$ und $\frac{f}{f_1}$ könnten durch irgend Ursachen (Feuchtigkeit, Erschütterung etc.) von 1,5 auf 1 sich vermindern, bis labiles Gleichgewicht oder die Gefahr des Einsturzes resp. Abrutschens auf der Rutschfuge eingetreten sein würde.

Um aus einem praktischen Falle Zahlen abzuleiten, diene das Folgende. Der Reibungswinkel φ von zu Dämmen verwendeter oder in Einschnitten vorkommender gewöhnlicher Erdart, möge auf 35° geschätzt werden. Ferner werde zugegeben, dass erfahrungsmässig ein Damm dieser Erdart, von 18 m Höhe, mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage, also $\cotang \alpha = 1,5$ genügende Sicherheit biete.

Das Mass der Stabilität oder die Grösse der vorhin definirten „Sicherheit“ ist bei diesem Damm noch nicht bekannt. Es werde angenommen dasselbe sei $\frac{f}{f_1} = 1,5$ und dann werde untersucht: wie gross man c bei solcher Erdart zu verlangen hat, damit man auch betreffs der Beanspruchung auf Cohäsion c_1 dieselbe Sicherheit zu erwarten habe; dass also $\frac{c}{c_1} = \frac{f}{f_1}$ sei.

Setzt man statt $f = \tan 35^\circ$ also $f_1 = \frac{2}{3}f$; $h = 18$ m; $\cotang \alpha = 1,5$ (also 27 m Basis bei 18 m Höhe), so kann man c_1 nach Fig. 1 Taf. 2a durch Construction finden, oder durch Rechnung nach Gleichung 6 ermitteln, oder auch das Resultat für beliebige Höhen und Neigungen durch die Cohäsionsparabel darstellen, wie dies Fig. 12 Bl. 2a geschehen ist.

Durch Rechnung erhält man, da $\tan 35^\circ = 0,70028$ und $\frac{2}{3} \tan 35^\circ = 0,46685$, genau genug = $\tan 25^\circ$ ist, das Folgende; nach Formel 6 ist

$$c_1 \max = \frac{h \sin \left(\frac{\alpha - \varphi_1}{2} \right)^2}{2 \sin \alpha \cos \varphi_1}$$

und da $\tan \alpha = \frac{2}{3} = 0,666 = \tan 33^\circ 40'$ und $h = 18$ m, so wird.

$$c_1 \max = \frac{18 \cdot \sin (4^\circ 20')^2}{2 \sin 33^\circ 40' \cos 25^\circ} = \frac{0,10276}{1,00434} = 0,1 \text{ genau genug.}$$

Das specifische c der Erdart muss also wenigstens 0,15 betragen, wenn die Sicherheit betreffs der Inanspruchnahme der Cohäsion ebenfalls eine 1,5fache sein soll. Dieser Werth $c = 0,15$ ist auch für mittlere Erdarten, wie sie dies Beispiel im Sinn hat, ganz passend.

Bei $\gamma = 1500$ ist also hier die spezifische Cohäsion = $1500 \cdot 0,15 = 225$ Kil. pro \square m und die wirklich beanspruchte $2/3$ davon = 150 Kil.

Man kann jetzt die Cohäsionsparabel construiren, oder berechnen. Sind wie in Fig. 12, x die Abscissen vom Brennpunkte oder dem Fusse a der Böschung aus, auf der unter $\varphi_1 = 25^\circ$ geneigten Axe gemessen, so hat man nach Gl. 10.

$$y = \sqrt{4c_1 \cos \varphi_1 (4c_1 \cos \varphi_1 + 2x)}$$

und da $\cos \varphi_1 = 0,906308$

$$y = \sqrt{0,3625 (0,3625 + 2x)}$$

Hiernach erhält man folgende Werthe, die in Fig. 12 aufgetragen sind,

x = -0,18125 1 5 10 15 20 25 30 35 m
 y = 0,00 0,925 1,938 2,719 3,318 3,825 4,273 4,678 5,050 m
 wonach man die Parabel zeichnen und die Höhe der Dämme verschiedener Neigung, welche $1\frac{1}{2}$ fache Sicherheit bei der fraglichen Erdart bieten, finden kann. Es kann selbstredend dieselbe Rechnung für eine Einschnittsböschung gelten.

Nach Formel 7

$$h = \frac{2c_1 \sin \alpha \cos \varphi_1}{\sin \left(\frac{\alpha - \varphi_1}{2} \right)^2}$$

erhält man durch Rechnung folgende Werthe, welche in Fig. 12 eingetragen sind.

Böschungsverhältniss = Basis zur Höhe.	cotang α	$< \alpha^\circ$	Höhe h in Metern.
$\frac{1}{2} : 1$	0,50	63° 25'	1,493
1 : 1	1,00	45° 00'	4,250
5 : 4	1,25	38° 40'	8,156
4 : 3	1,33	36° 52'	10,164
3 : 2	1,50	33° 40'	18,000

Diese Zahlen stimmen mit der auf belgischen und französischen Bahnen wohl befolgten Regel überein, (v. V, Bl. 18), den Böschungen bei Einschnitten von 0 — 4 m Tiefe die $5/4$ fache, und über 8 m Tiefe die $1\frac{1}{2}$ malige Höhe zur Basis zu geben, und ähnlich bei Dämmen zu verfahren.

Ob man bei Dämmen und Einschnitten verschiedener Höhe resp. Tiefe dieselbe Sicherheit also einen gleichen Bruchtheil von den specifischen c und f rechnen soll? — Dabei dürfte Folgendes in Rücksicht kommen.

Niedrige Dämme verlieren meistens eher eingedrungene Feuchtigkeit, als sehr hohe, so dass Cohäsion und Reibung weniger gefährdet sind durch reichliche Feuchtigkeit, welche sie verringern kann. Beim Passiren von Zügen entstehende Erschütterungen, durch welche Reibung und Cohäsion ebenfalls vermindert werden können, wirken vielleicht auf niedrige Dämme der ge-

ringen Masse wegen, mehr ein, als auf hohe. Die Ausführungen der Dämme, je nach dem Transportgeräth und der Art der Schüttung (siehe weiter unten § 6), die seit der Herstellung bis zum Befahren verflossene Zeit, also die Zeit, innerhalb welcher ein Sacken oder Sichsetzen der Schüttung vor Beginn der Erschütterung statt gefunden hat, die Witterung bei der Ausführung z. B. Regen bei durchlässigem Material, als das Setzen befördernd, nützlich, bei thonigem, Lehm etc. schädlich, sind von grossem Einfluss.

Zahlen-Angaben über hohe Dämme und tiefe Einschnitte bei deutschen und ausländischen Bahnen, finden sich in VI „kurze Anleitung zum Projectiren von Eisenbahnen“, pag. 37 etc.

§ 5.

Construction eines der Werthe h, α , $f = \text{tang } \varphi$ und c, wenn drei dieser Werthe gegeben sind.

Mit Hülfe der Sätze über die Cohäsionsparabel, hat man noch das Folgende:

1) gegeben h, α und f, gesucht c Fig. 8 Bl. 2a.

Mit ba aus b Kreisbogen, dessen Tangente gegen $\overline{ar} \perp$ gerichtet, dann ist $\overline{ta} = 4c$.

2) Gegeben α f u. c, gesucht h. (Fig. 9.) Theile $\alpha - \varphi$ in die Hälfte, ziehe durch a $\perp \overline{ak}$ und durch t $\perp \overline{ri}$, dann durch Schnittpunkt q eine Parallele mit \overline{ri} , welche die unter α gezogene Gerade in b schneidet.

3) Gegeben h, α u. c, gesucht f. (Fig. 10.) Von b aus Kreisbogen mit \overline{ba} , dann durch t eine Tangente an den Kreis, die Normale durch a gegen die Richtung \overline{rq} giebt den Reibungswinkel φ .

4) Gegeben h, f u. c, gesucht α . (Fig. 4.) Ziehe durch t die $\overline{rq} \perp \overline{ri}$ und suche den in der durch die Höhe h gehenden Horizontalen gelegenen Punkt b, von dem aus, als Mittelpunkt, ein mit dem Radius \overline{ba} beschriebener Kreis die \overline{rq} tangirt. Dann ist \overline{ba} die Böschung.

Andere Constructionen mit Hilfe eines aus der halben Höhe der Böschung beschriebenen Kreisbogens sind nachfolgende auf Tafel 2a vermerkte.

1) Gegeben h, α u. f, gesucht c. Fig. 1. Mit $\frac{\overline{ab}}{2} = \frac{s}{2}$ Kreis aus v — von b aus $\overline{bi} \perp \overline{in} - \overline{vi}$ unter φ geneigt, also $\parallel \overline{ai}$ gezogen — dann ist die Horizontale $\overline{we} = 2c$. Eben so ist $\overline{oa} = 2c$.

2) Gegeben α , f u. c, gesucht s $\sin \alpha = h$. Fig 2. Ziehe \overline{ap} unter $\frac{\alpha - \varphi}{2}$ von s geneigt — von a ziehe $\overline{am} \perp \overline{ap}$ — von o ziehe $\overline{om} \perp \overline{ne}$ — durch Schnittpunkt m eine \parallel mit \overline{ne} — dann ist $\overline{av} = \frac{1}{2} \overline{ab} = \frac{1}{2} s$. Oder auch ziehe $\overline{mb} \parallel \overline{ap}$ — dann giebt Schnittpunkt b mit der Neigung der Böschung die Länge $\overline{ab} = s$.

3) Gegeben h, α u. c , gesucht $f = \tan \varphi$.

Fig. 3. Mit $\frac{s}{2}$ aus v ein Kreis — Tangente $\overline{m_0 o}$ durch \overline{o} — dann Normale $\overline{n_1 i}$ durch a gegen verlängerte $\overline{m_0 o}$ — dann ist $\overline{n_1 i}$ um φ gegen den Horizont geneigt.

4) Gegeben h, f u. c , gesucht a . Fig. 4. Ziehe $\overline{r q} \perp \overline{a r}$ — suche Punkt b so, dass ein mit $\overline{b a}$ beschriebener Kreis $\overline{r q}$ tangirt — dann ist $\overline{b a}$ die Böschung — oder auch v in der halben Höhe h gesucht, von wo Kreis mit $\overline{v a}$ beschrieben $\overline{r q}$ tangirt.

5) Gegeben von 2 Hängen derselben Erdart h und h_1 und a und a_1 , gesucht $f = f_1$ und $c = c_1$. Fig. 5. Beschreibe mit den halben Längen der Böschungen Kreise mit $\overline{v b}$ resp. $\overline{v_1 b_1}$ — ziehe gemeinschaftliche Tangente $\overline{m n}$ — verlängere sie und ziehe normal gegen sie durch a die $\overline{a i}$ — dann ist φ gefunden und $\frac{a o}{a_1 o} = 2c$ max.

Ist statt c der Werth h_0 gegeben so hat man z. B. folgende Lösungen.

ad 1) Gegeben h, α u. f , gesucht h_0 . Fig. 6. Kreis mit $\overline{b a}$ — dann $\overline{r q}$ als Tangente und $\perp \overline{r a}$ — Suche Centrum x in der Vertikalen durch a so, dass mit $\overline{a x}$ beschriebener Kreis $\overline{q r}$ tangirt. — Dann ist $\overline{a x} = h_0$.

ad 2) Gegeben α, f u. h_0 , gesucht h . Fig. 7. Stelle $< \frac{\alpha - \varphi}{2}$ her — ziehe $\overline{r q} \perp \overline{r i}$ und tangirend an den mit $h_0 = \overline{a x}$ beschriebenen Kreis — dann $\overline{a q} \perp \overline{a p}$, und vom Schnittpunkt $q \parallel \overline{r i}$ eine Linie gezogen, giebt durch den Schnittpunkt b mit der Böschung die Höhe.

ad 3) Gegeben h, α u. h_0 , gesucht f . Fig. 6. Kreisbogen mit $\overline{b a}$ aus b und mit $\overline{x a}$ aus x — ziehe $\overline{r q}$ als Tangente und durch $a \overline{r i} \perp \overline{r q}$.

ad 4) Gegeben h, f u. h_0 , gesucht a . Fig. 6 Beschreibe Kreisbogen mit $\overline{x a}$ aus x — ziehe $\overline{r q}$ als Tangente und $\perp \overline{r i}$. Dann suche Punkt b in der Horizontalen durch h , von welchem, als Mittelpunkt, ein mit $\overline{b a}$ beschriebener Kreisbogen die $\overline{r q}$ tangirt.*

§ 6.

Numerische Werthe für den specifischen Reibungs-Coefficienten f und den specifischen Cohäsions-Coefficienten c .

Nach dem bisher Gesagten kann man annehmen, dass Reibung und Cohäsion gleichzeitig wirken und zu procentuell gleichen Theilen in Anspruch ge-

* Die geometrische Lösung dieser Aufgaben fällt mit dem sogen. Apollonischen Berührungsproblem zusammen. Siehe z. B. Lehrbuch der Geometrie von Heis und Eschweiler 1. Theil, Planimetrie. Köln 1870. 5. Aufl. pag. 287 etc. oder auch Aschenborn, Lehrbuch der Geometrie 1862, 1. Abschnitt pag. 206 etc. Doch führt in den vorliegenden Fällen, wie hier geschehen, Probiren genau genug zum Ziel.

nommen werden. Ferner nimmt man an, dass — bei den, bei Erdconstructions vorkommenden Drücken, — die Reibung dem Drucke proportional ist, und dass die Cohäsion vom Drucke unabhängig, der anhaftenden Fläche proportional ist. Diese Annahmen werden indessen nicht durchaus anerkannt und einige glauben, dass die Cohäsion mit vermehrtem Drucke, vielleicht in Folge Verdichtung des Materials, wachse. Andere nehmen auch die Reibung mit der Tiefe veränderlich an.*

Dass beide, Reibung und Cohäsion, am meisten vielleicht die Reibung, durch Erschütterungen vermindert werden, ist ausser Zweifel. Am meisten zeigt dies sehr trockener feiner Sand, der als gar keine Cohäsion besitzend angenommen werden kann und bei dem Erschütterungen die Reibung auf nahe Null bringen, wie man dies mit einem Sandhaufen, der auf einer Unterlage ruht, die durch aufeinander folgende, nur schwache Schläge geklopft wird, leicht zeigen kann. Uebrigens wirkt die Form der einzelnen Körner, ob rund oder eckig, namentlich bei gröberer Stücken ohne Zweifel nicht unwesentlich auf die Grösse des Reibungs-Coefficienten ein.

Die genaue Beschreibung eines Materials ist schwierig und z. B. feiner Sand kann sich, je nach seinen Bestandtheilen sehr verschieden verhalten, in so fern, als die Feuchtigkeit einen grossen Einfluss, namentlich auf die Cohäsion ausübt, wesshalb es z. B. darauf ankommen würde, ob man reinen Quarzsand oder Sand mit kalkigem oder thonigem Bindemittel vor sich hat. Eine mässige Durchfeuchtung vermehrt die Cohäsion, weil sie ein gewisses Zusammenbacken der Theilchen herbeiführt, was auch bei gröberem Sande, selbst wenn diese nicht thonhaltig ist, beobachtet werden kann, und bei feinem Sande, mit Körnchen von 1mm und kleiner, tritt um so mehr eine Vergrösserung der Cohäsion ein. Am meisten vermehrt eine gewisse Feuchtigkeit die Cohäsion bei Thonarten. Betreffs des Beibehaltens der Feuchtigkeit, verhalten sich die Materialien sehr verschieden, indem sie diese um so eher wieder hergeben, je geringer das Quantum thonigen Bindemittels ist. In dieser Beziehung sind reiner Quarzsand und Thon Gegensätze. Die durchfeuchteten Sande verlieren bei dem Trockenwerden die Cohäsion oft ganz wieder, während plastischer Thon, der die Feuchtigkeit nur schwer und langsam wieder hergiebt, dies nicht thut, wesshalb Thon, Lehm, Löss und Mergel, wenn sie trocknen, viel steilere Böschungen bei-

* Vergl. Löwe. Alte und neue Versuche über Reibung und Cohäsion von Erdarten. München 1872. R. Oldenburg.

behalten, als Sand, der, wenn anfangs mit steiler Böschung abgegraben, beim Trocknen bald nachstürzt.

Ein Uebermass von Feuchtigkeit verringert Reibung und Cohäsion. Trockner Sand, der eine Böschung von etwa $1\frac{1}{2}$ Basis auf 1 Höhe annimmt, bildet, in Wasser geschüttet, eine Böschung von $2-2\frac{1}{2}$ Basis auf 1 Höhe. Thon und thonhaltige Erdarten können, reichlich mit Wasser gesättigt, welches z. B. durch Trockenrisse eindringt, gänzlich zerfließen und Dämme aus so durchfeuchteten Erdarten platten sich durch ihr eigenes Gewicht ab, bis sie eine sehr flache Böschung erhalten haben. Dasselbe gilt von der Verminderung der Reibung und Cohäsion auf den, meistens aus Thon oder thonigen Erdarten bestehenden natürlichen Rutschflächen, wesshalb man, um ein Abrutschen auf diesen zu verhindern, sie durch Abschneiden des Wasserzufflusses abzutrocknen sucht.

Man kann, da die Erschütterung hier geringer ist, den Dämmen und Einschnitten von Landstrassen und von secundären Bahnen immerhin etwas steilere Böschung unter sonst gleichen Umständen geben, als denen von Hauptbahnen, die mit schweren Zügen und grösserer Geschwindigkeit befahren werden.

Endlich können bei derselben Erdart, Cohäsion und vielleicht auch Reibung verschieden sein, je nachdem sie sich in natürlichem Zustande als gewachsener Boden z. B. bei Einschnittböschungen befindet, oder zur Aufführung von Dämmen gelöst werden musste, um dann aufgeschüttet zu werden. In letzterem Falle kommt wieder in Frage, auf welche Weise und unter welchen Umständen die Schüttung geschah. Betreffs der Herstellung kommt es darauf an, ob Schüttung in Lagen als die beste, Schüttung in ganzer Höhe (Kopfschüttung) oder Verbreiterung durch Seitenschüttung (bei hohen Dämmen und bei durch Wasser auflösbarem Material am wenigsten zu empfehlen), stattfand. Namentlich bei Seitenschüttungen kommen oft Abrutschungen der Böschungen vor, wenn der zu verbreiternde Kern, auf der Oberfläche durch längeres Liegen (z. B. einen Winter hindurch) schlüpfrig geworden ist, was um so leichter vorkommt, je mehr Thon derselbe enthält.

Die gebrauchten Transport-Geräthe haben insofern grossen Einfluss, als durch den Verkehr mit ihnen auf dem zu schüttenden Damme, derselbe gedichtet und eine dem Stampfen ähnliche Wirkung erzielt wird. Hier folgen Karrentransport, Handwagen, Pferdekarren und Locomotivtransport aufeinander, nach dem Erfolge auf Dichtung des Dammes geordnet, so dass Karrentransport der vorzüglichste ist, wozu noch kommt, dass bei ihm meistens Lagenschüttung angewendet wird.

Stampfen des dazu geeigneten Bodens kann um so

mehr, je dünner die gestampften Lagen sind (0,3—0,5 m), die Cohäsion des Bodens vermehren und ihm einen gewissen Grad von Elasticität verleihen, die besonders bei Erschütterungen nützlich ist und die gewachsener Boden, der überdies nicht die Homogenität des gestampften hat, sondern oft mit Schichtungen, Stichen etc. versehen ist, selten oder gar nicht besitzt. Einen geringeren Erfolg als Stampfen, hat das Ueberfahren mit Walzen, welches z. B. auf der hannoverschen Bahn (Bremen-Geestemünde) versucht worden ist.

Endlich kommt es auf die Witterung während Herstellung des Dammes ausserordentlich an. Regen kann rein sandiges Material dichten, da es sich setzt wenn Feuchtigkeit durchsickert, während bei Arbeiten mit Thon und Lehm etc. Regenwetter ausserordentlich störend ist, indem es Gewinnen und Transport erschwert und die Feuchtigkeit des im Damme abzulagernden Bodens vergrössert.

Der Ausdruck „Reibungswinkel“ ist dem „natürlicher Böschungswinkel“ vorzuziehen. Von letzterem würde nur bei einem Material ohne alle Cohäsion die Rede sein können, wo dann beide Bezeichnungen zusammenfallen. Ein Material ganz ohne Cohäsion kommt aber beim Erdbau selten vor, und bei jedem mit Cohäsion behafteten Erdreiche, ist der Böschungswinkel, den es annimmt, immer von der Höhe mit abhängig, was bei nur Reibung besitzender Erdart nicht der Fall ist.

Ist die Cohäsion C in Kilogramm pro \square Meter gegeben und ebenso das Gewicht der Cubikeinheit der Erdart, das allerdings von dem Feuchtigkeitsgehalte mit abhängt, während man dagegen in den meisten Fällen bei Dämmen den Einfluss der bleibenden Lockerung der Erdart vernachlässigen können, mit γ , so ist gesetzt worden der sogen. Cohäsions-Coefficient

$$c = \frac{C}{\gamma}$$

Beispielsweise sei die Abscheerungsfestigkeit oder Cohäsion von Dammerde $C = \text{pro } \square \text{ m} = 500 \text{ Kil.}$ und das Gewicht des Cubikmeters $\gamma = 1,5 \cdot 1000 = 1500 \text{ Kil.}$ so ist $\frac{C}{\gamma} = c = \frac{500}{1500} = 0,333$.

Bei den graphischen Darstellungen wird c nach dem Massstabe der Figur in Metern gemessen und mit γ der betreffenden Erdart multiplicirt, um den numerischen Werth von C in Kil. pro \square m zu erhalten.

Die Angaben über die Werthe des Reibungscoefficienten $f = \text{tang } \varphi$ resp. des Reibungswinkels φ und über die Cohäsion, sind, wie es nicht anders sein kann, ausserordentlich schwankend, und es erscheint erforderlich in concreten Fällen, die wichtig genug sind, c und f durch besondere Versuche in genügend grossem

ATLAS.

~~~~~  
EINUNDZWANZIG TAFELN.  
~~~~~


I. Bildung der Einschnitte

in verschiedenen Bodenarten.

Wasserverhältnisse: Beseitigung des Sagenwassers aus der Nähe der Einschnitte, damit auch der gewonnene Boden trocken sei. Bei durchlässigem Boden Wirkung auf Austrocknen des umgebenden Terrains. Ist dies nicht zulässig: (Industrie) Dichten der Wasserläufe.

1. Unter Wasser. Kapselagerung oder Trockenlagerung. Letzteres unter Ausschöpfen oder wenn möglich: Abteilen des Wassers in einen tiefer gelegenen Rieppienlen.	2. In Sumpf, Moor und Dorf. Wenn künstlich, wie unter Wasser zu behandeln. Formveränderung durch Anweichen der Böschungen resp. Aufsteigen des Stammes. Beschwerung der Leitern. Bekleidung der Böschungen wegen Feuergefahr.	3. In Sand u. Kies. Bequem wenn kein Schlagand, ist malige Böschung. Entwässerung leicht. Daher nicht vom Frost leidend. Bei Kleidung der Böschungen mit fruchtbarem Boden resp. Rasen, gegen Wind und Regen.	4. In Lehmboden. Wenn geschlossen, wasserdicht und quellenfrei. Weil Sandadern durchziehen: Wasser, welches beim allmählichen Aufrost: Gleitflächen. Rasche Abführung des Sages und inneren Wassers. Gräben mit gehörigem Gefälle. Oft Schutz des Fußes der Böschungen, wegen Aufweichen derselben erforderlich.	5. In Thon u. Mergel. Wenn durchlässiger Boden über Thon, bildet sich wasserführende Schicht auf ihm und daher Abweichungen. Vor abwechselnd Feucht. Heiß und Trockenheit durch Beschattung schützen. Mergel zwar mit steilen Böschungen, weil auch oft so hart, daß mit Pulver gesprengt werden muß; verändert sich aber, zerfällt an der Atmosphäre.	6. In Gerölle und mit Steinen gemischte Boden. Gerölle: Steinkümmen, welche ihren Platz schon einmal gemischt haben und wo die Zwischenräume mit Lehm oder Thon ausgefüllt sind. Böschungen stehen gut, weil auch bei Auswaschungen des löstlichen Bindemittels die Trümmer ihren Platz behaupten.	7. In losem Gestein. Theils unreife, theils verwiterte oder in Blatten oder Würfeln zerfallene Steinlagen von verschiedener Standfähigkeit. Stark geneigte mit Mergel gebundene oder vertikal zerklüftete Schichten halten sich schlecht. Frost wirkt ein. Die Böschung nach dem Bindemittels die Trümmer ihren Platz behaupten.	8. In festem Gestein. Einschnitte mit ganz steilen Böschungen und ohne alle Abrücke zulässig. Große Klüfte oder Schichten von zerdrückbaren und aufbläsbarem Material werden ausgemauert, es ist für ihre Wasserabführung zu sorgen. Bei stark geneigten Schichten verfährt man ähnlich wie bei weichem Gestein.
---	---	---	--	--	--	--	--

II. Bildung der Aufträge

auf verschiedenem Untergrund und von verschiedenem Material.

Zu berücksichtigen: Gestalt des Untergrundes, sowie Beschaffenheit. Das Schüttungsmaterial, die Art der Schüttung: Kopf-, Säulen-, Lagenschüttung. Schüttungen an geneigten Dämmen bedenklich.

Durch Wasser. Nicht auf lösliches Material und schweben. Bei Wellenschlag flacher Standort. Steilere Böschung an befestigen, um so mehr je reißender das Wasser. Kameralich den Fuß sichern durch Steinschüttung oder Faschinen.	Durch Sumpf, Moor und Dorf. Benutzung der Oberfläche als Drost. Roste aus Faschinen. Gleichmäßiges Aufbringen des Dammes. Einwärts bis zum Gleichgewicht, oder bis auf den festen Boden. Niedrige Dämme von trockenem Moor an den Gräben hergestellt.	Auf und von Lehm. Wasserführende Auflagerfläche löst Lehm auf, daher abtropfen. Feigere Dämme wenig geeignet. Gut an Decken gegen Einwirkung des Frostes. Herstellung eines trockenen Stammes durch starke Kieslage auf Damm.	Auf und von Thon. Lässt kein Wasser durch, daher als Auflager schlipfrig. Bei geneigtem Terrain daher gute Abkennung und Damm mit Verzahnung einlassen. Zwischenräume wenig geeignet, viel Zwischenräume, starkes Setzen, Ausfließen hoher Dämme.	Auf und von Sand und Kies. Zuverlässige Basis. Quellbrand. Schichten am besten mochten und Quellen abführen. Ein Drost, Lehm von Auflagen vorzüglich geeignet, weil schwer, dicht lagend, daher wenig Setzen, leicht zu gewinnen und zu transportieren.	Von Gerölle. Gerölle geeignet, besonders wenn Steinkümmen mit thonigen Bindemittel gemischt sind. Böschungen ziemlich steil, wenn aber verwittert, hat aus jüngeren Formationen, bald mit Humus bedecken und begrünen.	Von losem und weichen Gestein. Schlecht Bindemittel. Schiefes Gestein schüttel sich sperrig, daher viel hohle Räume und starkes Setzen, also entsprechend starkes Ueberziehen oder Verkleben Dämme. Mischung mit feinem Material verbessert Schüttung. Bald mit Humus bedecken u. begrünen.	Von festem Gestein. Reines Stb. Material setzt sich wenig. Kann ohne Schüttung 1/4 malige Anlage erhalten. Wenn gepackt oder geschichtet: steiler. Oft auf Steinläufe, zwischen denen Schüttung von anderem Material. Fugen mit Erde gefüllt, um Auswaschen zu befördern.
--	---	---	---	---	--	---	---


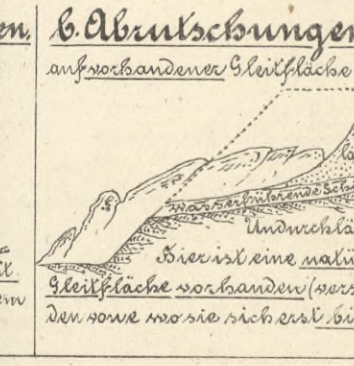
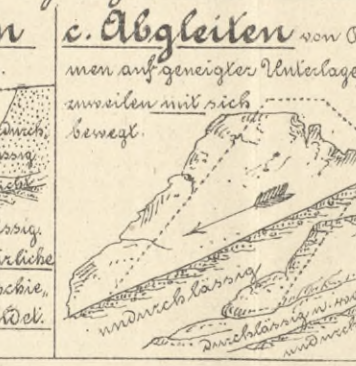

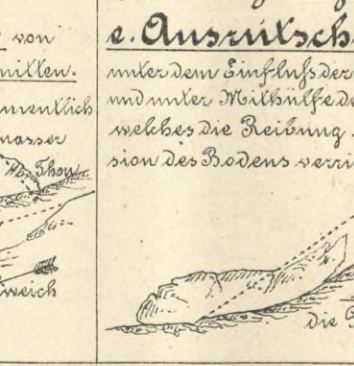

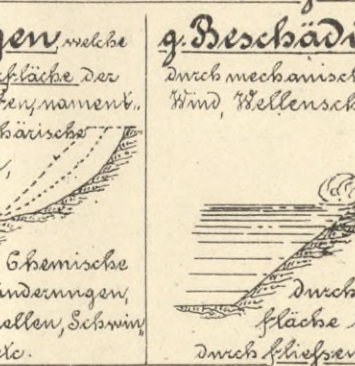
III Sicherung und Reparatur der Erdbauten.

Beschädigungen, welche bei Erdbauten vorkommen, können die folgenden sein:

a. Bewegungen im Ganzen: a, b, c, d.

β. Bewegung von Theilen, namentlich der Böschungen: e, f, g.

Notiz ad β, e.

a. Terrainbewegungen. Verschieben, Zerschneiden, Heben des Terrains. 	b. Abrutschungen auf vorhandener Gleitfläche. 	c. Abgleiten von Dämmen auf geneigter Unterlage, welche zumrücken mit sich bewegt. 	d. Ausfließen von Dämmen und Einschnitten. In geringe Kohäsion des geschüttelten Bodens. 	e. Ausrutschungen unter dem Einfluß der Schwere und unter Mitwirkung des Wassers, welches die Reibung und Kohäsion des Bodens verringert. 	f. Ablösungen wobei vorwiegend die Oberfläche der Böschungen bethefert, namentlich durch atmosphärische Einflüsse: Regen, Frost etc. 	g. Beschädigungen durch mechanische Einflüsse: Wind, Wellenschlag. 	Notiz ad β, e. Einige nehmen an, (Collin) daß zuerst durch die Wirkung der Schwere (zu steile Böschungen etc.) der Boden gelockert werde und Risse erhalte, daß dann ein dringende Wasser befördert die Deformation. — Andere, (Chaperon) daß in vielen Fällen die Wirkung des Wassers (Aufweichen etc.) zuerst eintrete und daß dann die Böschung der Wirkung der Schwere nachgebe.
---	--	--	--	--	---	---	--

IV Ursachen der Deformation.

- 1. Äußere Einflüsse.** Aufhebung des Gleichgewichtes bei Einschnitten in Folge der Anhebung, Störung des Gleichgewichtes durch äußere Angriffe des Wassers. (Auswaschen des Fußes von Dämmen in engen Stufen, Beschädigung des Dammfußes bei Sturmfluten, Wannenangriff durch Schölung oder Wellenschlag, bei nicht genügend befest. Oberfläche d. Böschungen).
- 2. Die Art der Herstellung des Erdbaues und das gewählte Material.** Seitenschüttung, Kopfschüttung, Lagenschüttung, Comprimieren des Bodens einer Schüttung, je nach Art der Herstellung durch Rollen, Wagen oder locomotivtransporte oder auch durch eigens deshalb vorgenommene Comprimieren durch Walzen, Stampfen etc.
- 3. Die Beschaffenheit des Untergrundes,** namentlich bei Dämmen schlipfrig und weich in der Oberfläche (Abrutschen des Dammes), nicht tragfähig, keigartig und ausweichend nach den Seiten oder aufsteigend (Schlamm und Moor) ungleiche Consistenz in der Breite der Auflager etc.

V Regeln zur Verhütung von Deformationen.

- ad IV. 1.** Genügend flache Böschungen. Herstellung des Gleichgewichtes durch Gegenwehr, Dankette, Steinsätze, Entlermanen und Stützmannern.
- ad IV. 2.** Vorrichtige Herstellung eines Dammes unter Verwendung von trockenem Material, Vermeidung der Bildung von Rutschflächen, die namentlich bei Seitenschüttungen und Schüttungen aus Thonmaterial von hohem Gewicht entstehen können. Unter Umständen ist ein Stampfen des trockenen Bodens angezeigt.
- ad IV. 3.** Gehöriges Einlassen der Dämme in das geneigte Terrain, Entwässerung und Trockenmachen der Auflagerfläche. Abhaltung der von der Dregreite kommenden Wassers von Letzterer. Verhütung des Aufsteigens des Untergrundes durch breite Dammbasis (flache Böschungen). Verteilung der Drücke (schwacherartige Unterlagen, Consolidierung der ob. Schicht durch Entziehung von Wasser). Endlich: Anbringung von Begleiblastungen etc.

Die vornehmste Regel bei Erdbauten.

Beseitigung resp. Fernhaltung des Wassers aus dem Innern und von der Oberfläche der Erdbauten. Thunliche Vermeidung grösserer Einschnitte in thonhaltigem oder ähnlichem Terrain, wie von thonhaltigem, nassem oder vor Nässe nicht geschützt. Boden zum Schütten von hohem Dämmen. Baldige Bedeckung und dadurch Schutz der Böschungen bei veränderlichem Material.

„La crainte de la glaise et de l'eau est le commencement de la sagesse.“ (De Sazilly.)



VI. Verfahren bei Terrainbewegungen.

1. Princip. Genane Untersuchung des Terrains, um die geologische Beschaffenheit, und die Lage der wasserführenden Schichten...

2. Mittel zur Untersuchung. Bohrungen, Schürfungen, Abtufen von Schächeln. Torte von Bohrlochern...

3. Regel. So leben Stängen, welche wegen ihrer geologischen oder sonstigen Beschaffenheit bei der Herstellung von Einschnitten oder beim Anpflanzen...

4. Entwässerungsarbeiten. a. Oberflächen-Entwässerung. Regulieren der Oberfläche, Bänne wein und Abfließen des Regenwassers...

A. Grundsätze.

1. Dem Entwässerungswasser, um die Abflüsse von Ab- und Aus-Abflüssen, wie Abflüssen, muß man zuvorkommen suchen, also die noch teilig verbinden...

B. Beschaffenheit der Erdarten.

1. Hohe oder geringe leichte Absorption des Wassers. 2. Volumenveränderung mancher bei Aufnahme des Wassers...

VII. Sicherung der Böschungen.

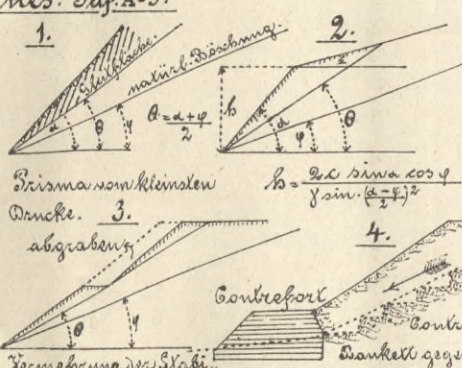
6. Den Boden im natürlichen Zustande nennt man gewachsenen Boden. 7. Der gewachsene Boden, lockert oder mischt sich, hat weniger Schärfe...

10. Poröse Bodarten (Sand), absorbieren ein gewisses Quantum Wasser und lassen den Ueberflüssigen abfließen...

14. Benachbarten Bodenverfestigt beim Trocknen, gestampft, pflegen weniger die Cohäsion des letzteren zu vermindern...

19. In beliebige Veränderungen im Wasserstande und im Boden können durch chemische Vorgänge herbeigeführt werden...

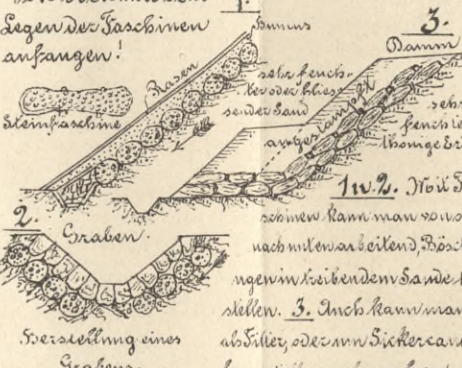
Theoretisches u. Allgemeines. Taf. 4-5.



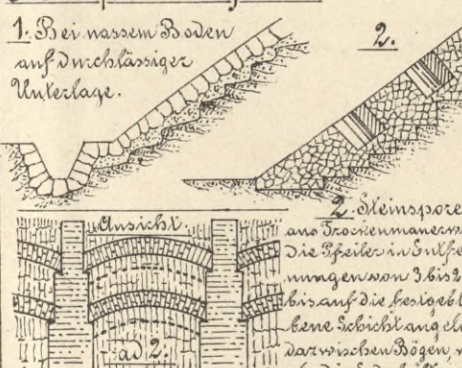
Methode Ledru u. Salanne. Taf. 6 u. 7.



Methode von Faschinen. Taf. 7.



Steinbekleidungen und Stemporen. Taf. 8-10.



Methode de Saillly. Taf. 10-12.



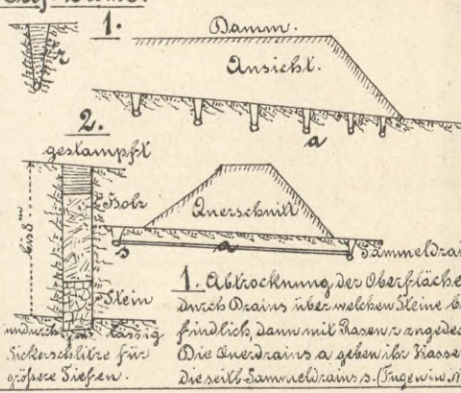
Methode Bruère. Taf. 12-13.



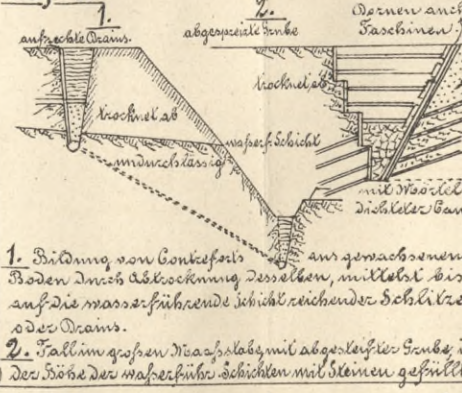
Dämme von Thon und auf schlechtem Boden. Taf. 15.



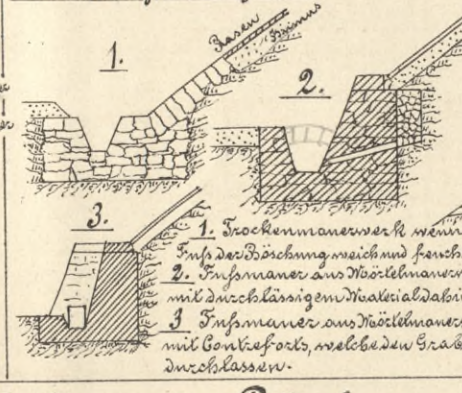
Abtrocknung des Terrains. Taf. 15 u. 20.



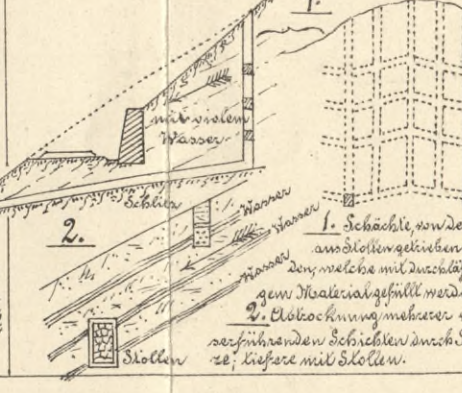
Methode Daigremont. Taf. 16.



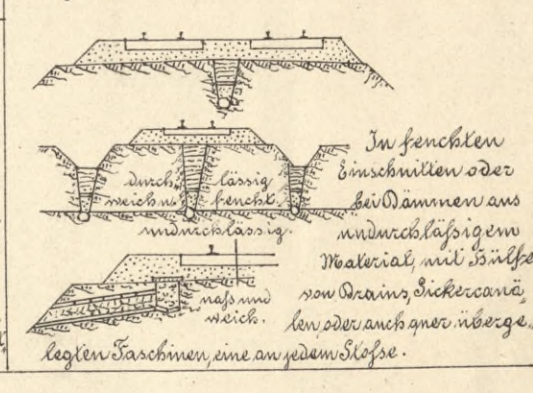
Futtermauern zum Stützen des Fußes. Taf. 17.



Schächeln. Stollen. Taf. 18 u. 19.



Abtrocknung des Plankens. Taf. 19.



C. Voruntersuchungen bei Sicherung der Böschungen.

- 1. Die Untersuchungen erstrecken sich auf Beschaffenheit der Bodentypen, Lage der wasserführenden Schichten, etc. 2. Wasserführende Schichten sind an den Spalten der Felsen zu erkennen...

D. Grundzüge bei Sicherung der Böschungen.

1. Die Wirkung der inneren (unterirdischen) Wasser auf die Böschung muß aufgehoben werden. Diese Wasser so tief unter der Böschung abzuführen...

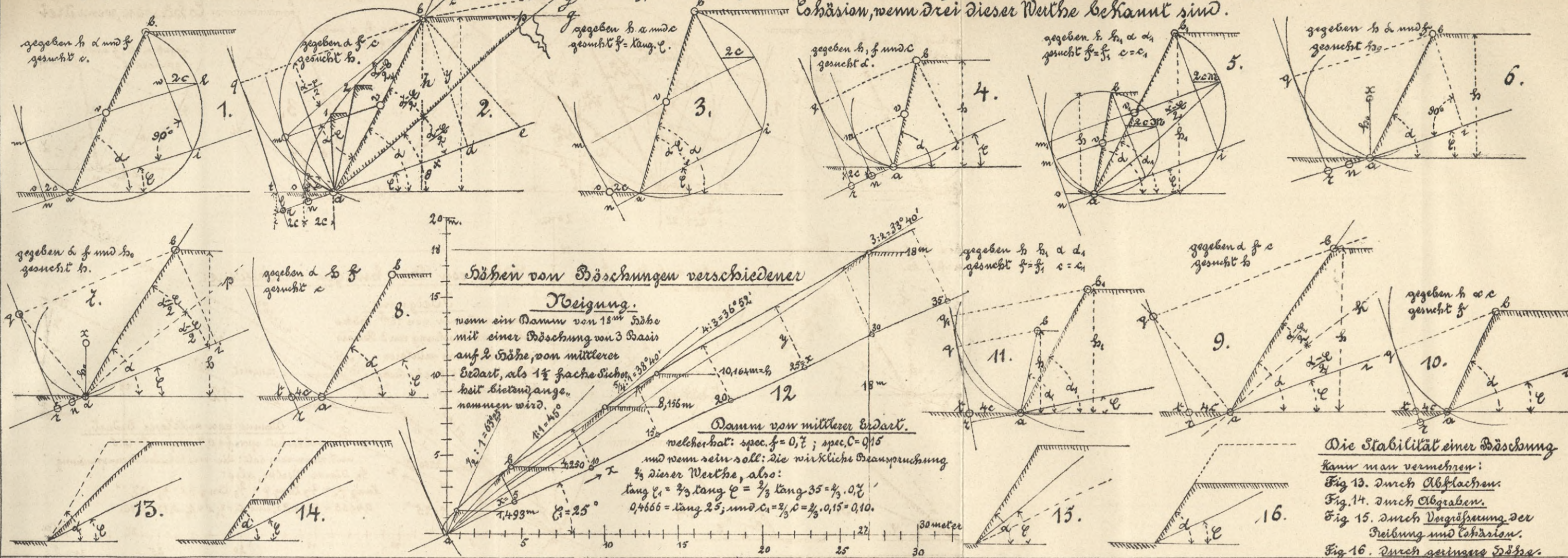
E. Unterhaltungsarbeiten.

1. Reinigen der Bankellen vor der Durchdringung auf der gepflanzten Erde, Dämmen der Böschung...

F. Die Stellen, wo die Besamung nicht aufgegangen ist.

1. Die Stellen, wo die Besamung nicht aufgegangen ist, aufzugehen mit der Saatkorn, nach ein Weile nach säen und stampfen...

I. Construction eines der Werthe: h (Höhe der Böschung), α (Neigungswinkel), $f = \text{tang } \varphi$ (Reibungscoefficient), $C = \text{Coefficient der Beanspruchung auf Cohäsion}$, wenn drei dieser Werthe bekannt sind.



Die Stabilität einer Böschung kann man vermehren:
 Fig. 13. Durch Abflachen.
 Fig. 14. Durch Abgraben.
 Fig. 15. Durch Vergrößerung der Reibung und Cohäsion.
 Fig. 16. Durch geringere Höhe.

II. Allgemeines. Terrainbewegungen.

Blatt 2 bis 4 Fig. 11 bis 51

Abrutschungen in Einschnitten, die in Terrain mit geneigten Schichten oder auch in Mulden liegen.

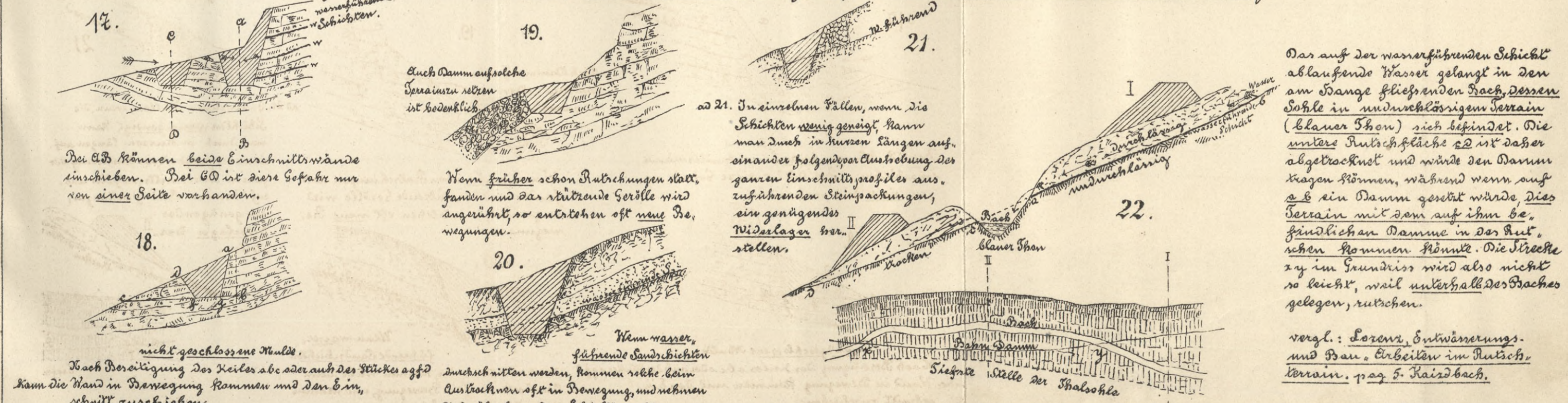
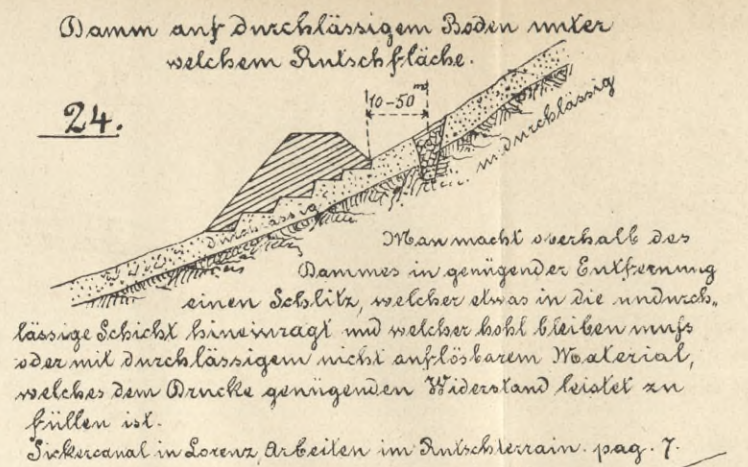


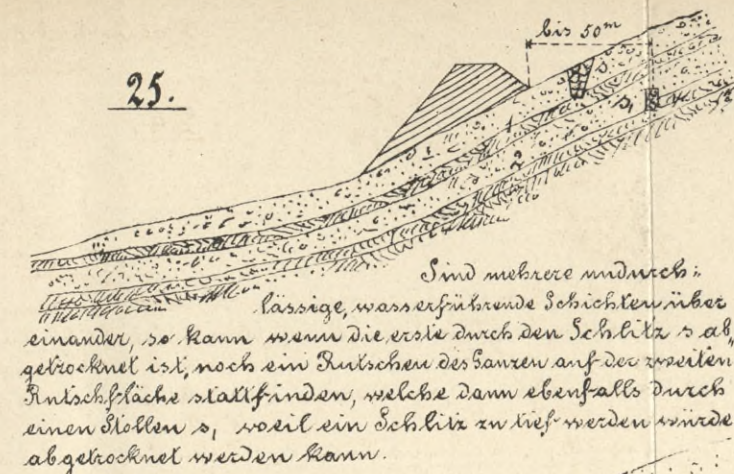
Fig. 17-20 aus Henz = Streckert Practische Anleitung zum Erdbau. 3te Auflage 1873.



23. Eine Lehne A an deren Fuß sich ein Bachbette befindet kann zumiten in ihrer Berregung aufgehallen werden, wenn man das Bachbette B zurechnitt und (am besten in undurchlässigem Boden) nach B, verlegt. vergl. Lorenz, Entwässerungs- und Bauarbeiten im Bruchterrain pag. 6.



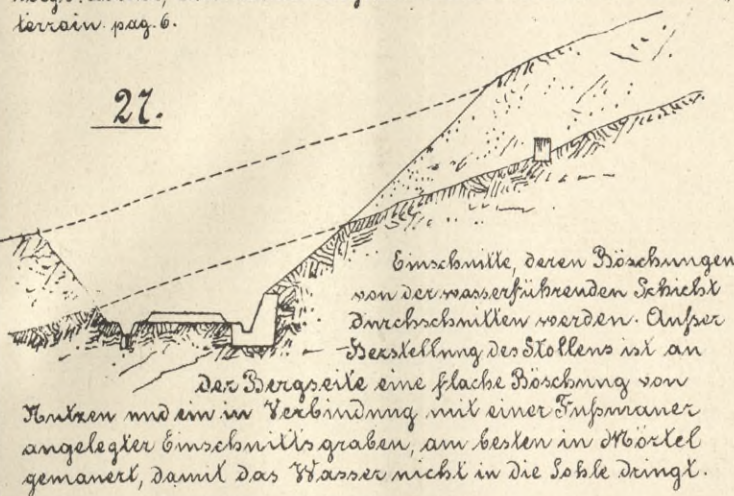
24. Damm auf durchlässigem Boden unter welchem Bruchfläche. Man macht oberhalb des Dammes in genügender Entfernung einen Schlitze, welcher etwas in die undurchlässige Schicht hineinragt und welcher hohl bleiben muß oder mit durchlässigem nicht anfließendem Material, welches dem Drucke genügenden Widerstand leistet zu füllen ist. Sickerkanal in Lorenz, Arbeiten im Bruchterrain pag. 7.



25. Sind mehrere undurchlässige, wasserführende Schichten übereinander, so kann wenn die erste durch den Schlitze abgetrocknet ist, noch ein Bruchstein der Bauart auf der zweiten Bruchfläche stattfinden, welche dann ebenfalls durch einen Schlitze, soviel ein Schlitze zu tief werden würde abgetrocknet werden kann.



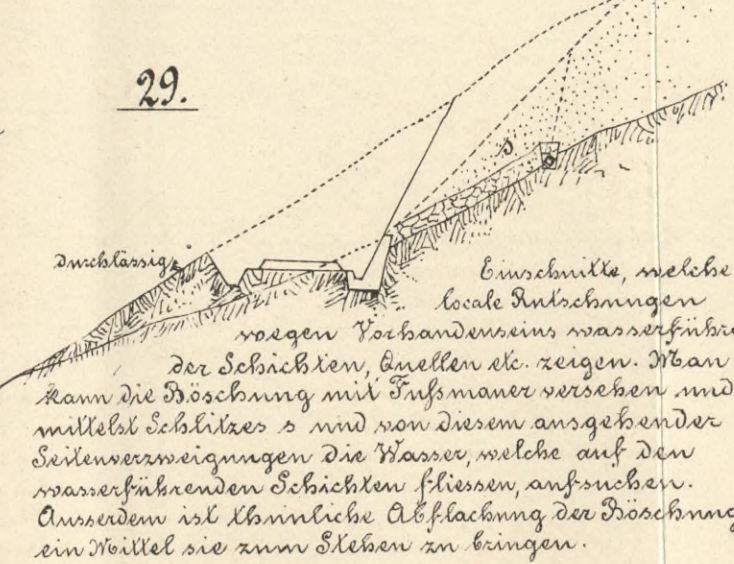
26. Im Einschnitten an einem Bange, wo die wasserführende Schicht durchschnitten wird, kommen die Bruchsteine an der Bergseite vor, an der Thalseite nur dann, und meistens local, wenn dort die Schichten gegen den Einschnitt geneigt sind und das Wasser noch nicht abgelaufen ist.



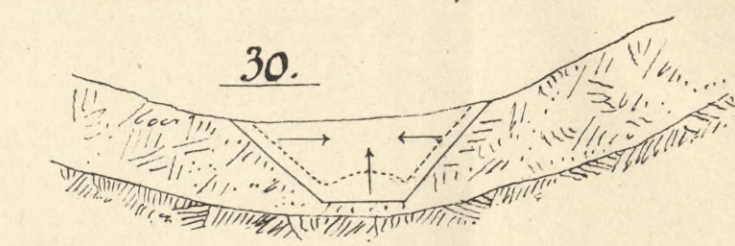
27. Einschnitte, deren Böschungen von der wasserführenden Schicht durchschnitten werden. An der Bergseite ist an der Bergseite eine flache Böschung von Felsen und am in Verbindung mit einer Entfallener angelegter Einschnittsgraben, am besten im Hoche gemauert, damit das Wasser nicht in die Sohle dringt.



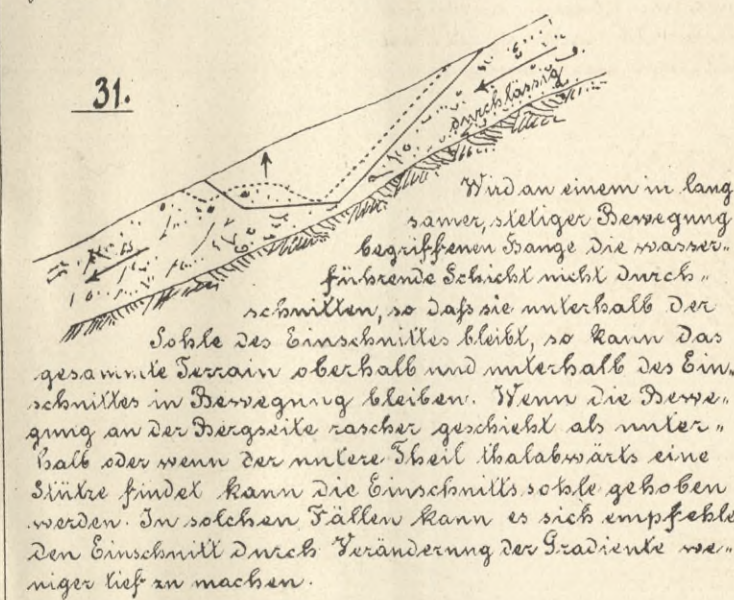
28. Einschnitte, wo die wasserführende Schicht unterhalb der Sohle sich befindet erhalten zweckmäßig unter dem bergseitigen Einschnittsgraben einen Schlitze bis auf die wasserführende Schicht, der mit Steinen ausgepackt wird. Ueber diesem Schlitze wird der Einschnittsgraben solide im Hoche gemauert hergestellt. Der Schlitze muß in der Richtung der Einschnittsgraben genügendes Gefälle haben oder es muß ein Wasserabzugsstollen unter der Bahn durch, hangabwärts getrieben werden. Zur Sicherheit kann man ebenfalls den Bahngraben an der Thalseite ansammeln.



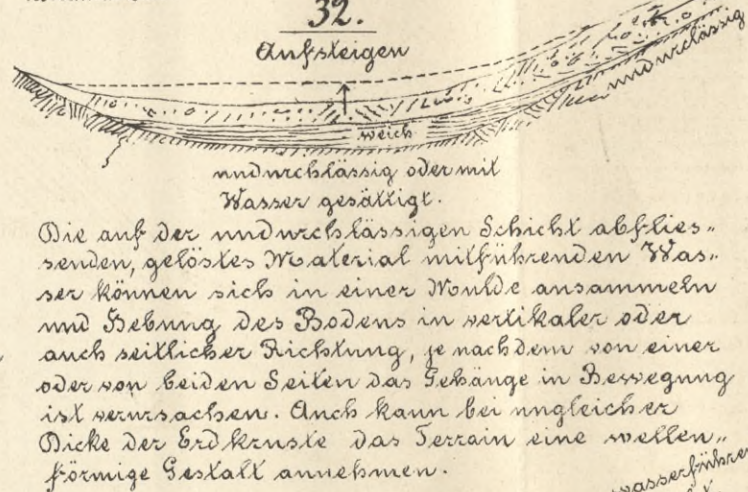
29. Einschnitte, welche local Bruchsteine wegen Vorhandenseins wasserführender Schichten, anfallen etc. zeigen. Man kann die Böschung mit Fußmauer versehen und mittelst Schlitzes s und von diesem ausgehend der Seitenverweigungen die Wasser, welche auf den wasserführenden Schichten fließen, aufsuchen. Außerdem ist ähnliche Abflachung der Böschung ein Mittel sie zum Stehen zu bringen.



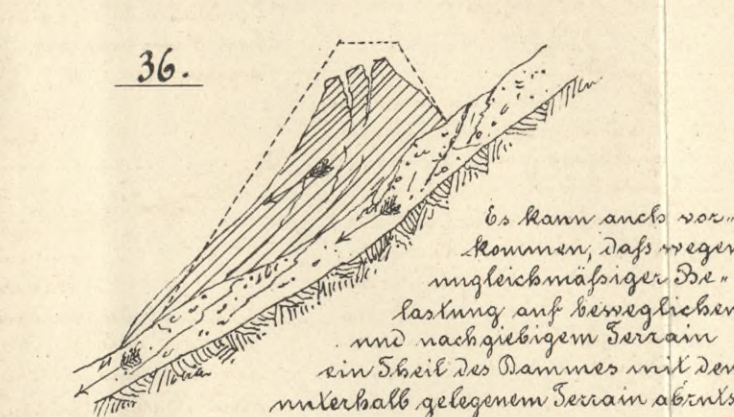
30. Es kann auch, wenn der Einschnitt in einer Wende liegt, ein Gegeneinanderschieben der Wände unter gleichzeitigem Aufkreben der Sohle stattfinden.



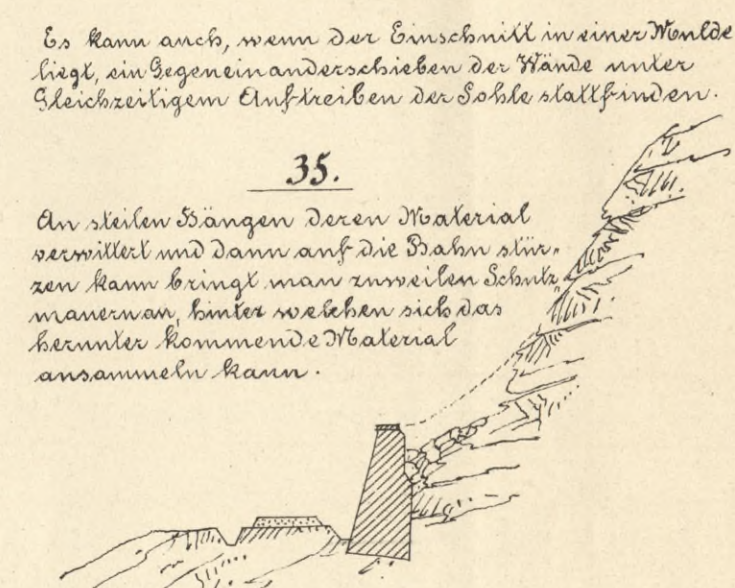
31. Wird an einem in langsame, stetiger Bewegung begriffenen Bange die wasserführende Schicht nicht durchschnitten, so daß sie unterhalb der Sohle des Einschnitts bleibt, so kann das gesamte Terrain oberhalb und unterhalb des Einschnitts in Bewegung bleiben. Wenn die Bewegung an der Bergseite rascher geschieht als unterhalb oder wenn der untere Teil Thalabwärts eine Stütze findet kann die Einschnittssohle gehoben werden. In solchen Fällen kann es sich empfehlen den Einschnitt durch Veränderung der Gradienten weniger tief zu machen.



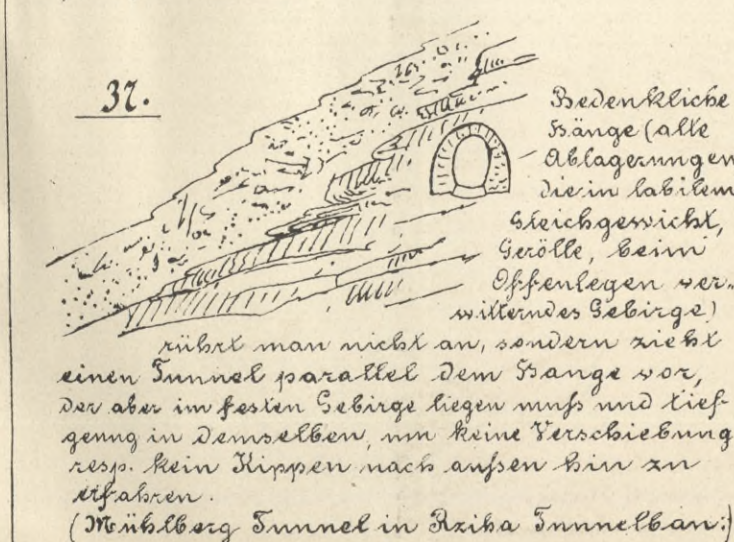
32. Aufsteigen undurchlässig oder mit Wasser gesättigt. Die auf der undurchlässigen Schicht abfließen, gelöstes Material mitführenden Wasser können sich in einer Wende ansammeln und Dehnung des Bodens in vertikaler oder auch seitlicher Richtung, je nachdem von einer oder von beiden Seiten das Gefälle in Bewegung ist verursachen. Auch kann bei ungleicher Dicke der Erdkruste das Terrain eine wellenförmige Gestalt annehmen.



33. An bedenklichen Bängen, welche man nicht mit einem schweren Damm belasten darf (oder auch da wo das Terrain steiner, z. B. Weinberge an der Moselbahn) kann man oft mit Vorteil statt eines Dammes einen Trichter wählen.



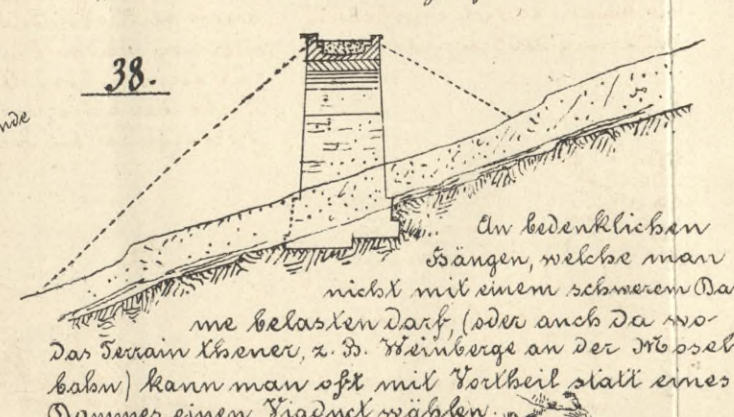
34. In Fällen wie dieser kommt ein Trichter oder eine hohle, event. eine massive Mauer oft billiger als ein Damm mit Fußmauer und gewährt eine mehr sichere Construction.



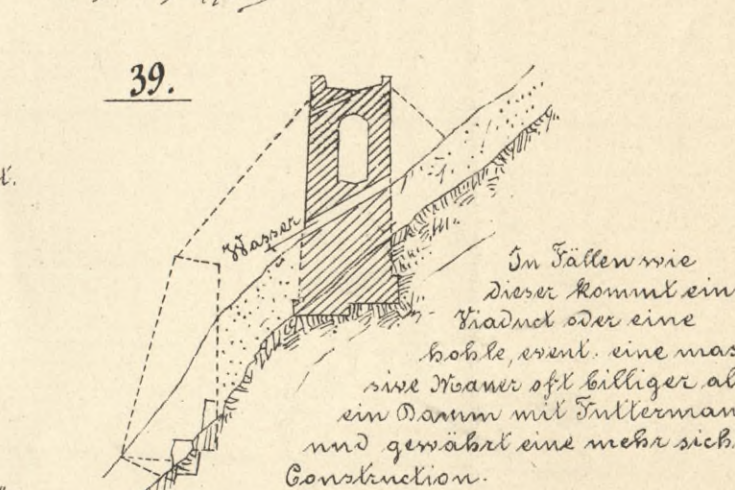
35. Bedenkliche Bänge (alle Ablagerungen, die im labilem Gleichgewicht, Gerölle, beim Offenlegen verwittertes Gebirge) rührt man nicht an, sondern zieht einen Tunnel parallel dem Bange vor, der aber im festen Gebirge liegen muß und tief genug in demselben, um keine Verschiebung resp. kein Klappen nach außen hin zu erfahren. (Munkelberg Tunnel in Raiba Tunnelbau.)



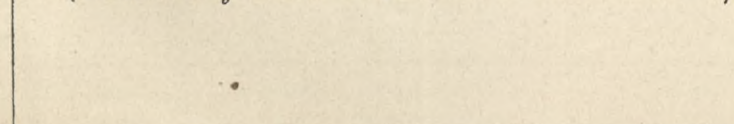
36. Verkleinerung des abtrocknenden Prismas, so daß die Cohäsion des Bodens auf der Bruchfläche dem Bestreben zu rutschen das Gleichgewicht hält. Abtrocknen der Bruchfläche durch Canäle, welche am Fuße der Banketts etc. angelegt, mit Steinen ausgefüllt werden, worauf die Böschung durch angestampfte Erde wieder reguliert wird. Ein radikales aber kostspieliges Mittel ist das Abflachen der Böschung nach der Linie h i.



37. Terrain-Bewegung in Einschnitten bei vorhandenen Bruchflächen, die durch Wasser geschwächt werden. Wie in 33 behandelt.



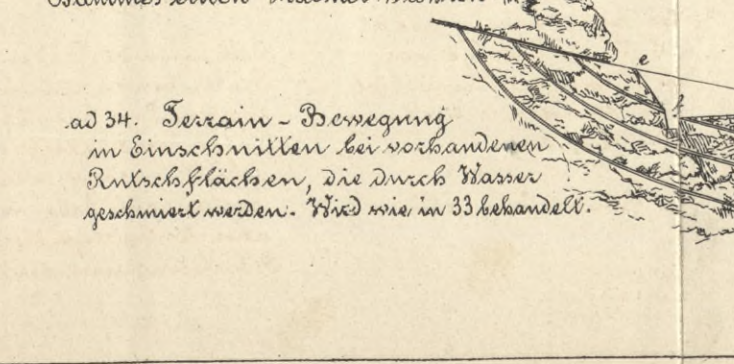
38. Westfälische Eisenbahn.



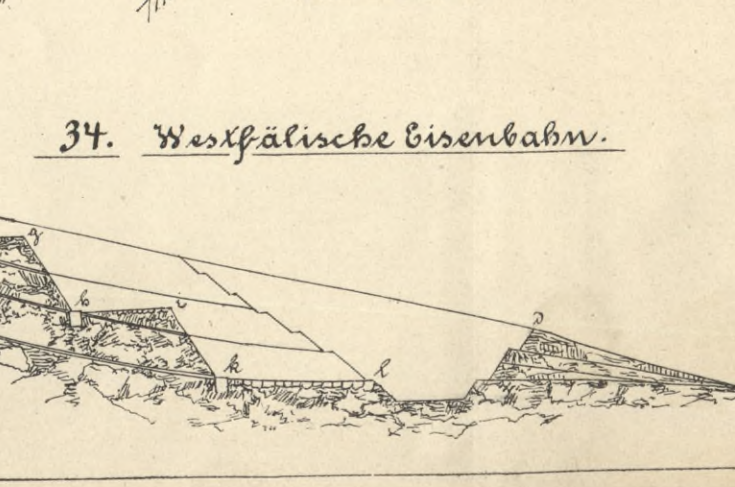
39. Es kann auch vor kommen, daß wegen ungleichmäßiger Belastung auf beweglichem und nachgebendem Terrain ein Theil des Dammes mit dem unterhalb gelegenen Terrain abtrübselt.



40. An bedenklichen Bängen, welche man nicht mit einem schweren Damm belasten darf (oder auch da wo das Terrain steiner, z. B. Weinberge an der Moselbahn) kann man oft mit Vorteil statt eines Dammes einen Trichter wählen.

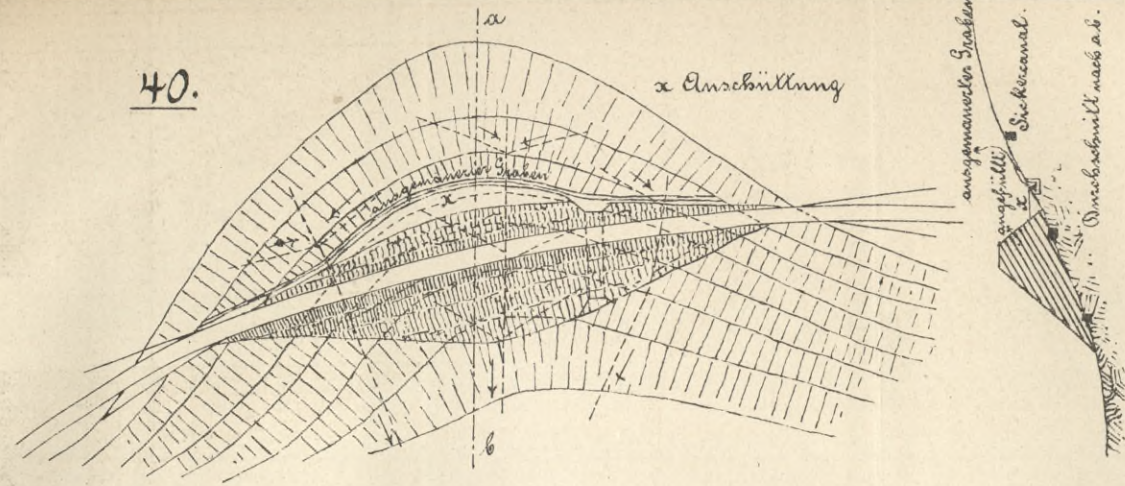


41. In Fällen wie dieser kommt ein Trichter oder eine hohle, event. eine massive Mauer oft billiger als ein Damm mit Fußmauer und gewährt eine mehr sichere Construction.



42. Terrain-Bewegung in Einschnitten bei vorhandenen Bruchflächen, die durch Wasser geschwächt werden. Wie in 33 behandelt.

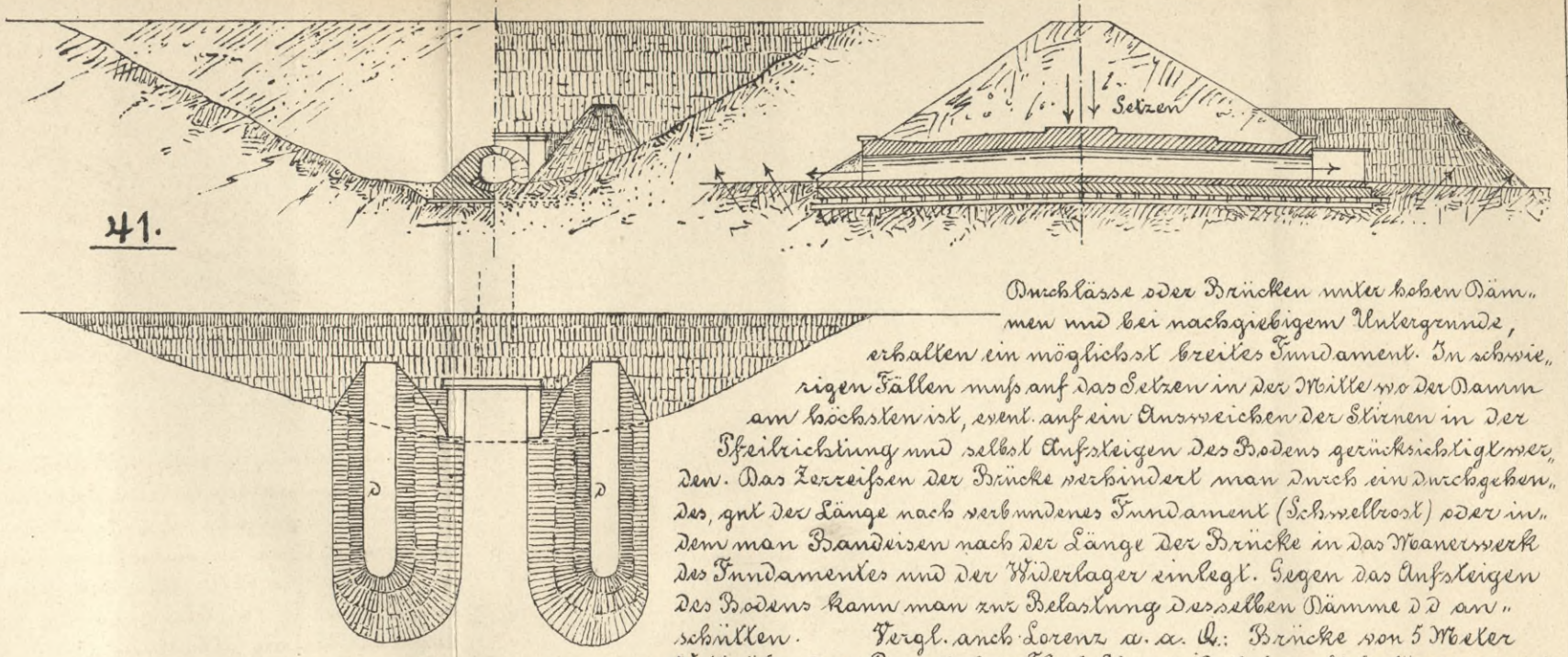
40.



Zur Entwässerung des nassen Bodens auf welchem ein Damm gesetzt werden soll, also um ein Abfließen desselben auf der Oberfläche zu verhindern, trockenet man den Boden unter dem Damm und genügend weit aufwärts durch Filler oder Sickerkanäle ab, deren Wasser sich an der Thal-seite verliert oder in einen Recipienten geleitet werden kann. Liegt der Durchlass nicht an der tiefsten Stelle, so füllt man den bergseitigen Kessel bis zur Höhe des Durchlasses aus und macht einen in Mörkel gemauerten Graben. Endlich kann man die Oberfläche des Terrains rauh machen resp. abtrocknen. Die Sickerkanäle sind wie auf Taf. 15 Fig. 195 beschaffen. Vergl. Blatt 20.

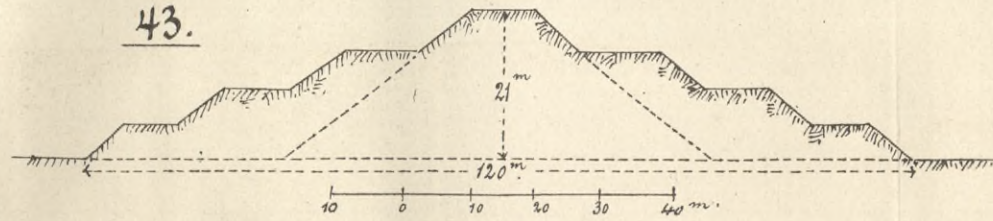
203

41.



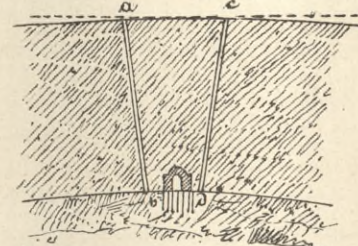
Druckrinne oder Drücke unter hohen Dämmen und bei nachgiebigem Untergrunde, erhalten ein möglichst breites Fundament. In schwierigen Fällen muß auf das Setzen in der Mitte wo der Damm am höchsten ist, event. auf ein Ausweichen der Stienen in der Pfeilrichtung und selbst Aufsteigen des Bodens gerücksichtigt werden. Das Zerreißen der Drücke verhindert man durch ein Durchgehen, das, gut der Länge nach verbündenes Fundament (Schmelkrost) oder in dem man Bandeisen nach der Länge der Drücke in das Mauerwerk des Fundamentes und der Widerlager einlegt. Gegen das Aufsteigen des Bodens kann man zur Belastung desselben Dämme d. d. anschütten. Vergl. auch Lorenz u. a. U.: Brücke von 5 Meiler Weite über das Romatschan Thal. Ungar. Ostbahn in Siebenbürgen pag. 46.

43.



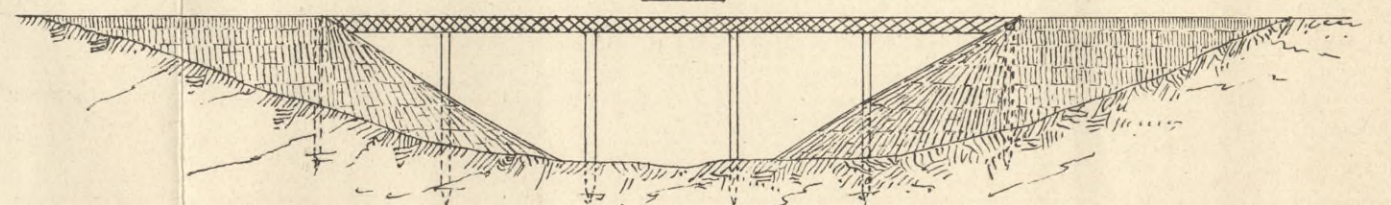
Damm der ungarischen Nordostbahn, von wenig kohäerendem, viel Wasser aufnehmendem Lehmmaterial, 21 Meiler hoch, wurde erst standfähig nach dem an jeder Seite mehrere Dämme von 10 Meiler Kronenbreite angebracht waren, so daß die Fußbreite von 120 Meiler fast die Doppelte der normalen geworden war.

50.



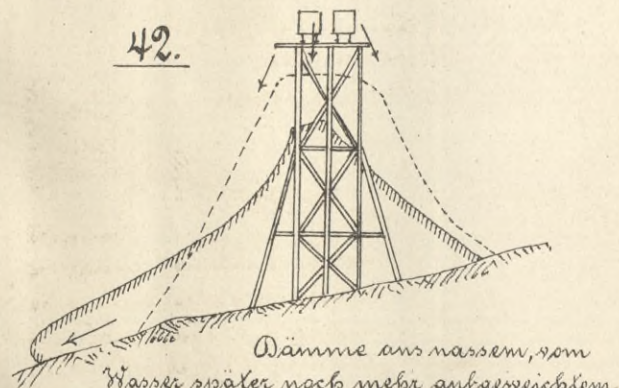
Bei Schnittungen auf nachgiebigem Boden darf das Dammwerk nicht eher beschüttelt werden bis sich Dämme und Boden zur Seite gesetzt haben oder erst geschüttelt und durch die Schüttung stabilisiert. Sonst kann Drücke verschoben und der Damm von beiden Seiten zusammen gedrückt werden.

51.



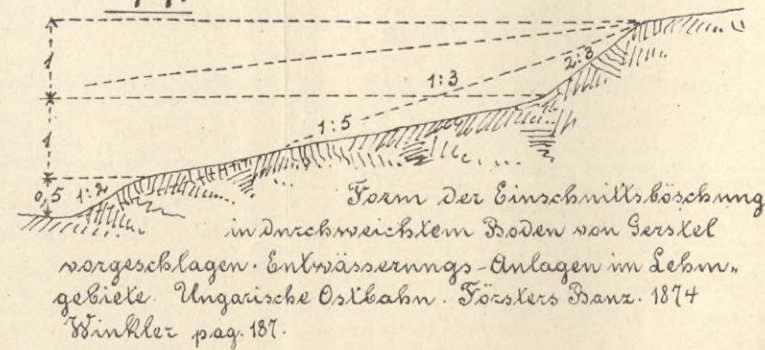
Statt hohe Dämme zu schütten aus bedenklichem Schüttmaterial oder auf schlechtem Untergrunde wird man zu einem leichten Viaducte mit Vorteil übergehen.

42.



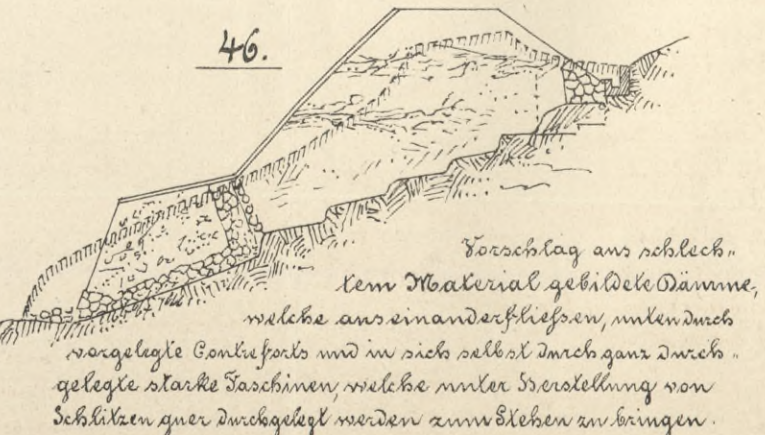
Dämme aus nassem, vom Wasser später noch mehr aufgeweichtem Boden geschüttelt (z. B. nasser Lehm aus Einschnitten) fließen nicht selten aus einander. Hierbei kommt es auf die Art der Schüttung und die Böschung, welche das bis auf die Höhe angeschüttelte Material annimmt an. Lagerschüttung, mit der sollen Breite von unten aufwachsend, ist Kopfschüttung von Gerüsten, und Schüttung von Durchgehern, den Gerüsten, welche nachdem die Höhe erreicht war durch seitliche Schüttung verbreitert wird, bei weitem vorzuziehen. Aber die Lagerschüttung ist nicht immer ausführbar und unzuverlässig, auch meistens überaus weil sie einen nochmaligen Transport der geschüttelten Erde, um sie seitlich anzubringen häufig erfordert.

44.



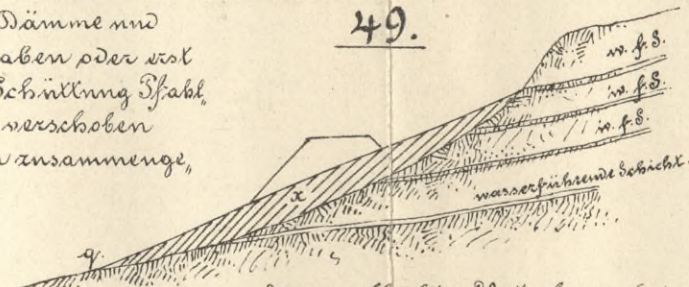
Form der Einschnitts-böschung in durchweichlichem Boden von Gerüsten vorgeschlagen. Entwässerungs-Anlagen im Lehmgelände. Ungarische Ostbahn. Försters Danz. 1874 Winkler pag. 187.

46.



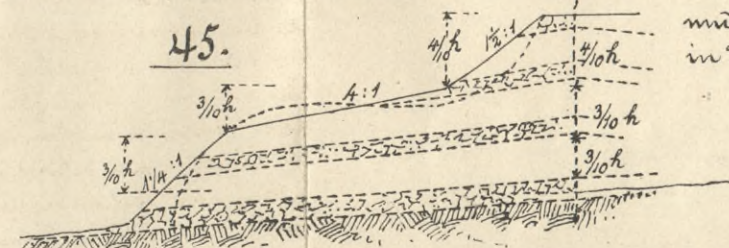
Vorschlag aus schlechtem Material, gebildete Dämme, welche aus einander fließen, unter durchgelegte Contreforts und in sich selbst durch ganz durchgelegte starke Saubinden, welche unter Herstellung von Schichten quer durchgelegt werden zum Stehen zu bringen.

49.



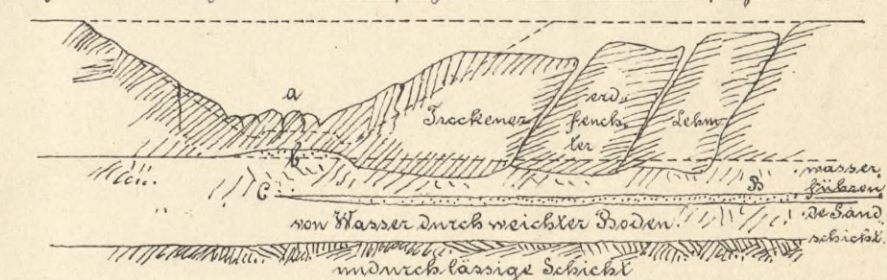
Mangelhaftes Unterlager bei welchem labiles Gleichgewicht der auflagernden Schichten vorhanden. α ist verwitterter Boden, welcher nur eben im Gleichgewicht und wenn die Lastung aufgebracht wird mit dieser abwärts. Wasser namentlich bei hohen Auflagen sorgfältige Untersuchung des Terrains auch mit großen Kosten vorzunehmen. γ Stelle, wo die Quellen münden.

45.



Lorenz u. a. U. proponiert wenn kein anderes als aufweichbares dem Zerfließen ausgesetztes, nasses Schüttmaterial vorhanden, dem Damm von vorne herein eine ähnliche Form wie die obige zu geben, auch beim Schütten Anzuschütten, mit durchlässigem Material gefüllt, von genügenden Dimensionen 1 Meiler hoch und 1 Meiler breit in gewissen Abständen nach Höhe und Länge des Dammes anzuordnen. Die Wichtigkeit schon während des Gerinnens für gute Entwässerung eines Einschnittes, der solches Material enthält, zu sein, muß hier betont werden.

48. Aufstreifen der Einschnittssohle bei durchweichlichem Untergrunde. Seyne der Erdbau pag. 313 u. 314. Winkler pag. 182.



Ist die Dicke a b zwischen der Einschnittssohle und dem durch die wasserführende Sandschicht B mit Wasser gespeisten, daher durchweichlichen Untergrunde C nur gering, so kann ein Einschieben des Einschnittes mit gleichzeitiger Drehung der Sohle stattfinden. Solche Einschnitte können als im trockenen Sommer hergestellt standfähig sein und erst bei nasser Witterung wenn B viel Wasser anführt in der Regenzeit kommen.

47.



Försters Danzzeitung 1875. pag. 259. Weillherlungen v. Green. Höhe Dämme hat Barclay mit Erfolg geschüttelt indem er zuerst zwei parallele Fußdämme aus recht trockener Erde anlegte und dann den Damm zwischen beiden ausfüllte.



III. Verschiedene Ursachen von Deformationen.

Blatt: 5 u. 6. Fig. 52 bis 82.

52. Durch abwechselnd. des Anstrocknen und Benetzender und Frost wehrt die Erde an der Oberfläche die Kohärenz und rutschet ab bis sich eine genügend flache (hohe) Böschung hergestellt hat, bei welcher Gleichgewicht statt findet. Der Einfluss des Gefrierens und Auftauens äußert sich auf gegen Norden gelegene Böschungen mehr als auf gegen Süd (wärmer) gelegene.

53. (Einschnitt) Einstürzen der auflagernden Schicht wegen von innen abfließenden Wassers das allmähliche Durchfeuchtung verursacht und die massere, feuchte Schicht schlüpfzig macht.

54. (Einschnitt) Einstürzen der aufgereichteten Thonerde, welche vorher durch Trocknen und Wäße ihren Zusammenhang verlor, zugleich mit der oberen Schicht.

55. (Einschnitt) Abrutschung wenn die Oberfläche durch Dammwurzeln zusammengehalten wird.

56. (Einschnitt) Die Saxilly nimmt an, daß auch das im Inneren sich stauende Wasser welches durch die hart gefrorene Böschung nicht abfließen kann beim Auftauen Einstürze der auflagernden Schicht herbeiführt.

57. (Einschnitt) Ausrutschungen von Böschungen deren Oberfläche durch Frost oder Auftauen gelockert wurde.

58. (Einschnitt). In einer Vertiefung des Terrains, auch wenn sie nur gering ist, kann das konzentrierte abfließende Wasser, namentlich wenn Spaltenbildungen und Risse vorhanden, durch Aufweichen erhebliche Absätze hervorbringen, welche event. den Rissen im Terrain folgen.

59. (Einschnitt) Stagnierendes Wasser oberhalb des Einschnittes bringt Abrutschungen hervor.

60. (Damm) Form der Ausrutschungen von Dämmen, die übrigens verschieden sein kann, je nach der Art der Schüttung (Lagenschüttung, Seitenschüttung) ob in Zwischenräumen (der Zeit nach) geschüttet wurde und ob die Erdarten verschiedener Beschaffenheit sind.

61. (Damm) Abrutschungen von Dämmen aus thonigen Boden in welchem sich wegen ungleichen Setzens Risse bilden in welche das Regenwasser eindringt.

62. Der Inundation ausgesetzte Dämme. Wenn solche Dämme aus aufweichbarem Boden und mit steiler Böschung geschüttet sind leiden sie von der Schöpfung (Wellenschlag) auch bei nicht fließendem Wasser und geben oft nach wenn beim Sinken des Wassers der Regendruck anfschießt.

63. Das Wasser der nachfolgenden Schichten fließt theils in die gelockerte Erde der Böschung und feuchtet diese, theils fließt es zwischen dieser und dem unveränderten Boden z. B. auf ab nach unten und kommt oft tiefer als die wasserführende Schicht gelegen an Tage.

64. (Einschnitt) Um die untere Grenze der Abrutschung bei S zu finden gräbt man auf eine gewisse Strecke den Theil A B ab worauf der obere sich noch etwas fortbewegend, durch sein Fortrücken bis G die Grenze zwischen festem und abgerutschtem Terrain anzeigt.

65. Abgleiten auf geneigter Unterlage. Der schlüpfiger Boden auf welchem der Damm sich abwärts bewegt, wenn nicht gehörige Verbindung zwischen dem Boden und der Basis des Dammes vorhanden ist.

66. Abgleiten der Unterlage selbst. Das Abrutschen auf nachgiebigem Untergrund, welcher durch die Last des Dammes in Bewegung kommt, fortgeschoben wird.

67. Das Nachgeben des weichen Untergrundes, welches zugleich an den Seiten ansteigt. (Torf, Moos, Schlamm. vergl. V. 37 Tafeln Erdarbeiten, Blatt: 22, auch Benz. Streckert: Der Erdbau 3 Auflage pag. 150 n. f. und v. Hassen: Wegbau 2 Aufl. pag. 216 n. f. und pag. 569.

68. Ungleiches Setzen bei verschiedenen, und im Längeren Zwischenräumen (der Zeit nach) geschütteten Bodenarten. Dies ungleiche Setzen wird befördert durch verschiedene Dämme (auf geneigter Basis) und das in die Spalten dringende Wasser befördert bei un-durchlässigem Boden die Bildung von Rutschflächen.

70. Fehlerhafte Art der Schüttung. Bei Dämmen aus Einschnitten in Thonboden geschüttet kann am Seite abgerutschten, oder weicher oder halbflüssiger Boden ein Brutschen auf e d verursachen. Oder wenn (bei verschiedenen Bodenarten) eine Abtragung durchlässiger Erde zwischen Thonboden geschüttet wird und Wasser von oben eindringt bildet sich die Brutschfläche ab. Man sollte daher die Erde in horizontalen Schichten zu mischen suchen, was aber in der Ausführung schwierig ist.

71. Gefrorene Thonige Erde, Schnee und Eis verursachen beim Auftauen Brutschungen, indem die weich gewordene Erde unter dem Drucke des Dammes nachgiebt.

69. Vollendung eines Dammes nach Setzung des zuerst geschütteten Theils. Hat man den Fehler begangen einen Damm nicht im ganzen Profil zu schütten und lässt einen solchen Damm (von Thonerde) mehrere Monate oder ein Jahr liegen so setzt er sich und die äußere Schicht ab die verliert durch Einflüsse der trocknen oder feuchten Atmosphäre den Zusammenhang mit der inneren. Die spätere Anschüttung kann dann auf der Gleitfläche e d abrutschen.

72. Vorsicht bei Kopfschüttungen wenn Brücken hinterfüllt werden, um solche nicht nur zu vermeiden. Die horizontale Schüttung erhält etwa die halbe Höhe der Kopfschüttung ebe mit letzterer weiter gearbeitet wird n. eine Breite gleich der Höhe der Kopf-Schüttung

73. Ablagerungen sind gehörig von der Kante des Einschnitts zu entfernen, um so mehr je ungünstiger und je mehr zum Brutschen geneigt der Boden des Einschnitts ist. Der Fuß der Ablagerung sollte die Kante der Böschung wenn sie nach dem natürl. Böschungswinkel eintritt nicht berühren. Die Ablagerung dient oft zugleich als Schneewall. Ansatzboden ist gehörig zu planieren zu besäen u. zu besamen, um Eindringen des Wassers und Aufweichen des Bodens zu verhindern.

Sicherung und Reparatur der Böschungen.

Ursachen der Abrutschungen in Einschnitten. Fig. 74-82.

74. Abwechselnd Trockenheit und Nässe. Frost und Auftauen.

An trockener Luft verlieren Erden einen Theil ihrer Feuchtigkeith und ihrer Cohäsion z. B. der Sand. Thonige Erden ziehen sich zusammen und werden zerreiblich oder (bei feinem und compacten Thon) es bilden sich nach allen Richtungen Risse. Das eindringende Regenwasser befördert die eingeleitete Strennung in Folge welcher die Erden viel Wasser aufnehmen, wodurch wieder die Feuchtigkeith und Cohäsion verringert werden. So, wenn gewöhnlicher Thon quillt wieder unter Einfluß der Feuchtigkeith und verliert seinen Zusammenhang so daß er bei geringem Zutritt von Feuchtigkeith flüssig werden kann. Ähnlich, wie abwechselnd Trockenheit und Feuchtigkeith, wirken Eisbildung und Auftauen.

75.

Eindringendes und direct abfließendes Regenwasser dringt in das Terrain ein durch die durchlässige Erde bis auf die undurchlässigen (Thon) Schichten. Es verringert die Cohäsion der Erde und die Reibung auf den Thonschichten, die es einweichen kann. Auf der Oberfläche der Böschung fließendes Wasser spült die aufgeweichte Thonerde und die bewegliche durchlässige Erde nun so mehr fort, je reichlicher es ist.

76. Abfließen durch Canäle, welche die Baumwurzeln bilden.

In bewaldetem Terrain sind oft Baumwurzeln die Ursache reichlicher und intermittirender Durchsickerungen von Wasser. Ein Theil bewegt sich vertical abwärts, ein anderer fließt an den Öffnungen, welche die Wurzeln an der Oberfläche der Böschung lassen heraus.

77.

Wenn eine starke Schicht beweglichen Sandes und wegen überliegender durchlässiger Schichten reichlich Wasser vorhanden ist, kann der Sand in Lücken kommen und Einstürze herbeiführen.

78. Abfließen des Wassers über die durch Auftauen verweichte Böschung.

Während des Frostes ist die obere Decke des Terrain und der Böschungen undurchdringlich. Das Auftauen geht allmählich von außen nach innen und inwieweit fließen Regen und Schnee-Wasser die aufgethauene und aufgeweichte Böschung hinab.

79.

Eisbildung in der Oberfläche gefroren wird beim Auftauen beschädigt und die Erde verliert den Zusammenhang.

80.

Oberhalb des Einschnittes in Vertiefungen oder in Klagen, Gleisen etc. stagnirendes Wasser, welches langsam absciebt wird kann Veranlassung zu Abrutschungen geben. Eben so die am oberen Rande der Einschnitte oft angeordneten Gräben, welche man bei Einschnitten in thonigem Terrain nicht machen sollte.

81.

Bildung von dünnen aufgeweichten Schichten zwischen undurchlässigen Boden, welche also abgleiten des oberen Theiles ermöglichen.

82.

Zwischen undurchlässigen Thonschichten sind zuweilen Gleitflächen gebildet, die mit weichen Thon in sehr geringer Dicke angefüllt sind, die zuweilen in Form eines kleinen Hühnerlaufes aus der Böschung quillt. Diese von vorne herein existirenden Gleitflächen begünstigen Ansätze und Abrutschungen.

IV. Methode von Ledru unter Anwendung von Drains.

Drainage von Ledru namentlich anwendbar wo nicht deutlich die wasserführenden Schichten sich zeigen sondern allgemeine Durchlässigkeit vorhanden ist.

83. Eisenbahn von St. James Gray in Überall mit Wasser durchzogenen weichen Boden.

Drains in 3-6 Meter Entfernung, in 1-12 M. unter der Böschung, 3 centim im Lichten weit. Die Drains (Fig. 84) an den Fugen mit Rasen oder Moos bedeckt, darüber zer Schlagene Steine oder Kies, dann Rasen und hierüber gut gestampfter Boden. Die Böschung im Uebrigen wie gewöhnlich bekleidet. Die Drainage, Drains münden in Sammeldrains von 0,05-0,08 Durchmesser und schicken das Wasser alle 10-20 M. durch einen Unerdrain in den Hauptdrain, von 0,08 Durchmesser. Die Ausmündung dieses Drains außerhalb des Einschnittes muß frostfrei angelegt sein, 0,6 m unter dem Boden und in einem Graben unterlaufend, damit nicht Moos etc., welche darin wachsen Verschlüßungen verursachen. Man faßt die Ausmündung mit einer Steinpackung im. Je feuchter die Böschung um so näher werden die Drains in der Böschung gelegt.

84.

Drainage des Ledru

85.

Ist das obere Terrain feucht und durchlässig, so legt man bloß in dieses die Drains, welche man in einen Sammeldrain von 0,3 m in der undurchlässigen Schicht münden lässt. Gefälle des Drains so etwa 1/300-1/200.

86.

Ist das Terrain unten feucht und durchlässig verfährt man wie nebenstehend. Angebrachte Vorzüge. Die Drains liegen geschildert und der Central Drain hocknet auch das Stamm aus. Das Wasser des Sammeldrains fließt genügend reichlich u. beständig um nicht leicht zu gefrieren auch liegt dasselbe 15 m unter dem Stamm u. die zwei (oder eine) Endöffnungen sind in einem durch den Baum (oder Graben) außerhalb des Einschnittes mündend vor Gefrieren leicht zu schützen. Auch wenn der Drain verstopft sein sollte lassen die übergepackten Steine noch das Wasser passieren. Ledru zieht sein Verfahren dem von Saclly vor.

V. Methode von Salanne mit Drains.

87. Blatt: 6 u. 7. Fig. 87 bis 93.

Die Drains von 3,5 cent. im Lichten werden (mit Haken versehen) auf eine Stange gesteckt und in ein tief in die Böschung gehobenes Loch, welches die sich zeigenden Quellen thümtlichst verfolge gehoben. Die Haken sind durch einen, von einem Ende der gesammten Aufstählung bis zum anderen gehenden, um sie geschnittenen Draht Eisen Draht befestigt. Damit beim Herausziehen der Stange die Drains sitzen bleiben. Auf den braunen Bahnen (Sudbahn b. Saarländischen) angeseendet, wo die Löcher mit einer Maschine gehobelt (bis 6 M. Tiefe hatten. Der Erfolg war nicht befriedigend.

88.

Die Methode die Drains schräg in die Böschung anlegen ist wenig mehr gebräuchlich. Die tiefen Einschnitte für die Drains schwächen die Böschung. Eine Richtung die Böschung direct hinunter, nach der Linie des stärksten Gefälles ist vorzuziehen.

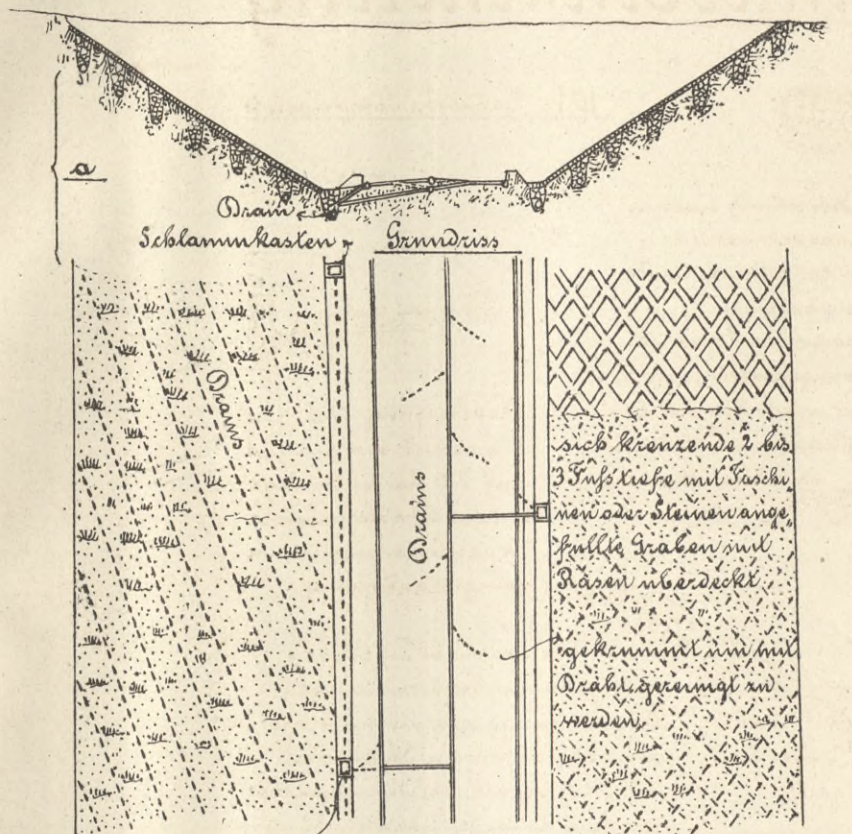
89.

Die Salanne Methode ist bequem anzuführen u. erfordert weiter kein Material als die Drains u. man kann den Effect durch Einbringung von mehr Drains noch vergrößern. Dagegen sind die vielen Öffnungen der aus der Böschung etwas vorstehenden Drains durch Frost leicht verstopft. Auch können sie nur im gewachsenem Boden angeseendet werden, in nicht gleitendem u. nicht beweglichem Terrain weil die Drains verschoben werden. In Verbindung mit einer Stein- oder Kiesbedeckung, die mit Rasen und (gegen Frost) mit regelablässiger Erde (Kersal oder besodet) bedeckt ist u. deren Wasser in einen Sammelkanal sich begiebt, angebracht, könnte ein Erfolg zu erwarten sein. Aber die Steinpackung mit Erde darüber würde vielleicht ohne Drains das Gemischte leisten.



90. Braunschweigische Südbahn. Einschnitt bei Wrescheroode auf der Linie Borsum - Kreensen. (Aus Beschreibung der herzogl. braunschw. S.B. von Borsum bis Kreensen. Braunschweig. 1858.)

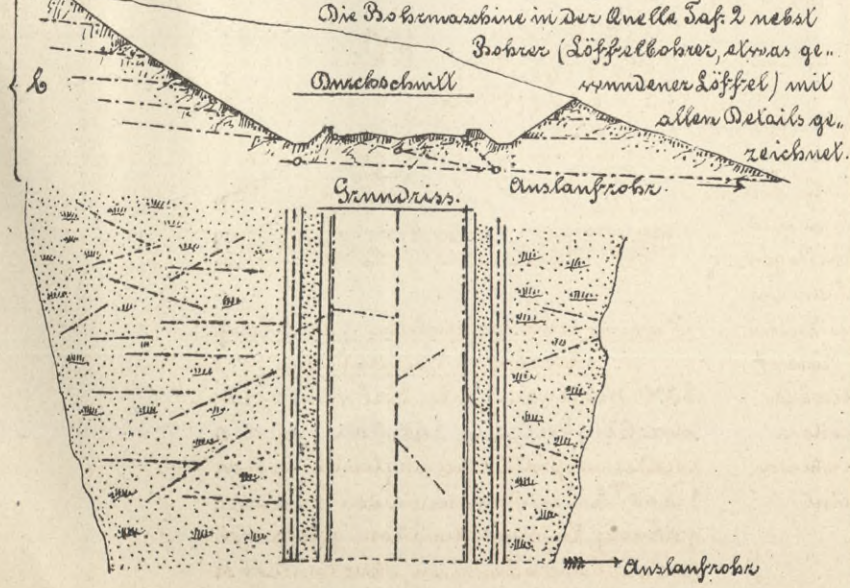
Entwässerung des durch Aufnahme von Wasser im bräunlichen Zustande übergehenden Flotterleimes oder Thons, durch 3 bis 4 Fuß tiefe, 6 bis 8 Fuß von einander entfernte Rinnen, mit geneigter Richtung zur Grabensohle hinuntergehend, in welchen Drains liegen mit Steinen überpackt (links), darüber Rasen. Oder mit sich kreuzenden 2 bis 3 Fuß tiefen Rinnen (rechts), mit Steinen oder Faschinen ausgefüllt, je nach Erfordernis von einander entfernt, mit Rasen überdeckt. Auch wurden bei Einschnitten, in denen wasserführende Schichten geöffnet wurden, in einiger Entfernung von der bergseitigen Böschung Drainleitungen parallel zur Bahnaxe in das Terrain gelegt, um das Wasser oberhalb des Einschnittes aufzunehmen und abzuführen.



Schlammkasten aus alten Schwelmen oder Dohlen hergestellt von welchen aus mit einem Draht die Reinigung der Drains geschehen kann. Weil Deckel in Höhe der Grabensohle.

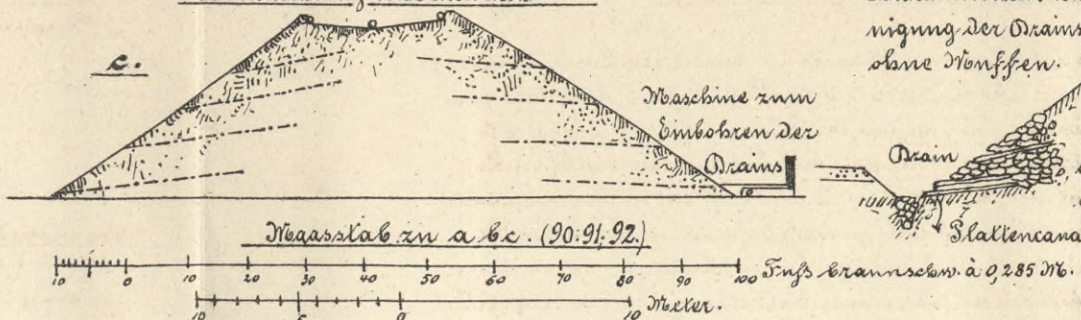
91. Braunschweigische Südbahn. Einschnitt bei Saarlouishausen.

Drainierung der Böschungen mit Drains für welche nach den verschiedensten Richtungen auf 10-20 Fuß tiefe Löcher mit einer Bohrmaschine gebohrt wurden, worauf dann die Drains mit dem Bohrgeräthe eingezackt wurden.

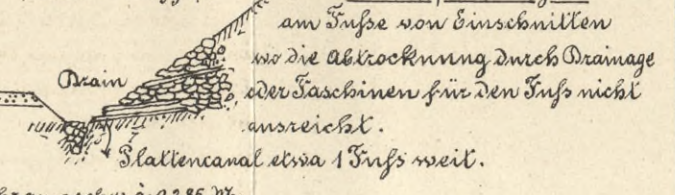


von Raven.

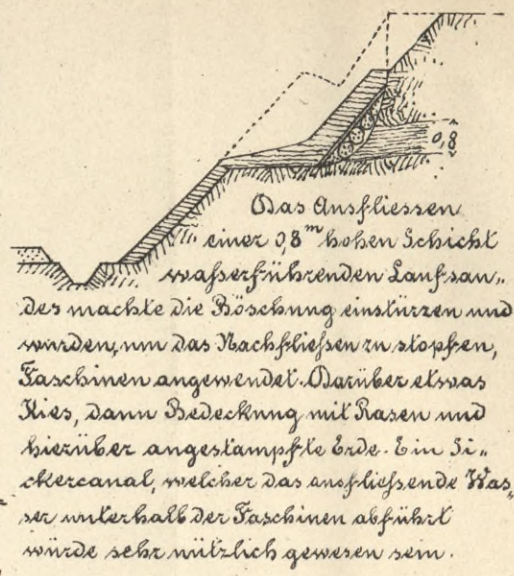
92. Profil eines Damms mit eingebohlenen Drains entwässert. Braunschweigische Südbahn.



93. Braunschweigische Südbahn. Im Graben 3 Fuß unter der Sohle Drainleitung mit Steinen bedeckt, alle 80 Fuß durch einen Schlammkasten unterbrochen von dem aus die Reinigung der Drains besorgt werden kann. Drains ohne Nonnen.



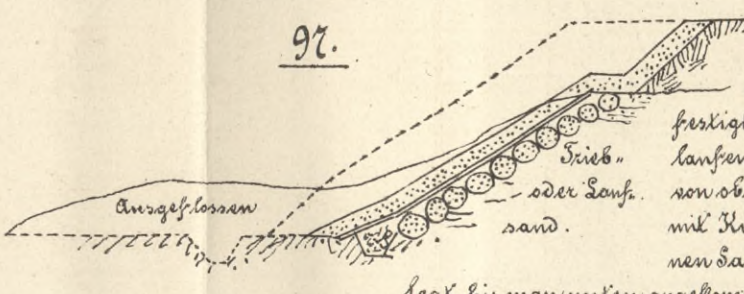
94a. Einschnitt bei Saarburg.



VI. Methode unter Anwendung v. Faschinen.



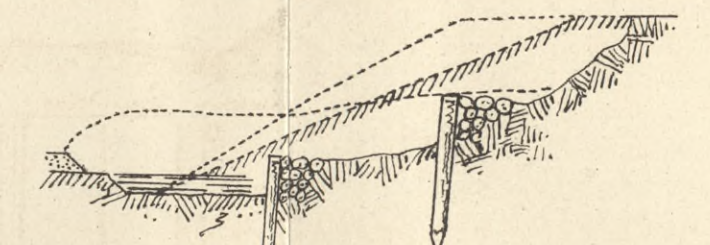
95. Steinfaschinen zur Bedeckung einer, in ihrer ganzen Fläche wasserführenden Böschung z. B. in beweglichem Sande, kreisförmigen Terrain etc. Von oben wird mit dem Legen der Faschinen angefangen, man bedeckt sie mit 0,1 Kies und bedeckt sie dann mit Flachrasen auf etwas Muttererde.



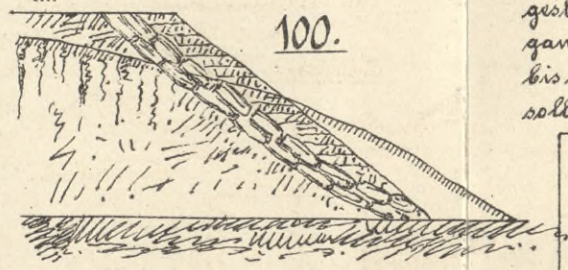
99. Drainage mit Faschinen. Damm zu Saarburg (Goschler pag. 51)

Damm von 4 M. Höhe aus gefrorenem thoniger Erde geschüttelt auf einem Kiesboden, der sehr feucht, röhrend. In Folge des Aufstehens durch das Wasser im Damm und des durch Risse im Stamm eindringenden Regenwassers erfolgte Ausentschnung. Normal zu der 1-2 Fuß Schicht, mit Stein- oder Kies-Faschinen gefüllt darüber gestampfte Erde. Hierauf Beseitigung der übrigen ausgetrockneten Erde und Anbringung eines 2 m hohen u. 3 m breiten Contrefort unter dem die Enden der Faschinen hervorstanden. Das Contrefort erscheint reichlich stark.

101. Bahn von Como nach Mailand. Winkler, Der Unterbau p. 198.



Abflachung der anfänglich unter 45° angelegten Einschnittsböschung (thonig mit viel Wasser durchzogen) auf 1/2 fache Anlage unter Anwendung von Steinfaschinen und Pfählen. Letztere nützen kaum mehr als daß sie die Faschinen halten und sind in durchweichlichem Boden wenig standfähig.

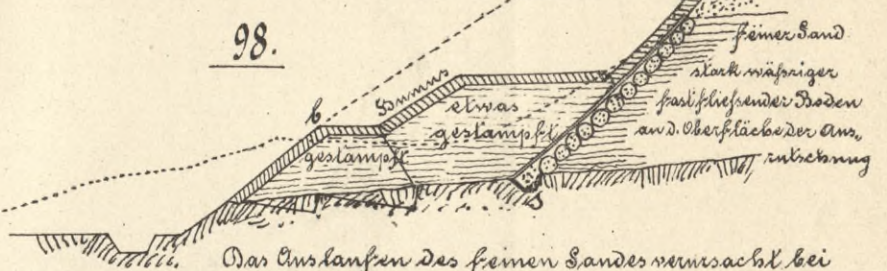


100. Damm über Dorfplätzen. Goschler p. 51. Saarburg - Weissenburg.

2000 Meter lang über Dorf von 1-1,8 Mächtigkeit, zum Scheit ausgegraben und wieder verfüllt, daher ungleiches Setzen des 3-6 Fuß hohen Damms an den Grenzen ausgegraben. Thonsandigem Thone geschüttelt. Damm mit Faschinen, ohne Contrefort.

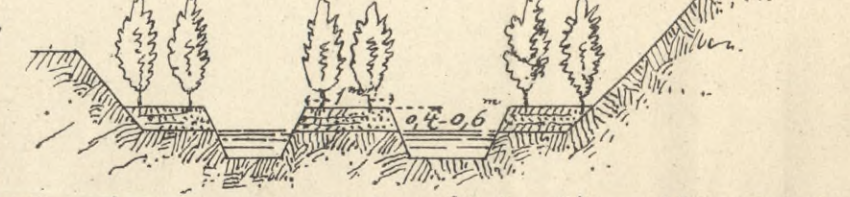


Nach demselben Prinzip kann man auch gepflanzte Gräben überhaupt Steinbekleidungen in fließendem Sande herstellen.



Das Anstehen des feinen Sandes verursacht bei reichlich anfließendem Wasser allmählich erhebliche Ausentschnungen. Um einen Sickerkanal auf der undurchlässigen Schicht anbringen zu können, muß man nach dem Schema Fig. 95 die Böschung mit Faschinen abdecken und dann den Sickerkanal anlegen. Über die Faschinen kommt zur Ausgleichung etwas Kies, dann Rasen und darüber eine Schicht humose Erde von 0,8 bis 1,0 m Dicke, welche besät wird. Man kann im Fall 97 auch ein Contrefort b aus gut gestampfter trockner Erde anbringen und hinter diesen Contrefort die ganze oder doch einen Theil der ausgetrockneten Erde wieder anbringen bis selbst zur ganzen Höhe des Einschnittes, falls dies billiger kommen sollte als der Transport der Erde an einen entfernten Ablagerungsplatz.

102. Holz. Gesundmachung v. Ausgrabungen



Ausgrabungen mit stagnierendem flachen Wasser können gesundheitschädlich werden. Man hebt deshalb Gräben an, deren Boden man zur Anpflanzung um 0,4-0,6 m über Wasser von Erdwällen (Babellen) von 1 M. Breite verwendet, die man bepflanzt (am besten mit Weiden). Ausführliches in Goschler pag. 55 n. 174. Auch: Krake, Bürgermeister zu Brimmern, Kultur von Hochweiden. Aachen D. Sachb. 1879.



VII. Allgemeines, betreffend Erd- und Steinbekleidungen.

103. (Einschnitt) Bei Neigung von 45 Grad oder steiler sind Böschungen, die mit Mutterboden bekleidet sind schwer zu halten. Wächst also auf dem gewachsenen Boden (dem natürlichen, bloß gelegten Boden) keine Besamung oder Anpflanzung, ohne Weiteres, so kann man wohl, die mit humoser Erde an bekleidende, dann zu besäende Böschung flacher, also $\frac{3}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Basis auf 1 Höhe zu machen.

104. Es empfiehlt sich die 0,25-0,30 m starke Bekleidung mit Muttererde, statt in mehreren, z. B. drei Schichten, welche parallel der Ebene der Böschung angestampft werden, in einzelnen, ein wenig gegen die Böschung geneigten Schichten anzustampfen, weil dann die Bedeckung dichter wird und Wasser sich nicht zwischen den Schichten parallel der Böschung leicht durchziehen kann. Der gewachsene Boden wird vorher mit der Schaufel rau gemacht indem man mit der Schaufel oder Stracke 6 bis 8 cent. tiefe Vertiefungen macht, was manche dem regelmäßigen Abtropfen vorzuziehen, (vergl. Erdarbeiten Taf. 28 Fig. 4) dessen Absätze oft vor dem Bedecken sich verschieben und deformieren. Ist der anzubringende Boden trocken, so furchelt man ihn beim Anstampfen.

105. Bei Bedeckung mit leichtem Boden und furcheltem Boden, kann es sich empfehlen am Fuße der Bekleidung mit Stummeln einen Sicherkanal anzulegen, aus welchem, in gewissen Entfernungen, etwa abfließendes Wasser in den Graben durch Americanale geleitet werden kann.

106. Trocken Flugsand, welcher durch sein Verfließen dem Betriebe lastig wird und herabrieselnd die Gräben füllt, bedeckt man am besten mit humoser Erde, die man besät oder mit Rasen bedeckt. Wenn beide fehlen muß man Anpflanzungen von passenden Gräsern versuchen. (vergl. Erdarbeiten Taf. 28.)

107. (Einschnitt) Ist der gewachsene Boden furchel, ohne so viel Wasser zu zeigen und wasserführende Schichten im Untergrund, dann eine Abkrochmung (durch Drains oder Sicherkanäle) erforderlich wird, so kann man die Böschung mit einer Schicht Sand bedecken und darüber die regulabilische Erde (Mutterboden) anbringen. Bei steileren Böschungen als $\frac{1}{4}$ Basis zu 1 Höhe wird sich der Sand kaum halten.

108. Zeigen sich bei steilen mit humoser Erde (Muttererde) bedeckten Böschungen an einzelnen Stellen Abkrochungen, so kann man, wenn der Boden nicht so naß, daß Abkrochung durch Drains, Runnen etc. erforderlich, auf der terrassierten Oberfläche des gewachsenen Bodens mittelst Kies ein Filter (Sickerbett) herstellen, dessen Wasser in einen Canal (vergl. die Sicherkanäle von Danne Taf. 13 Fig. 163) aufgefangen und an einer kontrollierbaren Stelle (z. B. in den Graben durch einen Sickerabfluß) abgeleitet wird.

109. Steinbekleidungen auf dem gewachsenen mürblichartigen Boden direct gelegt, lassen darüber sie fließen, die Fugen sichern und der Boden wird anfgeweiht. Man sollte sich daher bemühen eine Lage durchlässigen Materials, welches den Abfluß des Wassers, was sich unter der Bekleidung sammelt, abzurufen zu bringen. In vielen Fällen ist eine Bekleidung mit Muttererde, welche mit Rasen bedeckt wird, die gut angeordnete Münden zum Abfließen des Regenwassers erhalten, vorzuziehen.

110. Bekleidung von Böschungen, welche nur in der angenommenen Steilheit stehen wenn dem Einflusse der Atmosphäre und des Regenwassers entzogen. Gewöhnlicher Flachrasen zur Bekleidung von Böschungen in Plateaus von 0,3-0,5 Meter Höhe, darunter 10-15 centim. Stummeln oder Muttererde, kommt, wenn letztere gut angeordnet, gestampft und die Rasen (oder doch ein Theil) festgenagelt sind, bei 3 Basis zu 4 Höhe meistens gut an. Für Besamung mit Grassamen ist eine flachere Böschung, wenigstens 1:1 nöthig und zweckmäßig wird die humose Schicht 0,16 bis 0,25 stark genommen. (vergl.: Erdarbeiten Taf. 28 Bekleidung der Böschungen, wo das Verfahren ausführlich beschrieben). Die Dicke in welcher die Rasen abgestochen werden ist etwa (je nach ihrer Dichtigkeit) 8-10 centim. Für oft von Wasser (stillstehendem) bespülten Böschungen werden Flachrasen kaum bei 1 Basis zu 1 Höhe genügenden Schutz auf die Dauer gewähren.

113. 114. 115. ad 113 u. 114. Bei Böschungen unter 45° und flacher, braucht man kaum das Pflaster nach unten stärker werden zu lassen, sondern kann es ohne Gefahr zu laufen daß es ausbleibt, bei wenig Wasserangriff 0,3 stark (als Minimum) machen, bei mehr Angriff fließenden Wassers und nicht starkem Eisgang etwa 0,6. Bei Hüllenschlag und mehr Eisgang stärker (und inbedies manchmal gemauert). Vergl.: Erdarbeiten Blatt: 30. Oesterreich. Palast. Wenn der Boden des Damms nicht schon aus durchlässigem, unlöslichen Material besteht, muß man, so hoch das Wasser reicht, zur Verminderung des Answassens des Bodens eine 0,1-0,15 m starke Unterlage von grobem Kies, Steinschlag oder dergl. machen. (vergl.: Erdarbeiten Bl. 29. Erwünscht ist wenn der Damm sich vor Anbringen des Pflasters gesetzt hat. Ist dies nicht der Fall so kann man ihn wohl ein wenig concav machen, dann wird die Böschung später gerade. Bei fließendem Wasser muß man den Fuß gut vor Unterspülung sichern. Die einreihen Steine des Pflasters müssen tief eingreifen, einer muß gut den anderen halten. Die Vegetation, welche die Fugen dichtet, befördert man, indem man furchelbare Erde über die Böschung legt und passenden Samen streut.

111. Böschungen, welche an sich so steil gemacht werden können, aber dem Einflusse der Atmosphäre entzogen werden müssen, um auf die Dauer zu halten. Appressen können bei nicht sehr hohen Böschungen manchmal bei 1 Basis auf 2 Höhe noch halten ohne durch ihre Berührung auszubanken und dann von der Böschung sich abzulösen. Derselbe ist (nach de Saxilly) alle 15 Meter Höhe, Dämmen von 0,4-0,5 Meter Breite anzulegen. Solche Berme sind auch nützlich und erforderlich wenn man z. B. Einschnitte, um sie vor dem Regenwasser und atmosphärischen Einflüssen zu schützen, bekleiden will, aber sie in der ganzen Tiefe ausgehöhelt sind. Unter Umständen kann es nützlich sein, um Ansammlung von Wasser unter dem Rasen zu vermeiden, am Fuße der Dämmen durch Drains oder Sicherkanäle, welche in die Böschung entlang geführte Münden münden, das Wasser abzuführen.

112. Frage ob eine steile Böschung durch Pflaster geschützt, oder eine flachere, welche durch Besamung genügend geschützt werden kann, vorzuziehen.

Bei Böschungen unter 45° und flacher, braucht man kaum das Pflaster nach unten stärker werden zu lassen, sondern kann es ohne Gefahr zu laufen daß es ausbleibt, bei wenig Wasserangriff 0,3 stark (als Minimum) machen, bei mehr Angriff fließenden Wassers und nicht starkem Eisgang etwa 0,6. Bei Hüllenschlag und mehr Eisgang stärker (und inbedies manchmal gemauert). Vergl.: Erdarbeiten Blatt: 30. Oesterreich. Palast. Wenn der Boden des Damms nicht schon aus durchlässigem, unlöslichen Material besteht, muß man, so hoch das Wasser reicht, zur Verminderung des Answassens des Bodens eine 0,1-0,15 m starke Unterlage von grobem Kies, Steinschlag oder dergl. machen. (vergl.: Erdarbeiten Bl. 29. Erwünscht ist wenn der Damm sich vor Anbringen des Pflasters gesetzt hat. Ist dies nicht der Fall so kann man ihn wohl ein wenig concav machen, dann wird die Böschung später gerade. Bei fließendem Wasser muß man den Fuß gut vor Unterspülung sichern. Die einreihen Steine des Pflasters müssen tief eingreifen, einer muß gut den anderen halten. Die Vegetation, welche die Fugen dichtet, befördert man, indem man furchelbare Erde über die Böschung legt und passenden Samen streut.

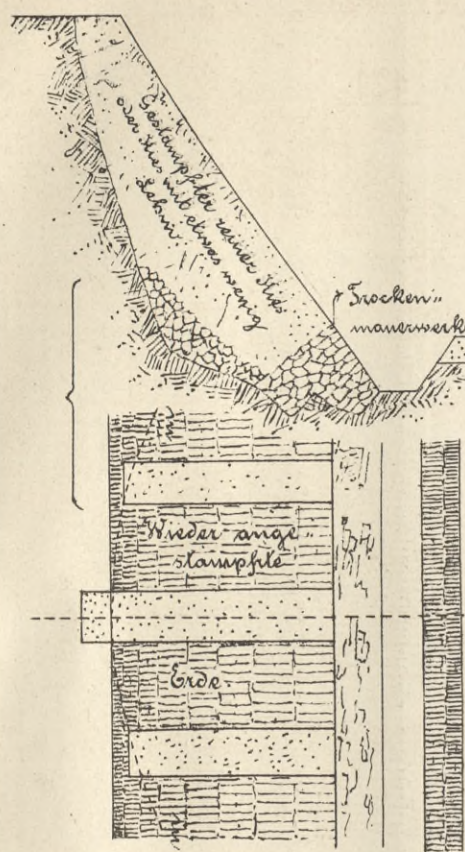
De Saxilly in Annal. des ponts et chaus. 1851. 1 sem. sur les conditions d'équilibre des maifils de terre et sur les nécessités des talus pag. 66 behandelt diesen Fall. (Oesterreich in Zeitschr. des verkehr. Ing. Ver. 1852) Gegeben ein Einschnitt von 15 m Tiefe in einer Erdart von einer Beschaffenheit, daß sie auf $h_0 = 1,50$ vertical abgestochen stehen bleibt und bei welcher $f = \text{tang } \varphi = 0,90$ oder $\text{cotang } \varphi = 1,11$. Es ist $\frac{h_0}{f} = \frac{1,50}{0,90} = 1,67$, welchen Werthe nahe $\text{cotang } \alpha = 0,7$ entspricht, der Neigung an welcher sich die Böschung ohne einzuweichen mit einem Pflaster bekleiden von 0,35 mill. Stärke, wohl halten kann. Man nimmt aber an, daß ohne Pflaster die Oberfläche der Böschung und der Boden überhaupt bald sich so verändern würde, daß er nur mit $\text{cot } \alpha = 1,30$ stehen bleiben würde. Die Frage muß durch eine Kostenrechnung entschieden werden, wozu die Saxilly eine Formel aufstellt (ähnlich wie Erdarbeiten Taf. 23 dieselbe Frage bei einer Futtermaner im Einschnitt beantwortet ist). Die Pflasterung ist pro q Meter über der Besamung, dagegen spart man die Erdaushubung des Dreiecks A B D und die Sandfläche B D. Hierbei kommt es auf das Verhältnis der Preise des Pflasters der Besamung pro cub. M., der Besamung, des Terrains an. Statt die Formel zu benutzen kann man auch die Werte durch Zeichnung finden. Dieselben Betrachtungen gelten bei Dämmen. (vergl. de Saxilly a. a. Ann. des ponts et chaus. pag 78 n. f.)

116. Pflaster an Böschungen, die steiler als 45° kommt meistens nur in Einschnitten vor, oder doch nur bei Dämmen aus Felstümmern. Pflasterungen von trocken versetzten Steinen können nur als Verkleidung gegen atmosphärische Einflüsse bei einer Bodenart, welche an sich so steil stehen kann, wenn sie gegen letztere geschützt ist, bis zu einer Steilheit von 1 Basis zu 3 Höhe angewendet werden. Besser ist wenn man alle 3 M. ein Bauwerk von 0,5 m Breite anlegt. Die obere Stärke wenigstens 0,3. Die Kernstärke der Dicke nach unten beträgt bei 1 Basis auf 3 Höhe für jeden Meter Höhe 0,1 bei einer Neigung von 1 M. Basis auf 1/2 M. Höhe 0,05 pro M. Höhe. Bei Böschungen von 45° und flacher kann man eine Stärke von 0,3-0,4 ohne Bauwerk zu machen gleichmäßig durchzuführen, weil bei so flachen Böschungen ein Anbanchen nicht zu besorgen ist. Man sorgt dafür daß die Steine, möglichst als Bänder verwendet tief eingreifen. Selbstredend kommt für die Dicke des Pflasters die größere oder geringere Lagerhaftigkeit der Steine nur so mehr in Frage, je steiler es ist.

Vergl. zu dem Gegenstande dieser Tafel: II. Tafeln Futtermaner und Steinbekleidungen meist Taf. VII. Taf. Erdarbeiten Taf. 29. bis Taf. 30.

VII. Methode mit Sporen von Kies oder von Trockenmauerwerk.

118. London - Birmingham Bahn. Förster 1845. pag. 247.

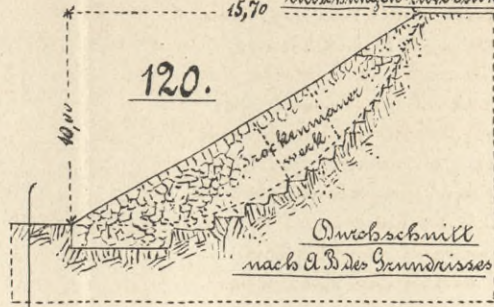


Contreforts von gestampftem Kies oder von Steinpackung in die Böschung, welche angesetzt, gebracht, der Fuß aus Trockenmauerwerk. Zwischen den Contreforts hält sich die gut angestampfte Erde durch Reibung und die sich ansammelnde Feuchtigkeit findet durch den Kies resp. die Trockenmauer einen Ausweg in den Graben. Statt des Kieses hat man auch Steinkohlengries, Schlacke etc. genommen.

zu 120.

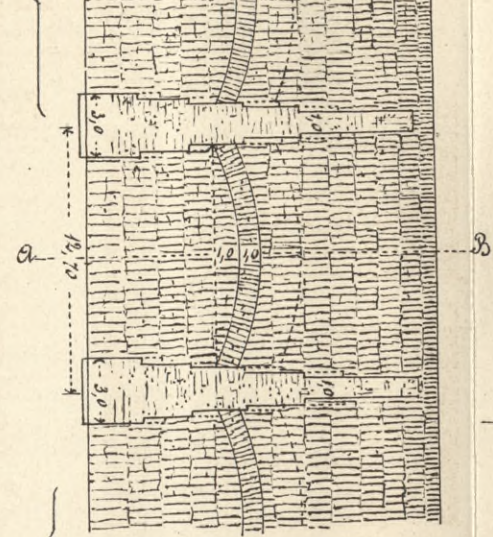
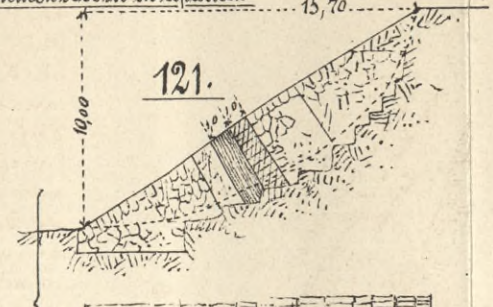
Steinsporen stecken nun so naher, je weniger fest der Boden und je höher die Böschung ist. Entfernung zwischen 5-20 Meter. Breite in der Böschung 0,75-3", Tiefe 0,75-2". Bei Reparaturen bereits eingewachsener Böschungen bis auf den festen Boden, der in der Böschungsgasse wie in Fig. 120 punktiert, sich finden kann.

Steinsporen können bei Einschnitten, als auch Dämm-Böschungen angewendet werden um Aus-



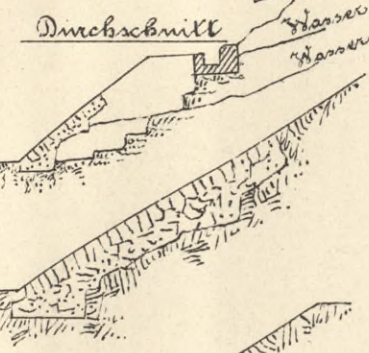
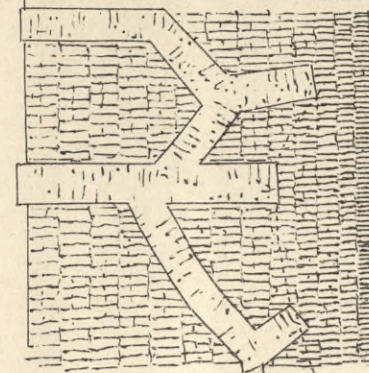
Steinsporen mit Abzätzen welche die Erde gut abtrocknen

Steinsporen



Steinsporen mit dazwischen angebrachten Dämmen (alles Trockenmauerwerk) können weiter entfernt sein, die Dämme stützen die Erde und sind geeignet wasserführende Schichten zu enthalten. Die Dämme können auch in mehreren Lagen angebracht werden. Auch bei stark mit Wasser durchtränkten Böden können sie denselben wirksam stützen.

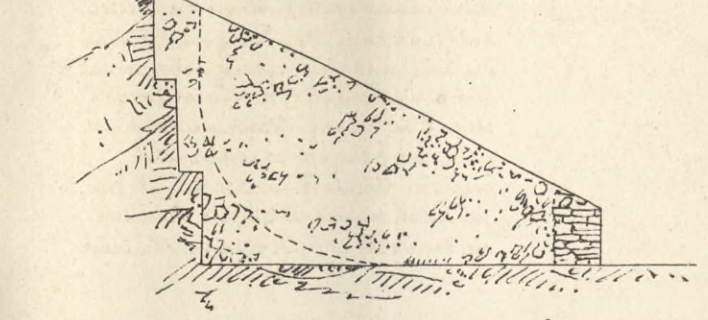
Grundriss. 123.



In Einschnitten, welche mehr Wasser in den Böschungen reizen, hat man mehr oder weniger tiefe Steinsporen in verschiedenen Entfernungen liegend, aus trockenem Stein auf gepackt und sie gegen eine Grabenmauer mit dem Fußes lebend angebracht.

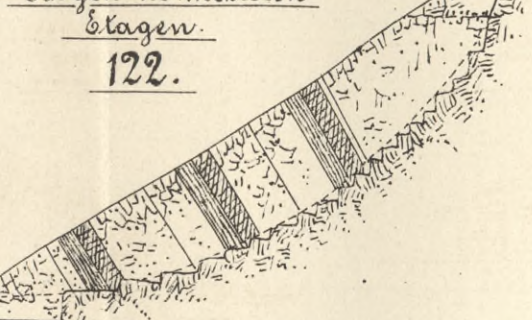
Die Flächen zwischen den Sporen müssen mit vegetabilischer Erde bedeckt, besät oder besodet (mit Frasen bedeckt) gegen atmosphärische Einflüsse geschützt sein. Die Sporen wirken auf Entwässerung, trocknen die Oberfläche ab und wirken durch den Widerstand der Steinpackung selbst, aber die Böschung muß flach genug sein, daß der Widerstand der Sporen und der abgetrockneten Erde die Bewegung größerer Theile der Böschung (in Folge von im Inneren vorkommendem Wasser etc.) verhindern können. Man kann die Sporen auch bei Dämmen, welche rutschbar anbringen.

119. London - Birmingham Bahn. Förster 1845. pag. 250.

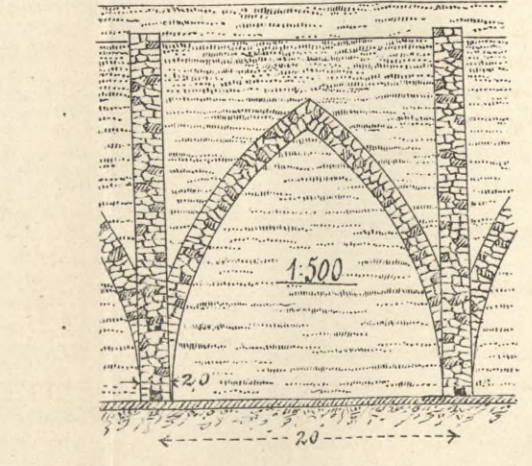


Robert Stephenson 1839 machte, um den Einschnitten an dieser Bahn (in dem gelben Londoner Thon) voranzubringen oder sie zum Stillstand zu bringen alle 15 Fuß Einschnitte von 5 Fuß Breite welche bis auf den festen Boden resp. in festes Erdreich reichten und mit Durchsteinmauerwerk oder auch Kreidgestein mit Kies vermischt festgestampft eine Masse bildeten. Dies (obwohl kostbare Verfahren) hat sich zur Abhilfe von Einschnitten, überall wo es von ihm angewendet wurde, bewährt.

Bögen in mehreren Lagen. 122.

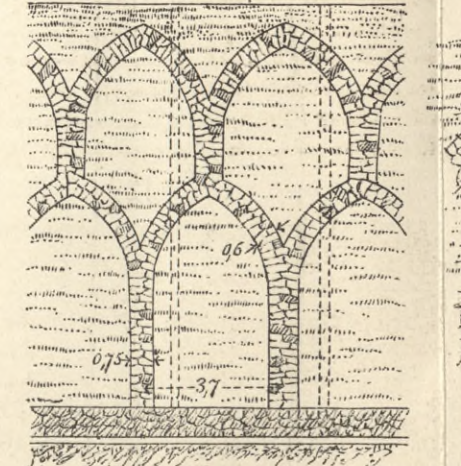


125.



Paris - Lyon Mittelmeer Bahn. Comoy, Annal. d. ponts et chauss. 1875 - Winkler, Der Unterbau III Aufb. p. 190. Pfeiler bei Dämmen und Einschnitten bis auf den festen (nicht geliebten oder gewachsenen) Boden im Abstand, dazwischen Bögen welche meistens nur so tief greifen je beweglicher der Boden zwischen den Pfeilern ist. Die Entfernung solcher Pfeiler ist nach Winkler zwischen 5 bis 20 Meter, Breite (in der Böschungsbene gemessen) 0,6 - 2 Meter, Dicke oder Tiefe (in die Böschung hinein) 0,6 bis 3 Meter.

126.



Paris - Straßburg. Conche. Band I. Bögen in mehreren Lagen, um das Abrutschen des feuchtesten oder durchtränkten Bodens zu verhindern.

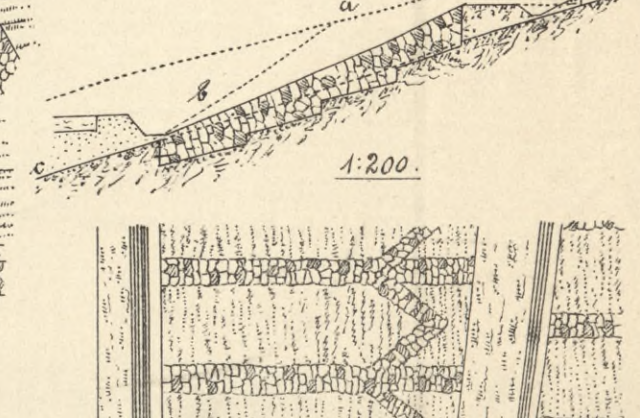
Befestigung der Böschung in beweglichem, sandigen oder verwirkeltem Feilsboden, welcher durch Einfluß der Atmosphäre oder Erschütterungen in Bewegung gerathen kann. Wenn vegetabilische Erde nicht leicht zu erlangen, dagegen Steinmaterial billig ist: Packung von Steinen (ohne Mörtel) in 0,25 bis 0,35 Meter Dicke oder Tiefe. Die nicht mit Stein bekleideten Theile besät oder mit Frasen bedeckt (S. 35) pag. 35)

127.



Ungarische Ostbahn (Bahnhof Erkek). Gerstel in Förster's Bauz. 1874. Winkler, Der Unterbau III Aufb. pag. 191. Moaustab 1:100. Geradlinige Zwischenpackung zur Entwässerung und um die Erde zu halten.

128. Baverische Staatsbahn. Lindau - Augsburg.



a Terraintfläche
b projectirte Böschung
c Gleisfläche
vergl.: Winkler in Domburgs Bauzeitung 1856, auch Winkler pag. 191.



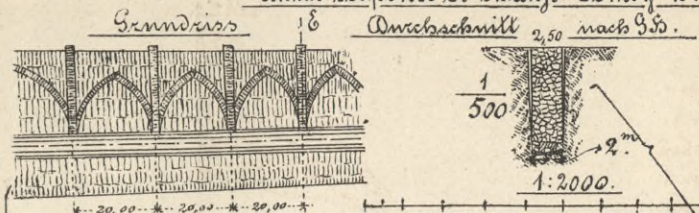
X. Methode mit Steinsporen.

Typen der Wiederherstellungsarbeiten an der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn

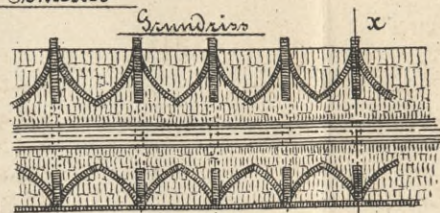
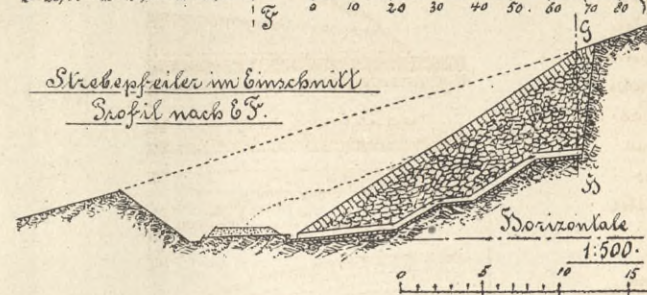
Annal. des ponts et chaussées. Comoy. 1875. II Semester.

130.

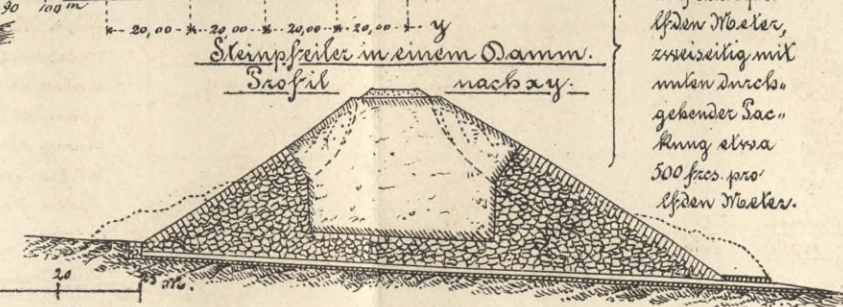
Kostel an einer Böschung ungefähr 155 francs pro 100 qm. Kosten bei 6 bis 7 hohen Bösch. und 240 francs bei 10 bis 11 Meter hohen Böschungen.



Strebepfeiler im Einschnitt Profil nach b f.



Steinpfiler in einem Damm Profil nach a y.

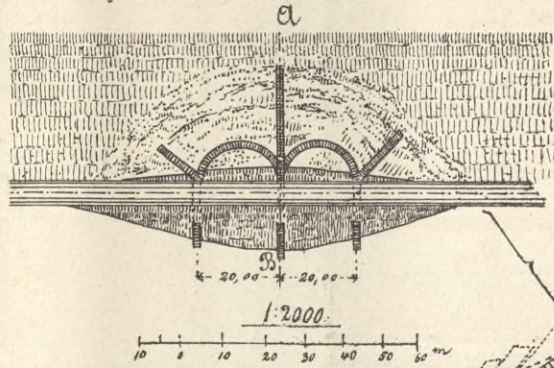


Die unter dem Damm durchgehende Packung, wenn er hoch ist, mit Stollen hergestellt.

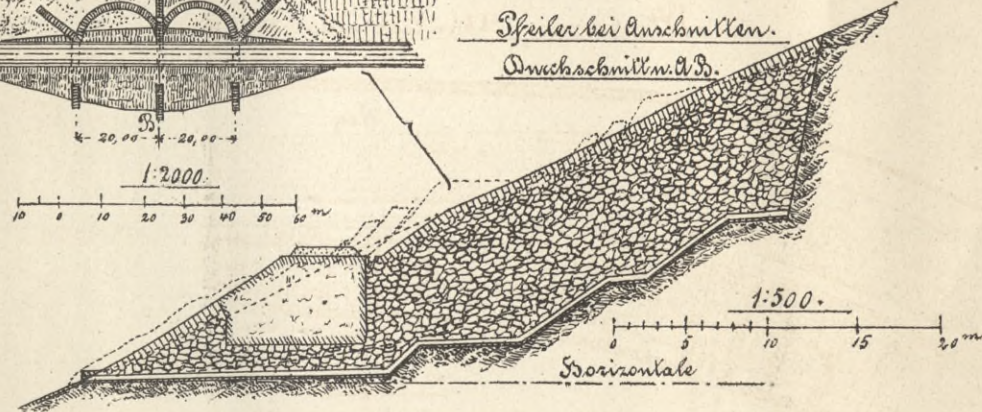
Steinpackungen in der Art von Trockenmauerwerk in 20m Entfernung bis auf den intact gebliebenen Boden mit Absätzen von 1/10 Neigung. Die Bangenben mit Hilfe von Abklüpfungen hergestellt oder wenn sehr tief mit Hilfe kleiner übereinander gebauter Stollen. Die Steinpfiler je nach der Höhe der Böschung 1 bis 2 Meter breit und mit der Oberfläche sichtbar. Als Fundament dient eine 0,3 bis 0,4 starke Betondecke und darüber in Trockenmauerwerk ein kleiner Canal von 0,2m Breite (Weite) und Höhe. Die Pfeiler sind durch Spitzbögen oder Halbkreisbögen in Trockenmauerwerk verbunden, welche, je nachdem das Terrain mehr oder weniger flüßig oder beweglich, mehr oder weniger tief eingreifen normal gegen die Böschung.

132. Steinsporen oder Pfeiler bei Anschnitten.

Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn. Annal. des ponts et chaussées. Comoy. 1875. II Semester.



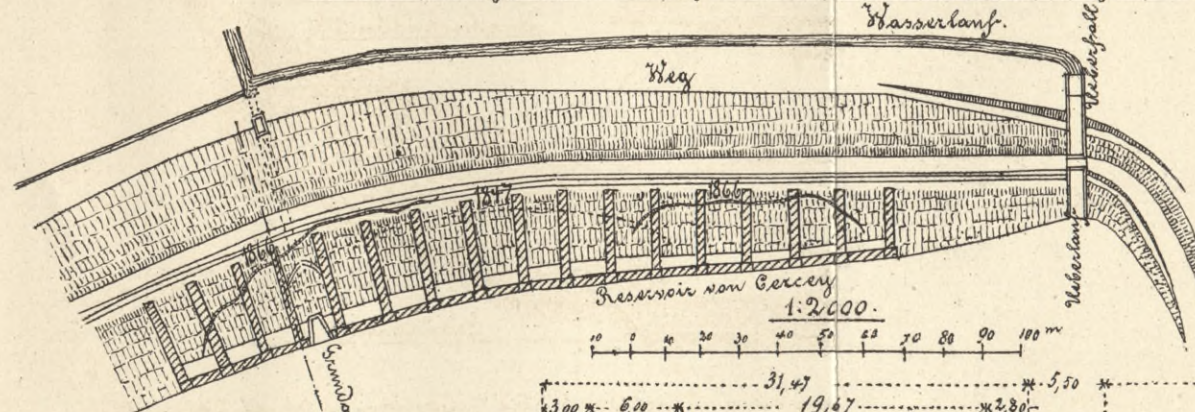
Pfeiler bei Anschnitten. Durchschnitt n. d. D.



Zu Fig. 135.

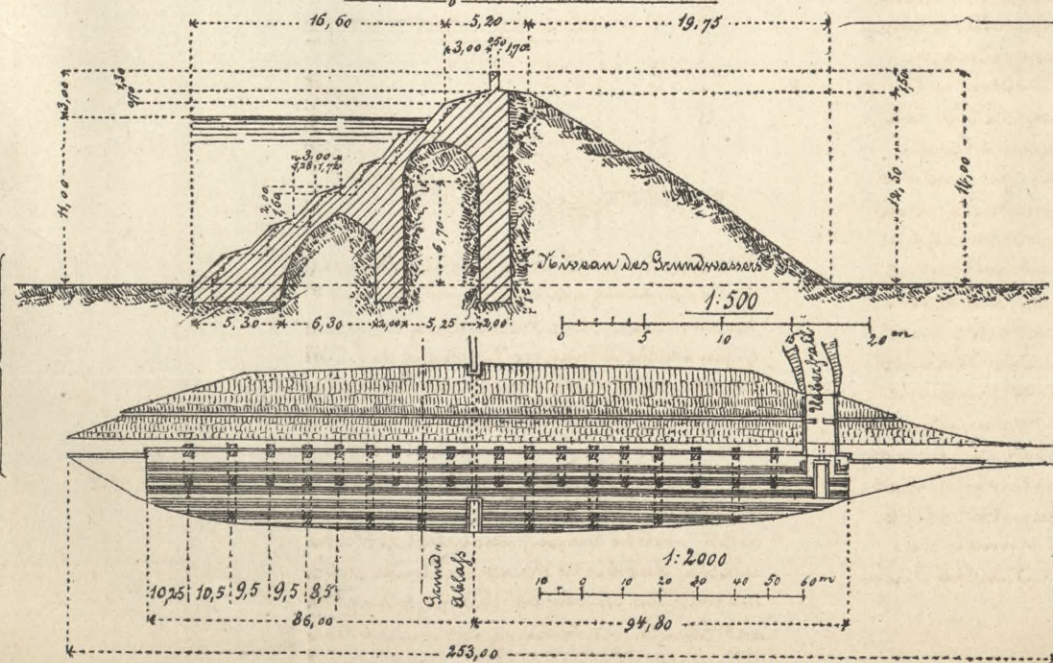
Untersuchung des Dingles zu Avrilly am Canal von Roanne nach Digoin. Vier offene Schlitze 1...4 im Grundriß bis auf die im Profil punktierte Dantschfläche mit Steinpackung von 1,25 M. Breite angesetzt und in eine mit dem Canal parallele Steinpackung von 2 M. Dicke, 3 M. Tiefe und 2,28 M. Länge mündend, deren Wasser durch ein eisernes Rohr in die Loire fließt. Nachträglich hat man noch die parallele Steinpackung durch Einrammen von 6 M. langen Pfählen an beiden Seiten, die Pfähle 3 M. von Mitte zu Mitte, an den bedrohten Stellen verstärkt.

134. Comoy. Abwärtschungen am Reservoir von Cercey. Ringmündiger Canal.



Annal. des ponts et chaussées. 1875. II Sem.

133. Damm des Reservoirs von Cercey. Canal du Centre. Comoy in Annal. des ponts et chaussées. 1875. II Semester.



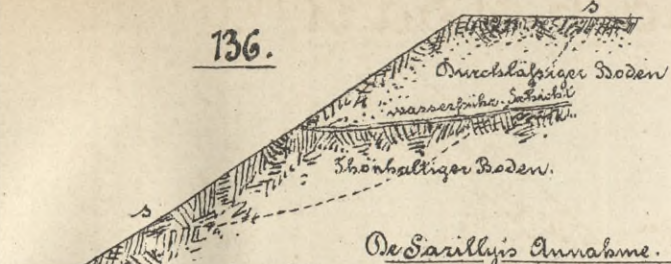
Im Jahre 1831 stürzte die Steinbekleidung der unteren Böschung ein. Der 253 M. lange Damm war von sandigem Boden, mit schon gemischt, hergestellt. An einigen Stellen waren schon über hochbetend. Dies und die mangelhafte Stampfung wird die Ursache des Einsturzes gewesen sein. Um schnell zu reparieren machte man, nachdem gewöhnliche Steinpfiler nicht genügt hatten, an der Wasserseite durch Bögen verbundene Contreforts in Entfernungen von 105 bis 175 M. zwischen denen sog. fällig Boden angestampft wurde. Diese Arbeit ist ausführlich beschrieben in den Annal. des ponts et chaussées. 1845. Nevi et Juin von Comoy.

Der Damm wurde von hier schon hergestellt in der Mitte ein wenig gestampft und durch den Rückkehr der Wagen während der Herstellung comprimirt. Da gegen wurde die innere Böschung auf 7 M. Breite an der Basis und 4 M. Breite oben sehr sorgfältig gestampft. Dieser Mangel an Domogenität hat die Ansetzungen mit verursacht. 1835 und 1846 kamen Ansetzungen an der inneren Böschung vor. Sie wurden durch Steinsporen aus Trockenmauerwerk, welche bis auf den intact gebliebenen Boden reichten, die 8 bis 10 M. voneinander entfernt waren und zwischen welche der Boden gestampft wurde, reparirt. Eine Ansetzung der inneren Böschung im 1842 wurde ebenso reparirt. 1866 aber nach starken

Regen, als nur 9 M. Wasser im Teich, stürzte diese reparierte Partie mit einer anstoßenden, zusammen 200 M. Länge ein. Die Reparatur geschah jetzt durch in hydraulischem Weertel gemauerte mit Abklüpfungen auf dem intacten Boden gesetzte Steinpfiler, welche noch Seitenvorsprünge von 1 M. hatten um die zwischen gestampfte Erde Wasser zu halten. Die Pfeiler 2m Dicke und etwa 8m von Mitte zu Mitte, am Fuße verbunden durch eine Stützmauer von 3,50 bis 2,50 M. Höhe mit 3 M. bis 2,20 M. Stärke. Diese sehr kostspieligen Arbeiten (130000 francs oder 650 francs pro 100 qm) haben sich bis jetzt (1875) gehalten. Die innere Böschung ist darauf mit einem 0,4 m starken Splaster versehen.

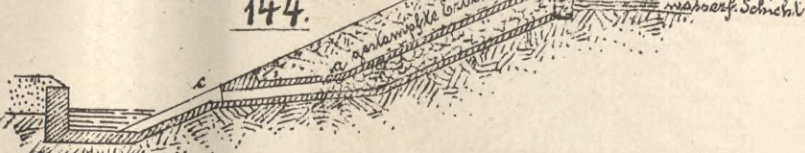


X. Oberflächen Drainage nach de Saizilly.



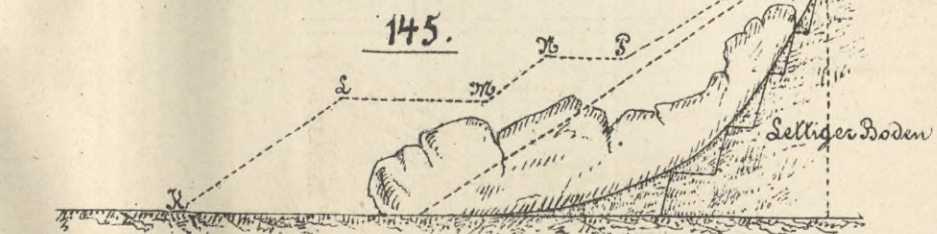
De Saizillys Annahme.

Annal. des ponts et chaussées. 3 Serie. 1851. 1 Semester.
 Eine frei gelegte Thonschicht, welche den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt ist verändert oft ihr Volumen indem sie sich, je nachdem sie feucht oder trocken wird, ausdehnt und wieder zusammenzieht. In die Ritze dringt dann Wasser ein, die Thonschicht wird durchweicht und giebt endlich nach. Der erste Frost, welcher die äußeren Ausgänge verstopft, veranlaßt das Wasser den inneren Rissen und Spaltungsebenen im Thon zu folgen und sie anzufließen. Es erfolgt dann ein „Kürren nachs“. Die Saizillys Methode bezieht daher die Schutz der Böschung gegen die Atmosphäre, durch Bedeckung und Ableitung der inneren Wasser in frostfreier Tiefe unter der Oberfläche der Böschung.

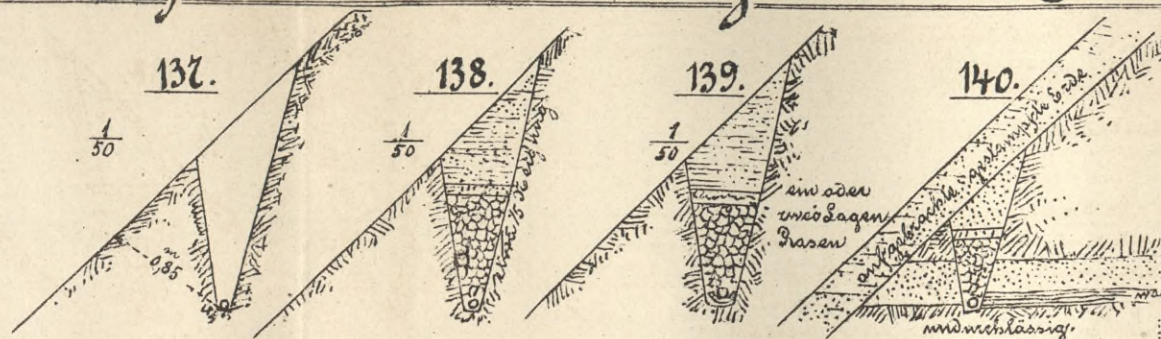


Die Wasser aus den Sicherkanälen werden bei de Saizilly in offenen kleinen Mündern, die in den Graben münden abgeführt. Die Mündern sind gemauert und sorgfältig dicht gemacht. Um besten kann man die Mündern auf eine Unterlage von Kies anlegen. Den offenen Canälen sind die bedeckten voranzuziehen, wo also die Rigolen bis unten mit Kies oder Steinschlag gefüllt, fortgesetzt werden. Ueber den Steinen kann man sie (wie bei Danère) mit Wasser andecken (von a bis b). Der Canal etc ist wie z gemauert. Diese unterirdischen Canäle sind besser vor Frost geschützt und helfen die Oberfläche entwässern, auf welcher die anstumpfe vegetabilische Erde ruht.

Wiederherstellung eines abgestürzten Damms welcher aus thonigem oder lehmigem Boden geschüttelt war.



Die Saizilly beseitigt das ganze abgestürzte Stück und stampft, nachdem die Abfälle bis auf den gemauerten Boden hergestellt und jede Spur von feuchtem Thon auf dem Boden beseitigt, gute Erde in dünnen Schichten an. Dies Verfahren ist sehr kostbar (verglichen mit dem von Danère Taf. 13. Fig. 173 und Taf. 14. Fig. 174 u. 178). Man würde auch (was billiger ist) und rascher anzufließen und wobei der Betrieb eines Weises nicht stets unterbrochen zu werden braucht sein genügendes Dankkell K L M von trockener Erde anstumpfen können und dann, indem man die liegen gebliebene abgestürzte Erde bedeckt, die Böschung nach M N O herstellen können. Aber es ist schwierig die Dimensionen des Dankkells richtig festzustellen.

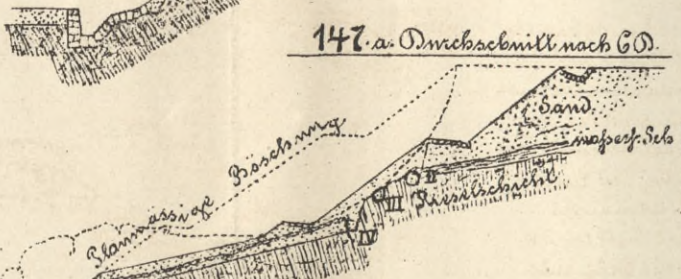


zu Fig. 137 bis 141.

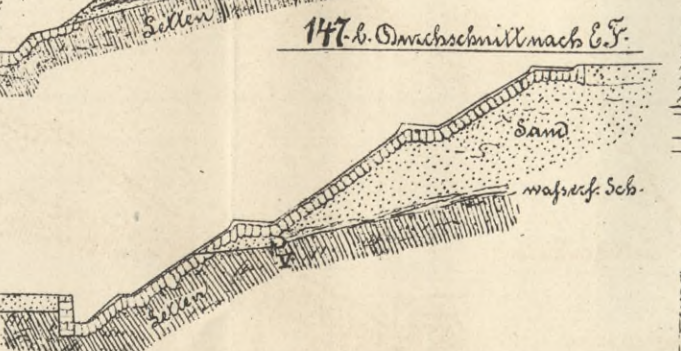
Oberflächen Drainage nach de Saizilly (Bündel Taf. 2).
 Mit Drains von 3 bis 5 cent. Durchmesser. Die Drains mit Kienholz verbunden. Man kann die Drains die wasserführende Schicht verfolgen lassen und an den tiefsten Stellen das Wasser durch Sammeldrains abführen, indem man Sammeldrains im stärksten Gefälle der Böschung in den Graben führt. Oder man legt Drains in die Böschung, dem stärksten Gefälle folgend (Methode Ladon Taf. 6 Fig. 83-86) in eine gewisse Tiefe, regelmäßig in Entfernungen von 4 bis 6 Meter, je nachdem die Böschung pendel ist und lässt sie in einem Sammeldrain im Thaum der Einschnitt (oder unter der Grabensohle) münden. Ueber den Schlitzen bringt man dann gestampften Boden an. Statt die Drains dem stärksten Gefälle der Böschung folgen zu lassen kann man sie auch schräg die Böschung hinan steigend anordnen. (Taf. 6. Fig. 89.)



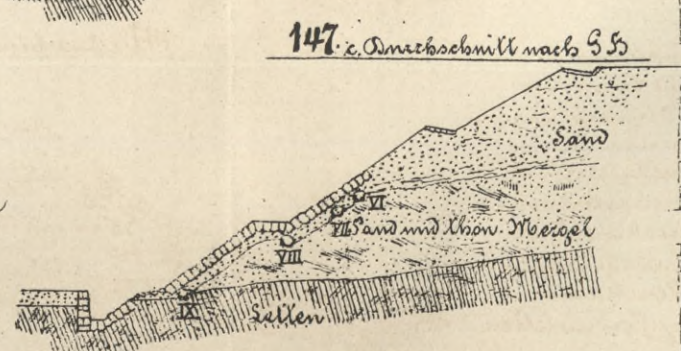
147. Durchschnitt nach A D. (Fig. 146)



147.a. Durchschnitt nach G D.



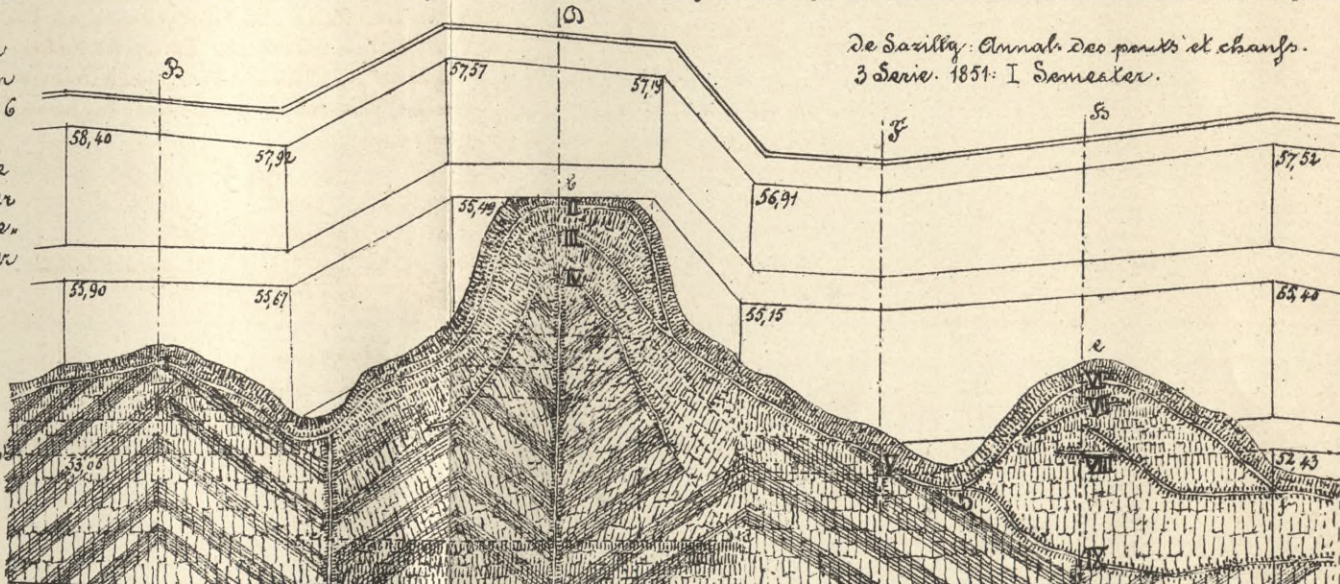
147.b. Durchschnitt nach E F.



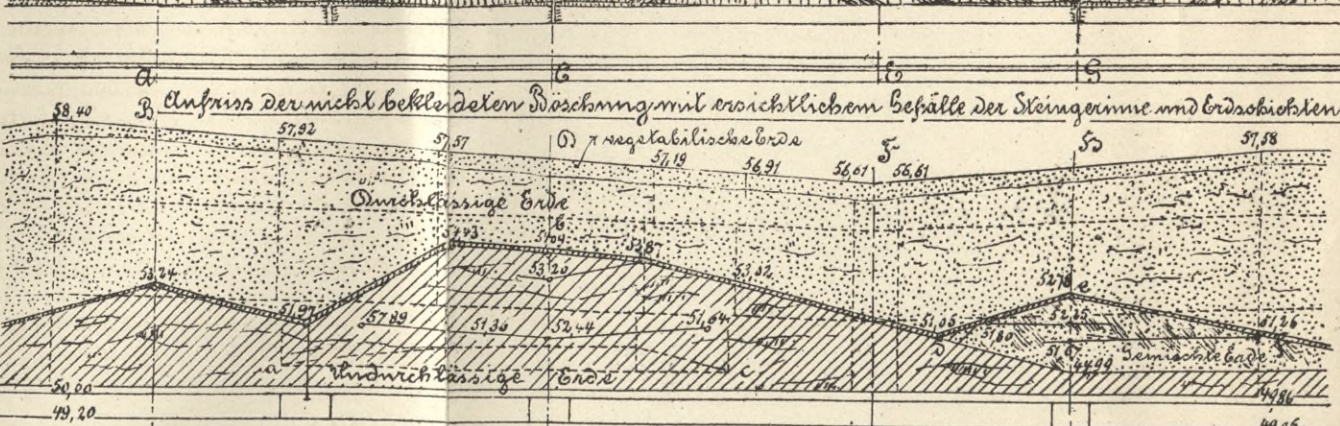
147.c. Durchschnitt nach B D.

Maassstab zu Fig. 146 u. 147. 1:250.

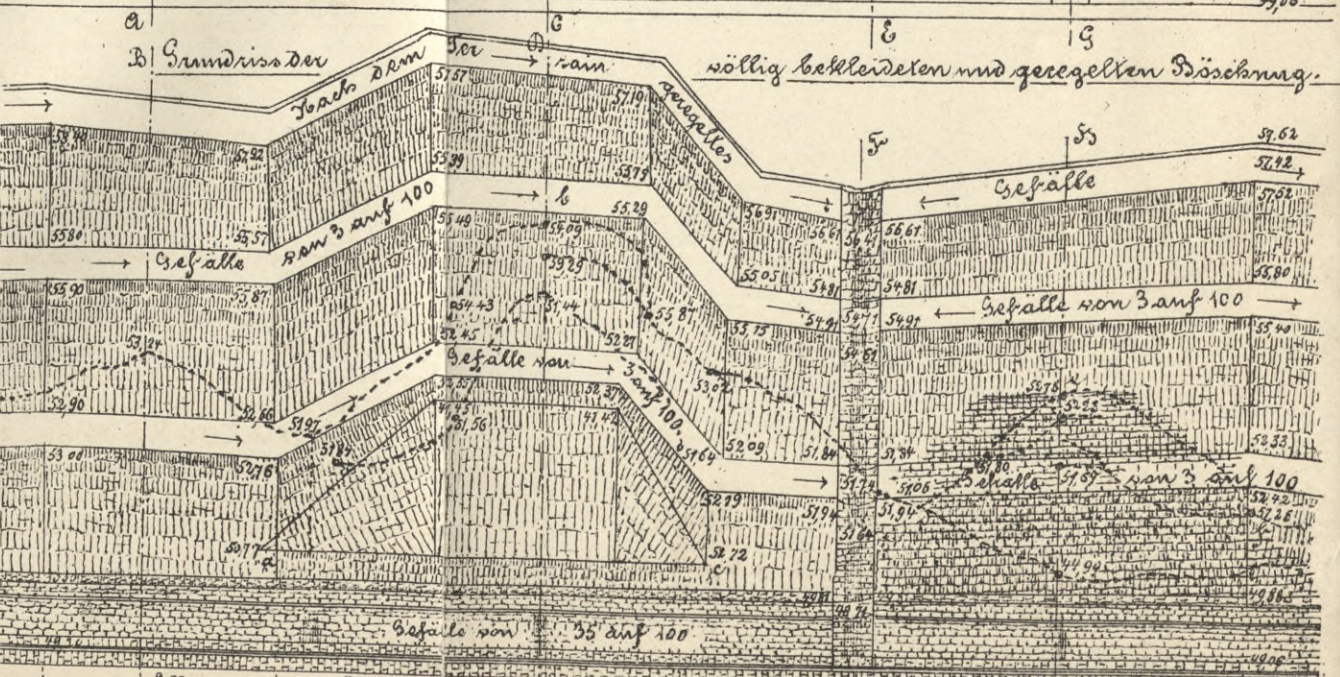
146. Grundriss einer abgestürzten Böschung mit Angabe der Steingerinne und ihrer Ausläufe.



De Saizilly. Annal. des ponts et chaussées. 3 Serie. 1851. I Semester.



146.a. Grundriss der nicht bedeckten Böschung mit erreichlichen Gefälle der Steingerinne und Erdschichten.



146.b. Grundriss der völlig bedeckten und geregelten Böschung.

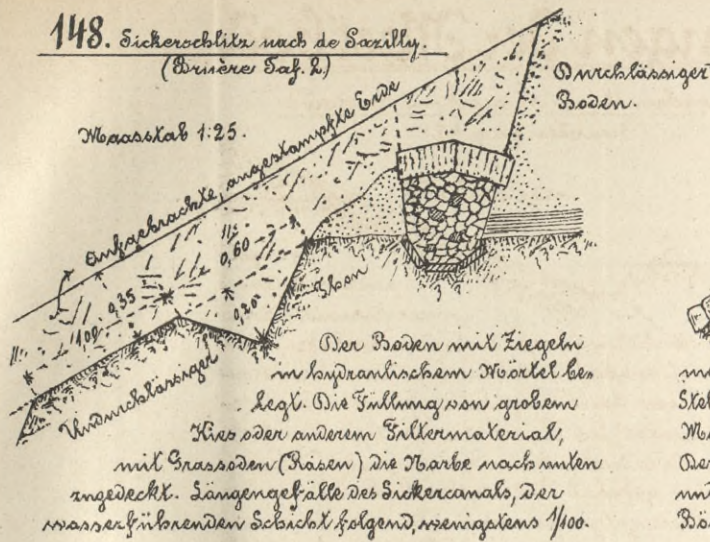
Die schräg schraffirten Linien in Fig. 146 bedeuten die wegen der Bekleidung mit Erde, nach gemachte Böschung. Die mit einem o bezeichneten haben hervorgehoben auf die Seite der Sicherkanäle oder Steingerinne, die anderen auf die Böschungen und Dankkette.

BIBLIOTEKA
KRAKÓW
*
Politechniczna

BIBLIOTEKA

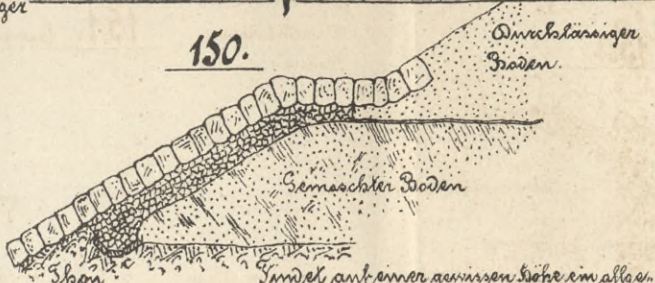
XI. Beispiele von Anwendungen der Methode de Sarilly.

148. Sicherocblitz nach de Sarilly. (Brière Taf. 2.)



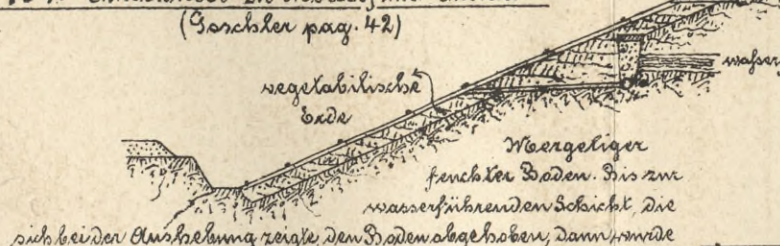
Der Boden mit Ziegeln in hydraulischem Mörtel besetzt. Die Füllung von grobem Kies oder anderem Filtermaterial, mit Grassoden (Rasen) die Oberfläche nach unten angebracht. Längsgefälle des Sicherocblitzes, der wasserführenden Schicht folgend, wenigstens 1/100.

150.



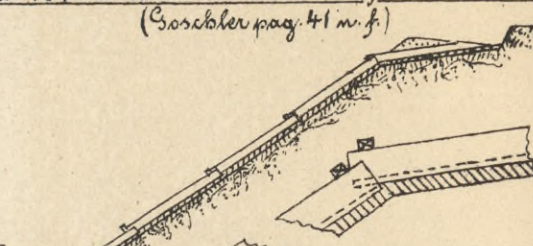
manches Durchsickern statt, so kann man an den Stellen die Böschung ganz mit Filter oder durchlässigem Material belegen und dann Steinbekleidung darüber. Der Sicherocanal c folgt der wasserführenden Schicht und sein Wasser wird an den tiefsten Stellen die Böschung hinunter geleitet.

151. Einschnitt zu Morcerf und Gnerard. (Goschler pag. 42.)



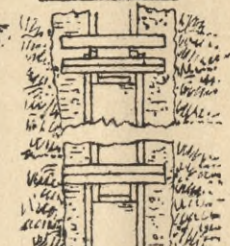
sich bei der Ausführung zeigte, den Boden abgehoben, dann wurde ein Sicherocanal angelegt, in welchem ein Drahtrohr oder zwei auf der Sohle lagen. An dem Regenfallende führte ein Draht (an beiden Enden nebeneinander) das Wasser bis zur Dränungsfläche. Von hier wurde es durch höhere Rinnen von 0,15 m Breite (Fig. 194) in den Graben geführt. Die vegetabilische Erde in horizontalen Schichten gut angestampft. (Brière's Verfahren besteht, namentlich was die Construction des Sicherocanals betrifft, und wegen Abführung des Wassers unter der Bedeckung der Böschung, Vorzüge.

ad 151. Einschnitt zu Morcerf und Gnerard. (Goschler pag. 41 m. f.)



Graben an der Seite des Einschnittes an dessen tiefsten Punkten (Regenfallen) hölzerne Rinnen von 0,15 m Breite im Stücken von 1,5 m Länge auf der Böschung, die Sohle mit letzterer Einseitig im Winkel verlegt wurden. Der Graben oben mit Schotter geschüttet. Der untere Teil der Böschung, die Grabensohle und Stützwand für den Kies in Trockenmanier hergestellt.

ad 151.

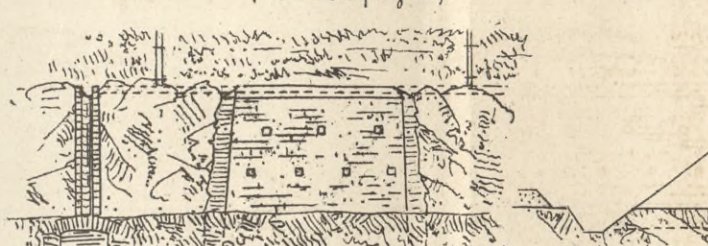


Mörtelbeton 5-6 cent. stark, welches dient wenn die Bretter faul geworden

161.

Graben an der Seite des Einschnittes, nur das von der Bergseite kommende Wasser abhalten. (Goschler pag. 24) Einige versenken sie gänzlich wegen Gefahr der Infiltration der Einschnittsrampe. Man sollte man sie so machen, dass die Wände, in denen das Wasser an einzelnen Stellen die Böschung hinunter fließt, gut in gewachsenem Boden liegen.

155. Einschnitt zu Morcerf und Gnerard. (Goschler pag. 43.)



Übergeleiteter nasser Boden. Der untere Teil war zwar so fest, daher mit der Hacke gewonnen werden musste, verwirklichte aber an manchen Stellen durch den Einfluss der Atmosphäre und des Wassers. An diesen Stellen brachte man Moirerkörper aus Trockenmanierwerk an mit Löchern zum Durchlassen des Wassers. Ueber der Moirer war eine dünne angebracht, welche das auf die Böschung fallende und das durch Rinnen (wie in Fig. 151) angeleitete Wasser aufnahm und den Graben übermittelte. Später wird man wohl die ganze Länge des Einschnittes im unteren Theile mit einer Moirer verkleiden müssen.

153.

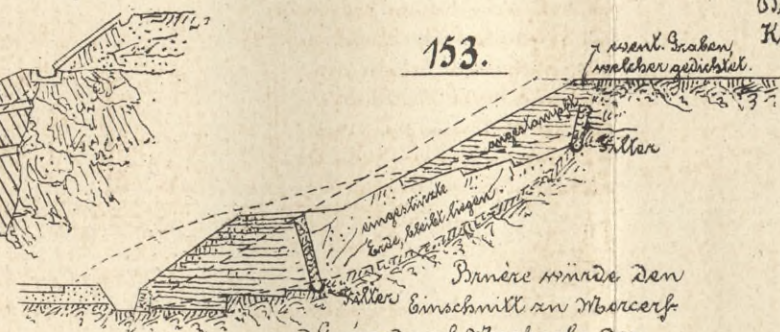
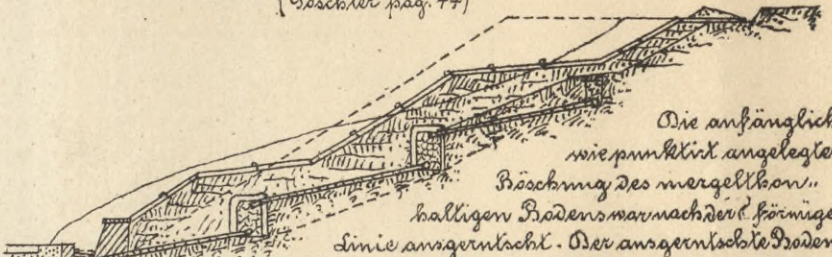


Fig. 177, etwa wie nebenstehend behandelt haben mit Contrefort angestampfte Erde, den unteren Theil der Abgrabung entnehmen, Filteranlagen und Regen lassen eines grossen Theils der eingestrichelten Erde, ohne Anwendung einer Entleerung.

152. Einschnitt zu Morcerf und Gnerard. (Goschler pag. 44.)



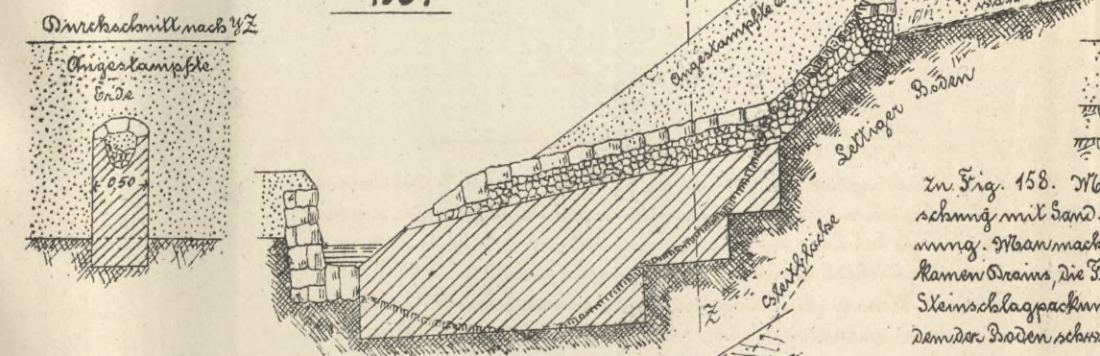
Die anfänglich wie punkirt angelegte Böschung des mergeligen, halligen Bodens marmach der förmigen Linie angereicht. Der angereichte Boden wurde bis auf den gewachsenen Boden abgegraben, dann wurden mehrere wasserführende Schichten bis 0,10 m gelegt und vor jeder ein Filter aus zerbrochenen Steinen mit Strohmatten umhüllt angebracht. Das Wasser, wie angegeben, durch Drains in den Graben geführt. Die angestampfte Erde bestand aus der von der Ausmischung gewonnenen, gemischt mit guter Erde aus einer Seitengewinnung. Unten am Ende eine in hydraulischem Mörtel gemachte Filtermanier. Aus dem oberen Graben Ableitung mit Rinnen auf der Böschung, wie Fig. 194. Die Böschung endlich wurde mit Sarcose besetzt.

149. Maassstab 1:15

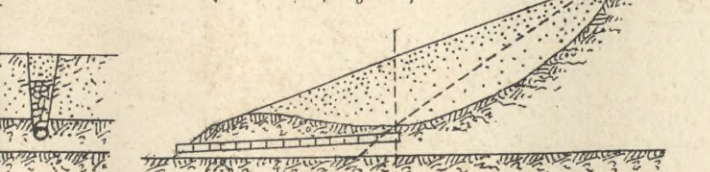


zu Fig. 149. Sicherocanal von Brière, zur Veranschaulichung mit dem Fig. 148 von de Sarilly.

156.



158. Dämme der Main. Nieser Dahn von thonigem Boden. (Goschler pag. 48.)



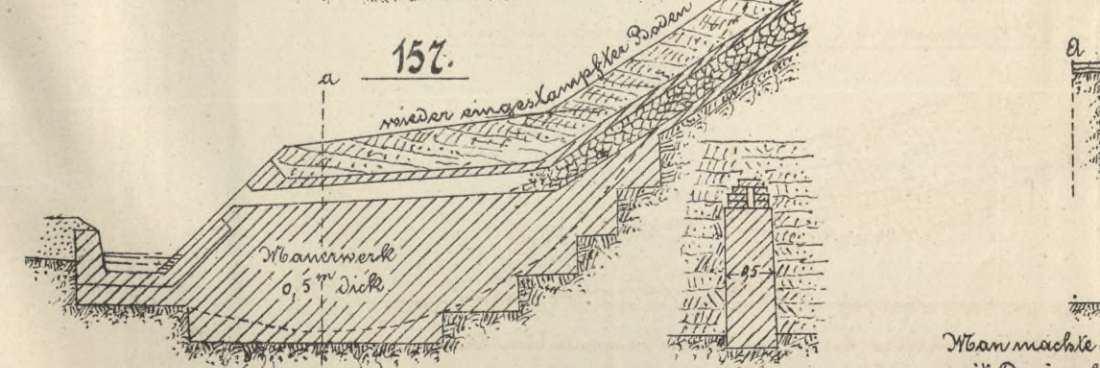
zu Fig. 158. Man besetzte den angereichten Boden nicht, sondern füllte die Aussenschwung mit Sand. Der aus schon bestehende Fuß des Damms verhinderte also die Anstreuung. Man machte deshalb geneigte Schlitze bis in den Kern des Damms und in diese kamen Drains die fingen mit Moss geschüttet, darüber 0,5-0,75 m breite und 1,25-1,50 m hohe Steinschlagpackungen. Gaben viel Wasser. Die Länge der Drains erreichte bis 45 m. In manchen Boden schräg an einmässern, waren die Schlitze 5-7,5 m von einander entfernt.

160. Remblai zu Salaise. (Main - Weiridon). 12 m hoch. (Goschler pag. 47.)

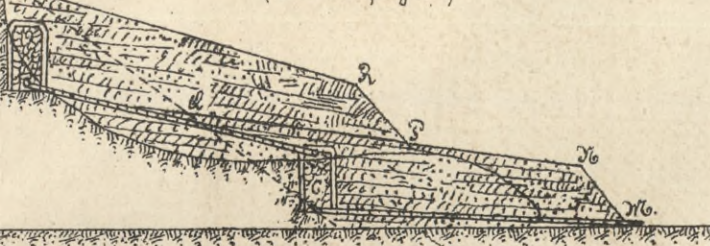


Auf einem Boden von Sand mit Kies gemischt, der stark geneigt ist und nicht mit Absätzen (Terrassen) vor der Schüttung versehen wurde. Ein Durchschlag gab nach, der Wasserabzug wurde verhindert, der Fuß des Damms erreicht. Wiederherstellung des Durchlasses, Beiseitigung der abgetretenen Erde, dann 10 m breite Bankells aus diesem Boden angestampft. Darauf Regulierung der Böschung und Bepflanzung derselben mit Zweigen von Weiden (Oiver), welche rasch Wurzeln fassen. F und des oberen Fußführgrabens g.

157.

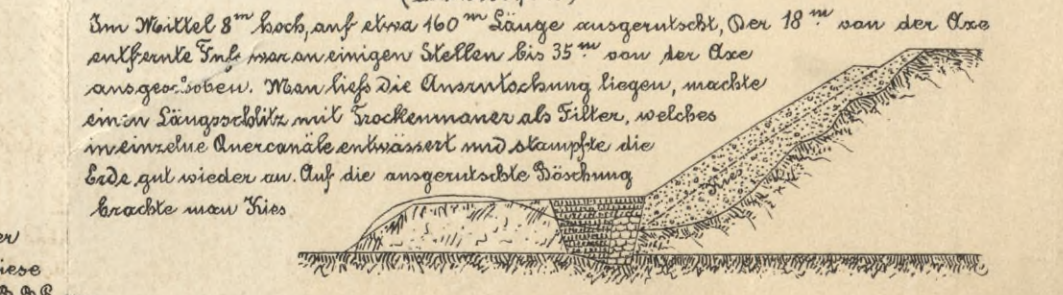


154. Damm bei Morcerf. (Paris - Conlommiers). (Goschler pag. 52.)



Man machte zuerst Längsschlitze bis auf den Fuß des angereichten Damms mit Drahtrohr über welchem Steinschlag, alles mit Strohmatten umgeben, nun Eindringen der Erde an verhindern. Darauf stampfte man, bis zu 1/3 der Höhe des Damms, ein Contrefort Moirer aus der angereichten Erde mit anderer gemischt an und gleich die Böschung mit gestampfter Erde nach D a ab. Als später diese Böschung Bewegung zeigte brachte man oben einen zweiten Sicherocanal an und stampfte D B zu. Die Längschanäle hatten Gefälle an deren tiefsten Punkten eine Abführung nach außen durch Querchans stattgefunden.

159. Damm an Vühers (Paris - Mühlhausen). (Goschler p. 49.)



Im Mittel 8 m hoch, auf etwa 160 m Länge ausgerichtet, der 18 m von der Axe entfernte Fuß war an einigen Stellen bis 35 m von der Axe ausgehoben. Man ließ die Aussenschicht liegen, machte ein Längsschloß mit Trockenmanier als Filter, welches in einzelne Amercans entwasert und stampfte die Erde gut wieder an. Auf die angereichte Böschung brachte man Kies.

ad. 156 und 157.

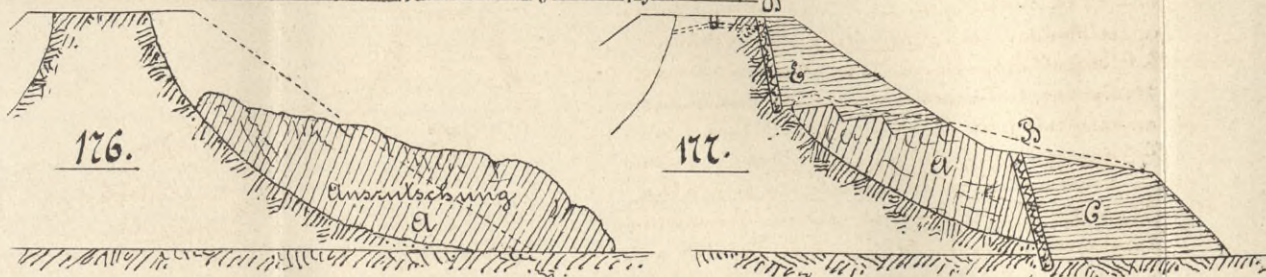
Da alle Sicherocanäle, nur ein Seiten derselben, welches eine Verstärkung resp. Verstopfung derselben herbeiführen könnte, auf festem Boden ruhen müssen hat man hier, für den die Böschung herabführenden Canal eine 0,5 m starke Moirer auf dem gewachsenen Boden fundirt angebracht. (Goschler pag. 32 m. 33)



XII. Methode Bruniere. [Fig. 176-183.] XIII. Dämme von Thon und auf schlechtem Untergrunde. [Fig. 184-189.]

Die Methode Bruniere unterscheidet sich bezüglich des Innebauens der Böschungen von der de Saillys durch die Form der Sicherkanäle (Fig. 162. Bl. 13) und durch die Unterdrückung der Münden an der Oberfläche der Böschung. (Fig. 174. Bl. 11) Ingenthümlich ist dieser Methode Bruniere bei der Wiederherstellung eingestürzter Böschungen: daß die eingestürzte Erde nicht, wie in der Regel bei de Saillys, ganz entfernt und abgelagert wird, sondern daß man sie so möglich zu Contreforts, die sorgfältig gestampft werden wieder benutzt und zur Vermeidung von Massenbewegungen die Disposition Fig. 178 anwendet. Ferner durch die Anwendung von Füllern zwischen der liegenden gebliebenen und der angestampften Erde. Die Contreforts aus gestampfter Erde namentlich werden von Bruniere als außerordentlich wirksam und Füllern manern ersetzend angesehen.

Bruniere's Schema zur Wiederherstellung von Auswüchsen thoniger Dämme mittelst Contreforts von gestampfter Erde.

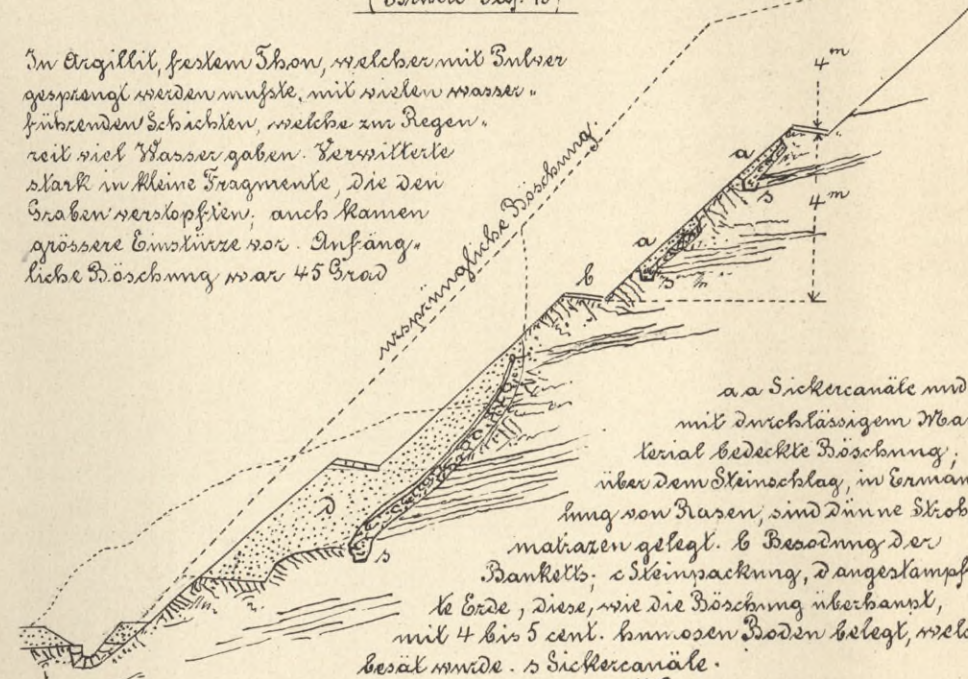


Herstellung eines Contreforts C von gestampfter Erde, welche von dem Scheit E der ausgewüchsen Masse, der liegen bleibt durch eine Steinpackung B getrennt wird, um die zu stampfende angrenzende Erde zum Contrefort benutzen zu können (wenn sie nicht zu flüssig ist). Man könnte den Fuß des Contreforts dem Damm näher rücken, es würde dann aber die Schmiegsamkeit der Aushebung der abgerutschten Erde wachsen. Schließlich wird die

liegen gebliebene Erde abgetreppel und im E her, beigebrachte Erde sorgfältig angestampft. Um diese Anstumpfung vor Wasser aus dem Innern der Dämme zu schützen, kann man auch eine Steinpackung D anbringen, welche man mit den Sicherkanälen zum Abtrocknen der Stallform (höherer siehe Taf. 15 Fig. 194) in Verbindung bringt.

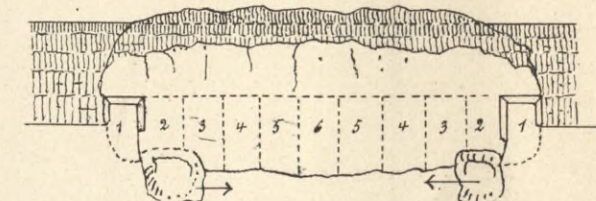
183. Einschnitt zu Ronchamp (Bruniere Taf. 18)

Im Argillit, festem Thon, welcher mit Eisenerz gespongt werden mußte, mit vielen Wasserführenden Schichten, welche zur Regenzeit viel Wasser gaben. Vermittelte stark in kleine Fragmente die den Graben verstopften, auch kamen größere Einwürfe vor. Anfangliche Böschung war 45 Grad



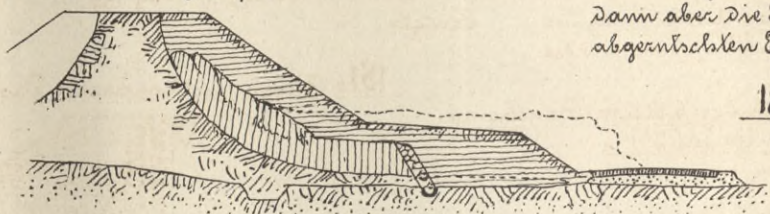
a a Sicherkanäle mit mit durchlässigem Material bedeckte Böschung; über dem Steinschlag, in Ermangelung von Rasen, sind dünne Strohmatten gelegt. b Besetzung der Bankette, s Steinpackung, d angestampfte Erde, diese, wie die Böschung überhanpt, mit 4 bis 5 cent. humosen Boden belegt, welcher besal wurde. s Sicherkanäle.

178. (ad 176)



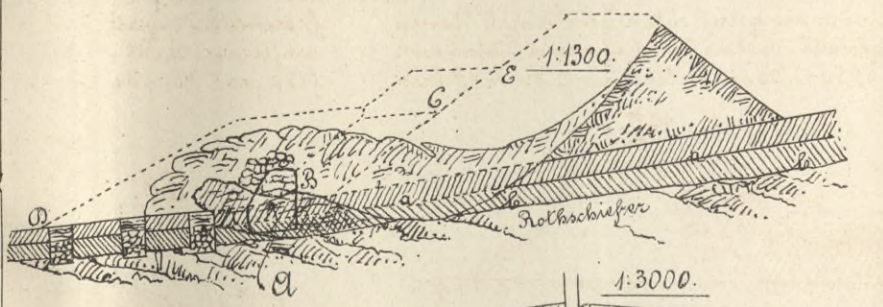
Um an Erdtransport zu sparen geschieht die Ansbekung so daß man 1 a ansieht (rechts und links, in kurzen Längen von 5 bis 10 No, und vor 2 abgelagert dann zum Contrefort 1 wieder anstampft. Dann 2 anschieben, vor 3 abgelagern und in 2 wieder anstampfen u. s. w. Bei Abrutschungen von über 40 No Länge kann man zugleich auch in der Mitte anfangen.

179. Damm zu Tendence (Bruniere Taf. 23)



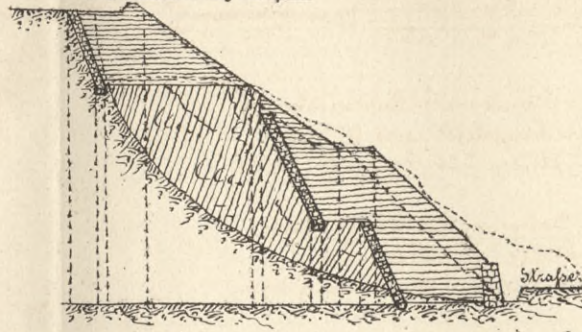
Von sehr leicht gleitendem Thonboden. Die Damm-Ansbekung von 70 No. Länge wurde innerhalb 8 Tagen hergestellt, pro \square^m der 9863 \square^m betragenden Auswüchsen in Allem 2,26 francs = 1,81 Mark.

189. Damm der Bebra-Granauer-Bahn im Braunbachthale. (Winkler, der Unterbau pag. 281 nach Döllle. Berliner Bauzeitung von Eickham 1871, auch in Grenz-Streckert, Anleitung zum Erdbau 1873.)



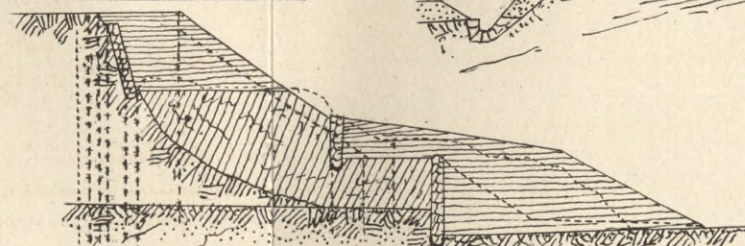
Aus Rothschiefer geschnitten, 1/2 Jahr nach der Schüttung geschalt die erste Ansbekung, worauf die Füllermauer A aufgeführt wurde. Der Damm mit gutem Material repariert dann das Gegen-Bankett B angeschnitten. Die beim Ansbekken der Dammgange durchschnitlene Ansbekfläche a a wurde durch Sicherkanäle mehrfach drainirt. Bei der zweiten (fein schraffirt) Ansbekung, die nach abermaligem Regen eintrat wurde die nächstfolgende thonige Schicht des Fundes verschoben zugleich mit der Füllermauer und des unteren Theiles des Durchlasses, so daß der Wasserabfluß fast vollständig gestoppt war. Er wurde theils durch offenen Graben, theils durch einen Stollen wiederhergestellt, in drei bis vier Meter Tiefe fand sich die zweite Ansbekfläche b b. Es wurden 3 Langsichergräben am Fuße hergestellt und 06 m den Schiefer eingeschneitten bei 19 m Breite und diese in Abständen von 157 Meter durch Ansbekgräben verbunden. Ueber diese Anlage wurde ein Gegenbankett geschneitten und der Damm repariert nach D & C.

180. Damm bei der Station Ronchamp. (Bruniere Taf. 23)

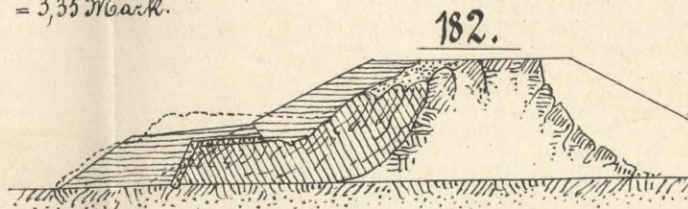


Die Contreforts von der angrenzten Erde durch Stampfen derselben hergestellt. Neben der Kräfte eine Füllermauer von 165 No. Höhe. 6956 \square^m . in Allem pro \square^m 4,19 francs = 3,35 Mark.

181. Damm des Rosbacher Thaies.

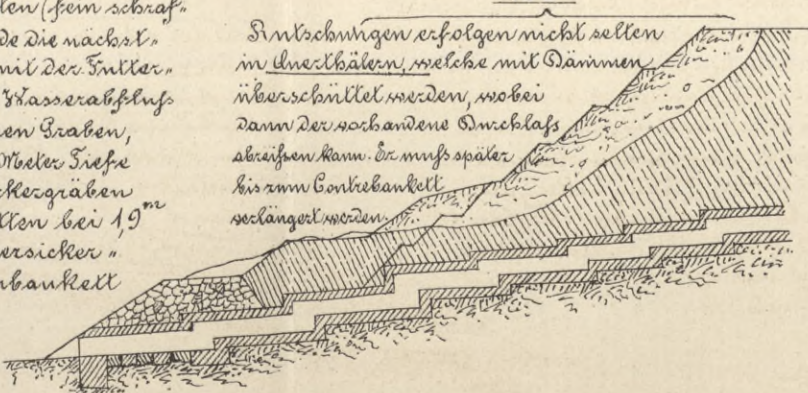


Aus Thonboden gemischt mit Sand und Lehm. Die Stallform mit Sicherkanälen (getheerte Bohlen mit Steinen gefüllt) abgetrocknet, Contrefort von gestampfter Erde. Ein Theil desselben im kalten Winter 1859 aus gefrorener Erde gestampft, gab beim Aufthauen nach und mußte verstärkt werden. (Bruniere Taf. 24) 9615 \square^m , 3,94 francs pro \square^m . oder 3,15 Mark.



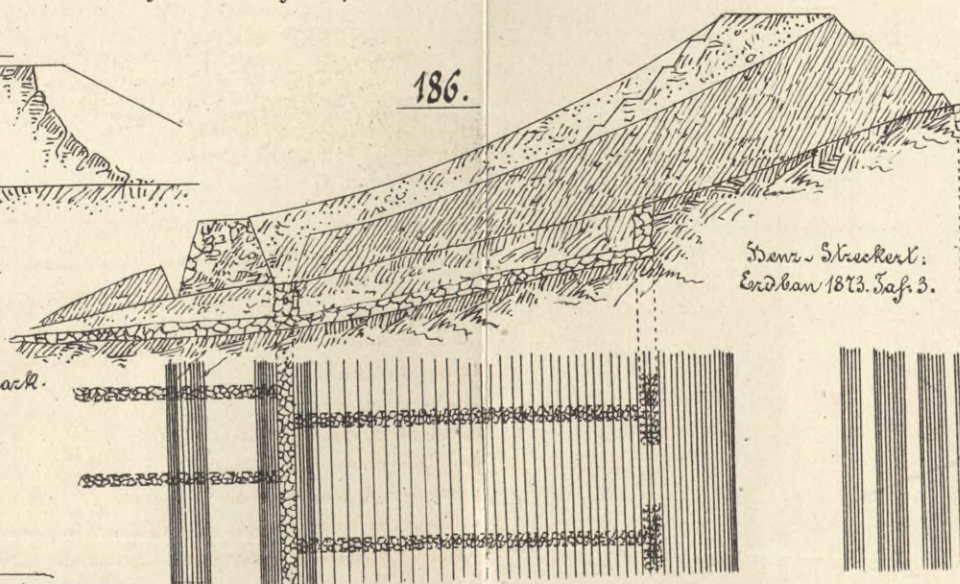
Damm zu Tellenenwe (Bruniere Taf. 22) aus sehr weichem und dabei zäsem thonigen Boden. Die Sicherung ist von Schlacken aus dem Eisenwerk Tellenenwe hergestellt 975 \square^m , pro \square^m 2,22 francs = 1,776 Mark.

188.



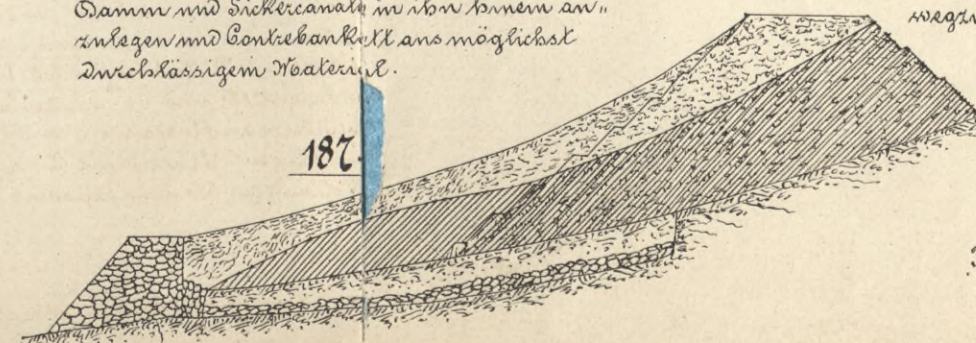
Ansbekungen erfolgen nicht selten in Uebelbäumen, welche mit Dämmen überschnitten werden, wobei dann der vorhandene Durchlaß abreißen kann. Er muß später bis zum Contrebankett verlängert werden.

186.



zu Fig. 186. Wenn Quellen die Ursachen der Abrutschung sind, Sicherkanäle quer vor dem Damm und Sicherkanäle in ihn hinein anzulegen und Contrebankett aus möglichst durchlässigem Material.

187.



Um während der Ansbekung das Wasser von der Bergseite vom Einschnitt abzuhalten kann man nun die Kante des Einschnitts nicht anfransreichen, sondern innerhalb des Einschnitts. So ist ein Graben a (mit starkem Gefälle) zu machen, und später erst bei der Regulierung den definitiven Graben an der Kante der Böschung oder (wie in Frankreich gebräuchlich) dann erst die mit Rasen bekleidete Vertiefung b (falls man nicht vorzieht sie wegzulassen.) Vergl. Erdarbeiten Taf. 27.

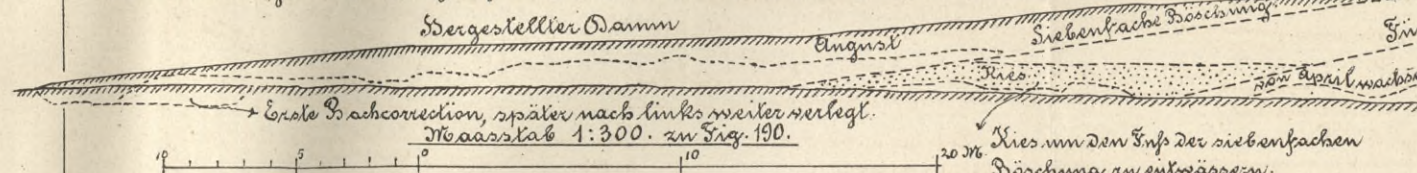
zu Fig. 187. Aehnliche Herstellungsart wie in Fig. 186 nur daß der angrenzende Boden nicht angerührt wird. (Grenz-Streckert: praktische Anleitung zum Erdbau 1873. Taf. 3.)

Bohr: Fig. 185 befindet sich auf Blatt: 15.

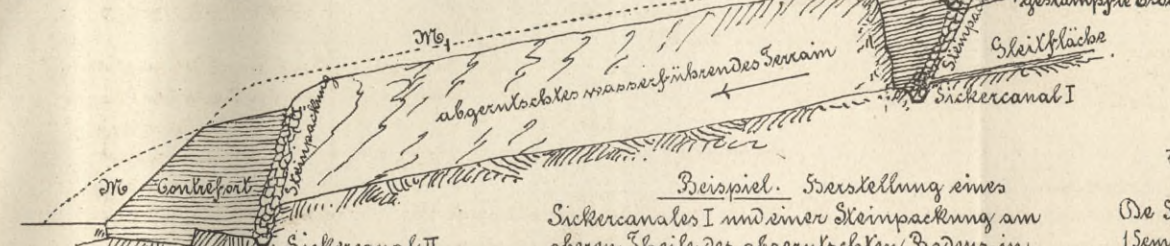


XIII. Dämme von Thon Fig. 190, 192, 193, 195. - Schlechter Untergrund Fig. 191. - Abtrocknung des Terrains Fig. 195-203

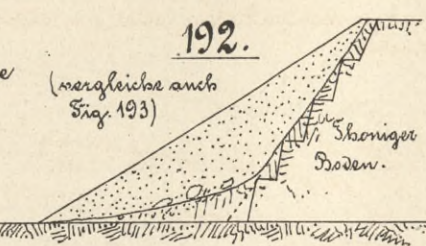
zu Fig. 190. Bahndamm an der Denbach. Dämme zwischen Stempen und Immenstadt. Dage. Süd. Nord. Bahn. Förster's Darstellung 1855. pag. 269. von Meißner. Ein großartiges Beispiel eines aus thonigem Material anfänglich geschüttelten Damms, welcher auf Sellenenke, der in großer Tiefe durchweicht war (alles Seebecken) und zugleich auf geneigter Fläche. Es kamen schwebliche Bedingungen des Bodens vor und Anflüssen des Damms, wodurch die Stempackung zerstört wurde. Das Terrain und die Bahnmühle mit ihm wurden so gehoben, daß sich ein kleiner See bildete. Erst nachdem die geneigte flache Böschung sich während des endlich vorgenommenen Nachschüttens des Kieses gebildet hatte kam der Damm zur Ruhe. Ähnliche Beispiele von ungarischen Dämmen in dem Werke: Die Festschungen, ihre Ursachen, Wirkungen und Reparaturen von Ludwig Tiefenbacher. Wien. Lehmann und Wentzel. 1880.



1) Geeignete Sicherung gegen das von oberhalb des abgerutschten Bodens kommende Wasser; 2) Consolidierung des abgerutschten Bodens selbst, um nicht das ganze Anstamm abzugeben zu brauchen.



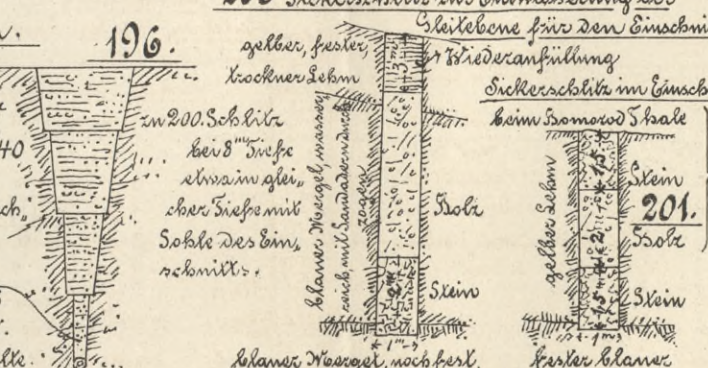
Beispiel. Herstellung eines Sickerkanals I mit einer Stempackung am oberen Theile des abgerutschten Bodens, in der Brangente unter gehörigem Stampfen zum Füllen des festig gewordenen dient. Sickerkanal wenigstens 1/100 Gefälle. Darauf Consolidierung der Anstammung selbst, durch Herstellung von Contreforts aus gestampfter Erde mit Stempackung und Sickerkanal wie oben. Die überflüssige Masse M muß wegtransportirt werden, kann auch zur Aufhöhung des Damms verwendet werden nach M, gebracht werden. Dann hebt man in kurzen Längen, (5 bis 8 M), um keine neue Bewegung hervorzurufen, das Contrefort aus und bringt gut gestampfte Erde an. Ist der Boden nicht gar zu durchweicht, so kann man mit dem Anstamm für das erste Stück des Contreforts die für das zweite Stück gemachte Anhebung selbst stampfen, also die angerutschte Erde selbst verwenden bei kurzem Transport. Zur Ableitung des Sickerwassers sonder Trennungskette kann event. ein Graben oder eine Gruppe G angebracht werden.



Die Savilly (Annal. des ponts et chaussées. 1851. 1 Sem. pag. 142.) ist der Ansicht, daß es manchmal gelingen könne einen Damm von thonigem Boden in der Böschung 8 Basis auf 1 Höhe anzuschütten und daß nach dem man die durch abtrocknende Stücke gebildete Anstammung beseitigt und Terrassen an den Thon von Thon gearbeitet habe, eine gut angestampfte gesunde (durchlöcherige stampfbare) Erde ansetzen mit 15 Basis auf 1 Höhe abgegleichen, den Damm haltbar machen könne. In der Basis findet man indessen nicht immer geeignete Erde ohne einen besonderen Transport dafür einzurichten, was immerhin sehr langwierig ist.



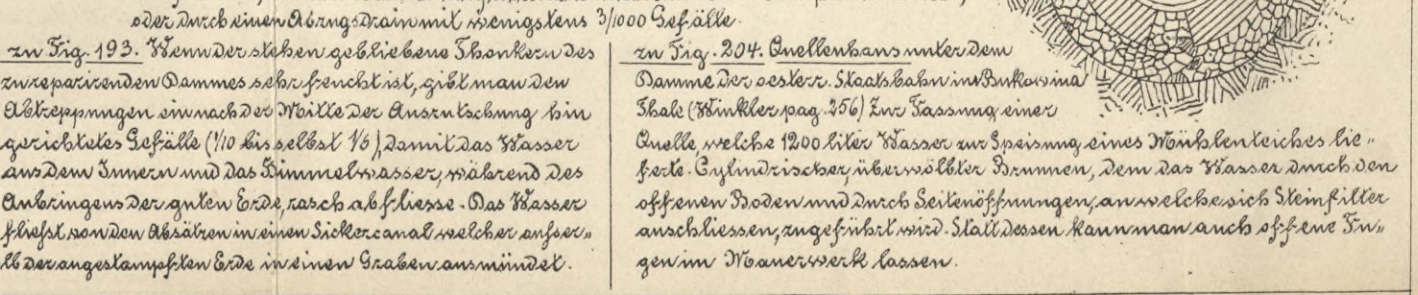
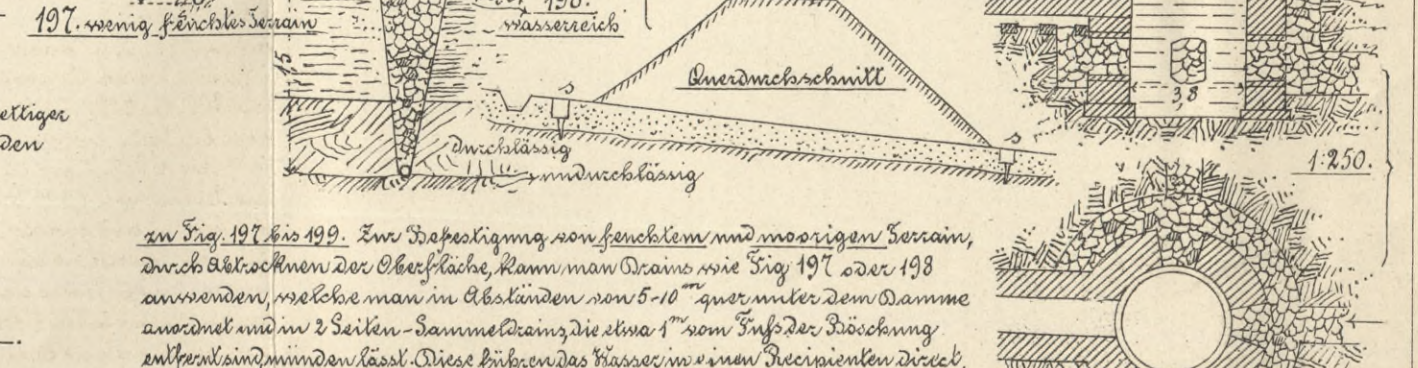
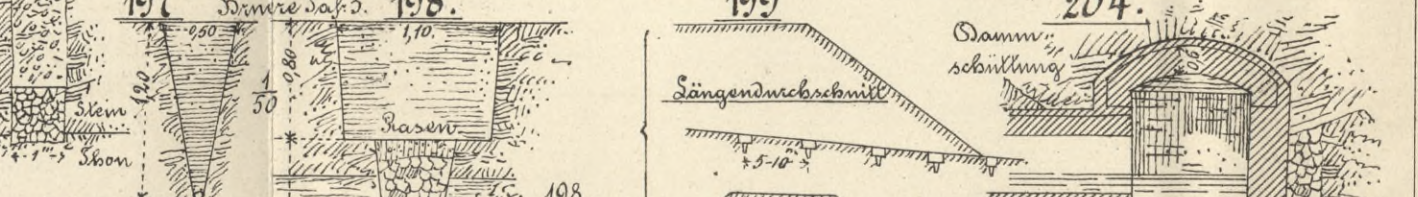
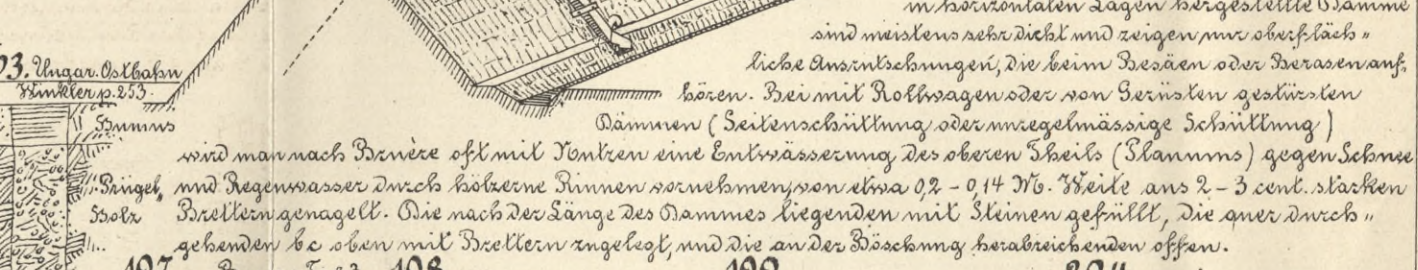
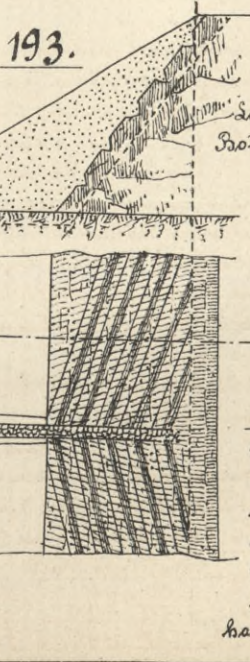
Die Verschiebung des Erdreiches auf 400 Fuß Länge und auf 200 Fuß von der Basis des Damms bis zum Brent. Das Ufer des Flußes wurde um 5 Fuß eingeschoben. Die Verschiebung des Erdreiches auf 400 Fuß Länge und auf 200 Fuß von der Basis des Damms bis zum Brent. Das Ufer des Flußes wurde um 5 Fuß eingeschoben.



Winkler pag. 251. Die Hände möglichst steil bei weichem Boden und bei großer Tiefe, bei festem Boden Ansohnung erforderlich. Im letzteren Falle die Hände vertikal (Fig. 200 bis 203) Sickerschlitze der ungar. Halbahn). Nach Winkler ist die obere Breite bei Tiefe x etwa 0,5 m + 0,25 x, bei Tiefen über 3,5 m nimmt man obere Breite 1 m bis höchstens 1,5 m. In der Höhe von 0,7 m über Sohle ordnet man wohl eine Reihe von 0,3 m Breite an, auf welcher die Arbeiter stehen können. Bei nicht sehr festem und erweichbarem Boden kann man unter den Drains gestampften Stein Schlag mit Mörtel übergossen, ein Bett aus hydraulischem Mörtel etc. anlegen. Soll Wasser von der Oberfläche einer Thonschicht abgeführt werden, so schneidet man 0,2 m bis 0,3 m in den Thon ein. Drains haben 3-4 cent. Breite und 30-45 cent Länge. Bei Weiten über 10 cent. Wendet man besser mehrere Drains an. Winkler gibt die Wandstärke der Drains bei d cent. Lichtem Durchmesser an d = (0,45 + 0,12) cent. Das kleinste zulässige Gefälle ist $\frac{d}{2}$ also d = 4 6 8 10 cent $\frac{1}{20}$ $\frac{1}{30}$ $\frac{1}{40}$ $\frac{1}{50}$

Das Förderschlaggebiet in Decklagen für eine Drainierung, monatlich Maximalanzahlhöhe von 10 cent. angenommen ist nach Winkler annähernd $F = (0,025 d^2 \sqrt{h})$ hektaren, worin d die Lichtweite in cent., h das Gefälle pro Hektare bedeuten. Diese Formel ist nach den Angaben im Dopp. Anschließung zur Drainage abgeleitet, welcher folgende Angaben macht:

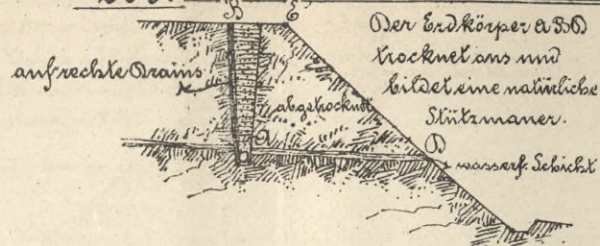
Lichte Weite	Gefälle pro Hektare
5	0,25
6	0,36
8	0,64
10	1,00
12	1,44
15	2,25
20	4,00



205. XV Methode von Daigremont.

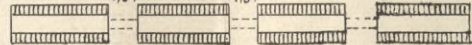
Kritik der Methode von Daigremont.

Bei grösserer Tiefe der Schlitze können die inneren Wasser werden zwar abgehalten aber für die Abtrocknung der Böschung selbst wird nichts erreicht...



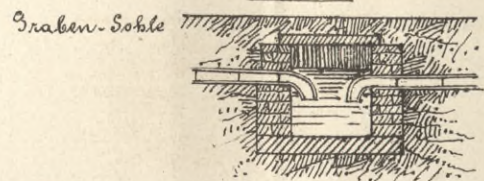
Methode von Daigremont

besteht darin, dass man das Terrain A B C D abtrocknet und so eine Art von natürlicher Futtermauer von Erde, welche auf der soliden Basis A B C D ruht herstellt.



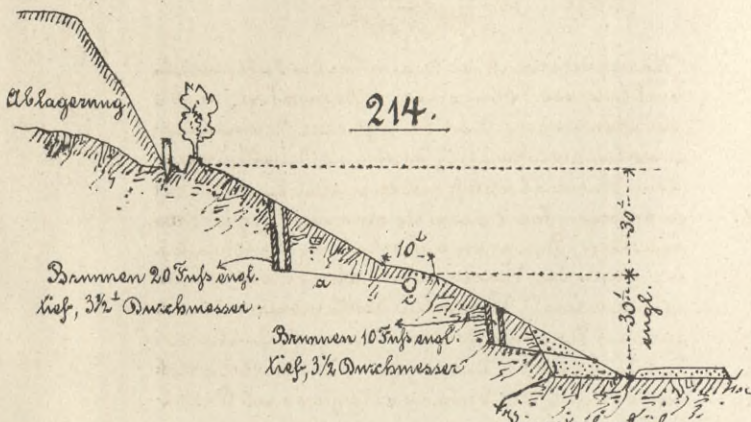
man kurze Längen der Gruben ansetzt und 1,5 m breite Erdstücke dazwischen stehen lässt, die man später zum Anbringen der Drains nur unten durchgräbt.

210.



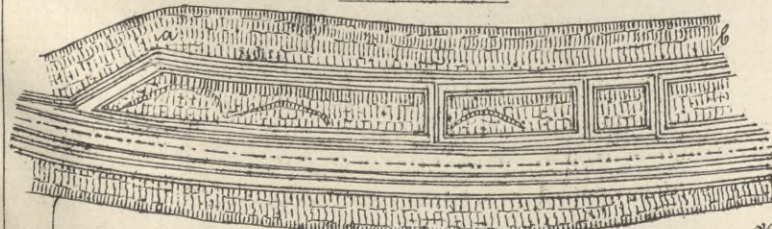
Alle 100 Meter wird ein kleiner Abfallschacht (über den im Graben angebrachten Drains) gemacht, in welchem sich etwaige Sinkstoffe sammeln und die man von Zeit zu Zeit öffnet, um sich zu überzeugen, dass die Leitung gut funktioniert.

verlaufende Röhren c nach außerhalb des Einschnittes abgeführt. Um 3 Fuß 4 Zoll Höhe...

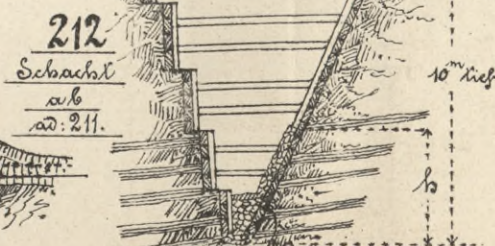
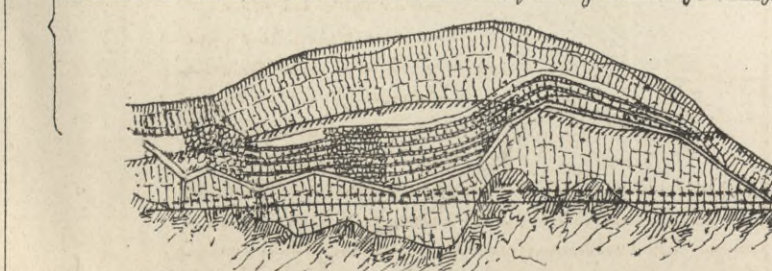


Bruff (Förster 1845, pag. 255 n. f.) beschreibt die Anwendung zahlreicher Drainen in den Böschungen eines Einschnittes der Eastern-Cornfielden bei Brentwood.

Grundriss.

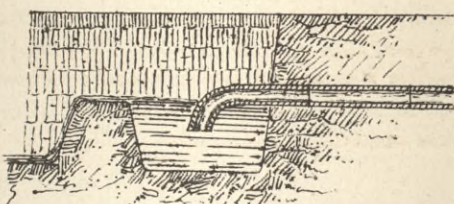


211. Einschnitt an Südr. Bahn von Straßburg nach Weissenburg.



Schlitz nach der Bergseite zu gezogenen, Erde entstehen. Gefälle der Drains 1/200, wegen Verstopfung nicht unter 7 Centimeter im Querschnitt...

209.



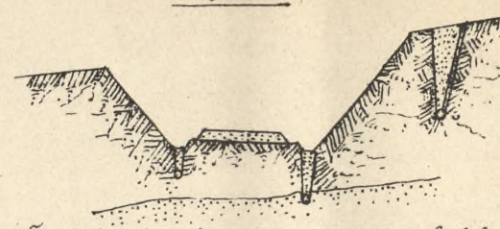
Wasserabschluss des Drains um die Luft, welche Entweichung von Pflanzen darin begünstigt, auch Mäuse etc. abzusperren. Das Reinigen der Drains geschieht...

206.



Die Längsdrains d erhalten ein Gefälle von etwa 1/200 nach beiden Seiten des Einschnitts, für etwaige Verstopfungen bringt man Querdrains s an...

208.



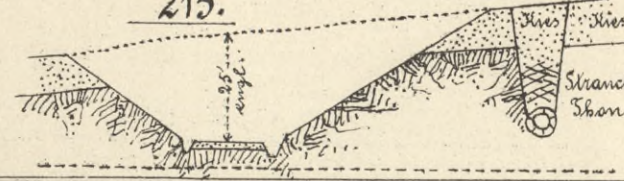
Findet sich nahe genug unter der Sohle eine wasserführende Schicht, in der das Wasser unter starkem Druck steht, so kommt eine unüberwindliche Stallform...

207.



Die in den Graben führenden Querdrains Fig. 206 können, wenn der untere Theil der Böschung am Graben anbricht, leiden. Außerdem ist es im oberen Einschnitt...

213.



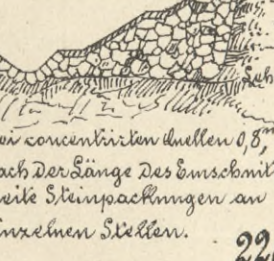
Moosson (Förster 1845 pag. 255 n. f.) Diese Methode als mit Erfolg bei den englischen Bahnen von Birmingham verwendet.

215. XV Steinsätze am Fuß. Uebergang zu Futtermauern.



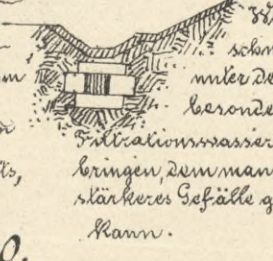
ein, wenn auch nur dünne Schicht durchlässiges Material anstampfen mit für Abfluss des Wassers durch kleine Canäle sorgen. Unterhalb der unteren Canalöffnung...

216.



Wenn die Böschung steiler als 1/2 kann man Plaster oder trocken aufgetrocknetes Mörtelwerk nicht mehr anwenden, sondern muß in Mörtel mauer. Man kann dann eine obere Stärke von 0,5 bis 0,7 nehmen...

217.



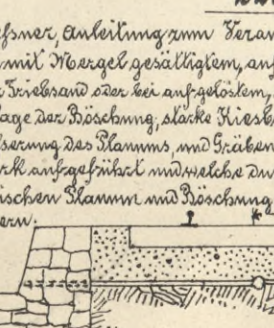
Wenn das Gefälle des Einschnittes nicht stark kann man unter dem Graben noch einen besonderen Canal für das Filtrationswasser anbringen, dem man ein stärkeres Gefälle geben kann.

218.



Wenn keine concentrirten Quellen, sondern allgemeine Filtration, so setz man eine Steinpackung der ganzen Länge nach an, welche durch Querdrains mit den Gräben in Verbindung.

220.



Stefmer, Anleitung zum Veranschlagen d. Anst. 1874, p. 61. Bei mit Mergel gesättigtem, aufkrebendem Schwamm...

219.

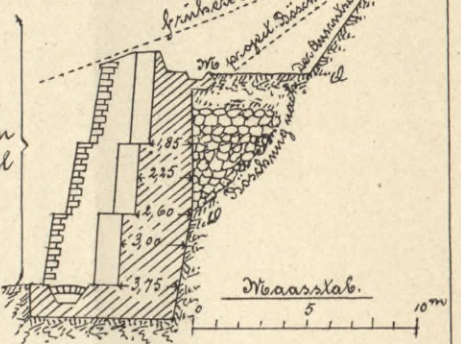


Stützung an einem Stellen, wo durchgehend für das Filterwasser unter dem Graben Canal mit starkem Gefälle vorhanden sein muß, um das Wasser abzuführen.

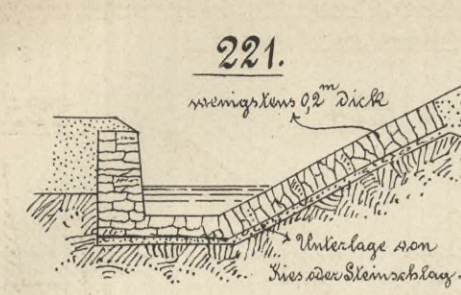
XVI. Füllermauern zum Stützen von Böschungen.

Verschiedene Formen von Bekleidungen des unteren Theiles von Böschungen in furchten Einschnitten nach Goschler. Traité pratique etc. pag. 36.

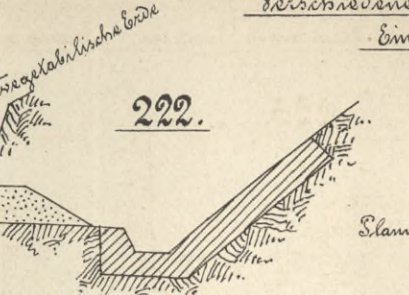
227. Füllermauer bei Bahn St. Germain des Vosges nach Roanne. Annal. d. ponts et chaussées. 1859, auch Zeitschrift des hann. Arch. u. Ing. Vereins 1864.



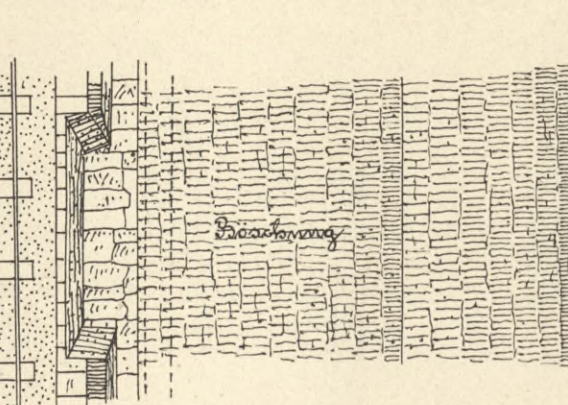
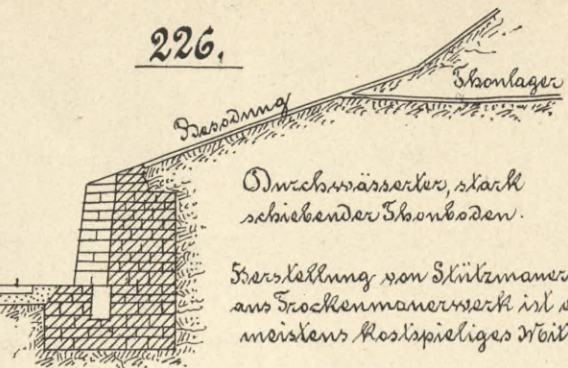
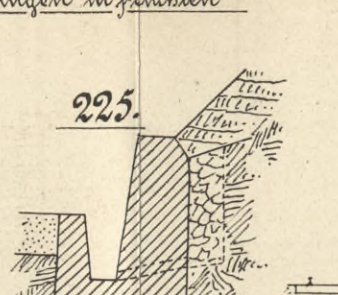
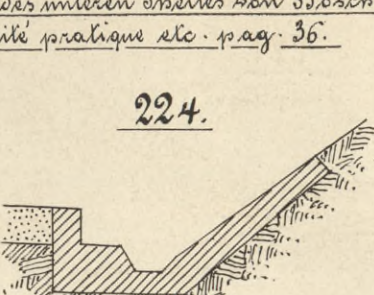
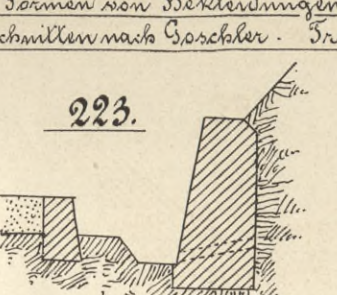
Durchschnitt durch die Mauer eines Gewölbes. Anrecht stehende Gewölbe von 6m Spannweite mit 1,02m Spalt, welche sich gegen 2m (nach der Bahnaxe gemessen) breite Contreforts stützen. Canäle durch die Mauer zum Abzug des Wassers.



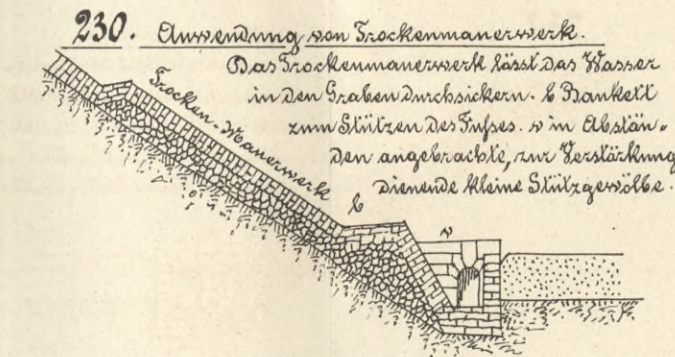
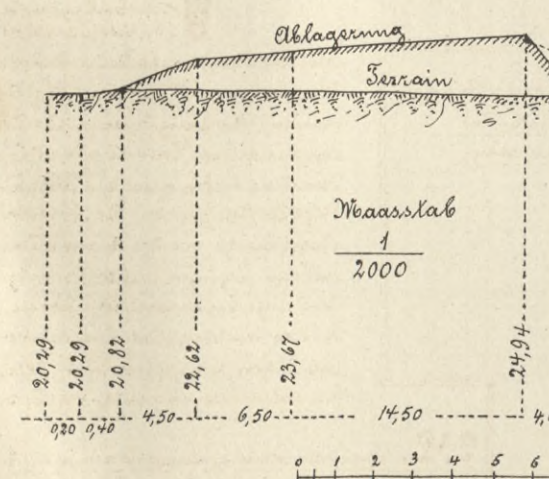
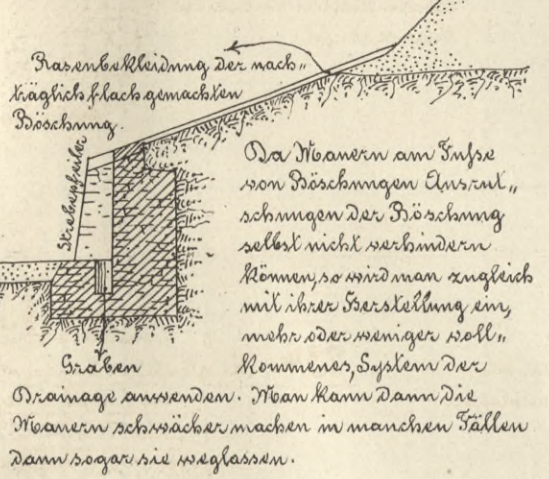
Ist der Untertheil der Böschung furcht, viel Wasser im Graben und sind Steine nicht kleiner so kann man den unteren Theil der Böschung mit Trockenmauerwerk auf einem Bette von Steinerschlag oder grobem Kies, bedecken. In schwierigen Fällen kann man auch Mauerwerk machen mit Öffnungen zum Abfluss des Wassers.



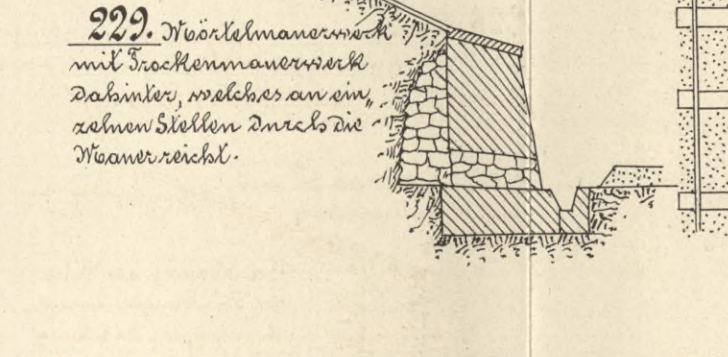
Meist Steinbekleidungen (trocken oder auch gemauert mit Löchern zum Abfluss) An der französischen Westbahn macht man bis 1,5m über Blamm die Mauer aus Trockenmauerwerk, höhere in Mauerwerk und in etwas geringeren Dimensionen. Zwischen macht man auch (Fig. 229) vorne Mauerwerk und dahinter trockene Steinpackung. Das Wasser fließt durch kleine Canäle in der vorderen Mauer ab. Ein 1m Steinbekleidung von 0,2m Stärke in Meos kostet etwa 1 bis 1,5 Mark. Ein 1m Mauer Trockenmauerwerk in Meos und gut versetzt 0 bis 6/8 Mark, Material und Arbeitslohn.



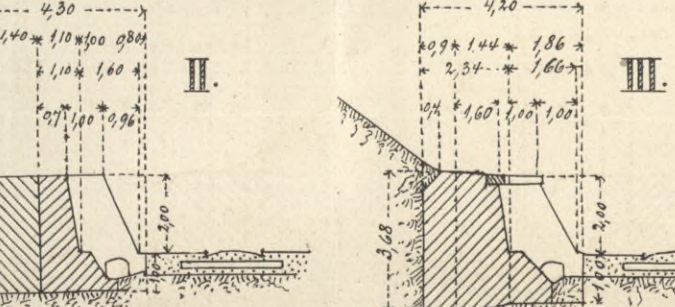
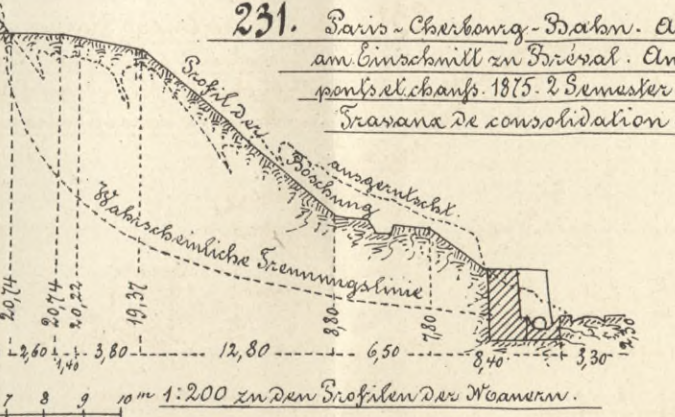
228. Trockenmauer mit je nach Bedürfnis nahe stehenden Strebeperlen. Paris. Straßburg.



230. Anwendung von Trockenmauerwerk. Das Trockenmauerwerk lässt das Wasser in den Graben durchsickern. & drückt zum Stützen des Fußes. In Abhängigkeit der angebrachte, zur Verstärkung dienende kleine Stützgewölbe.



229. Mauerwerk mit Trockenmauerwerk dahinter, welches an einzelnen Stellen durch die Mauer reicht.

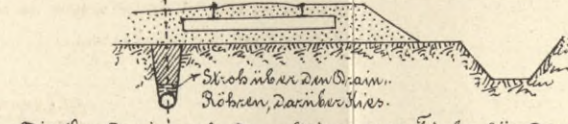


231. Paris-Oberberg-Bahn. Abstützungen am Einschnitt zu Dorval. Annal. des ponts et chaussées. 1875. 2 Semester. Comay, Trajana de consolidation.

Die oben 0,7m und an der Basis 1,1m starke Mauer II in hydraulischem Mauerwerk, welche noch eine 1,40m starke Trockenmauer hinter sich hatte und 1m unter Schienenhöhe auf dem Neigungsboden fundiert war, genügte nicht bei 3m Höhe über den Schienen indem die Oberkante Krümmungen zeigte. Man verstärkte sie deshalb mit Strebeperlen von 1,50m Dicke (normal gegen die Dichtfläche) und 9m von Mauer zu Mauer entfernt. Diese Mauer hatte 148/4 Meter Länge. Später machte man eine Mauer im ähnlichen Verhältnis, nach dem Profil I ganz in hydraulischem Mauerwerk, bei 3,90m Höhe über den Schienen, oben 1,50m stark mit 2m vorschwingenden und 2m dicken Contreforts, welche 4m von Mauer zu Mauer entfernt waren. Dieses Stück ist 85m lang. Die übrige Länge von 113m hat bis zum Zusammenstoßen mit Profil II Contreforts von 1,50m Dicke, welche 9m von Mauer zu Mauer entfernt sind. Das zuletzt auf 2,68m Länge angewendete Profil ist III. Die Fundierung ist tiefer und die Contreforts sind 1,50m dick und 9m von Mauer zu Mauer. Die Situation der Mauer und die Kosten sind in unserer Quelle angegeben.

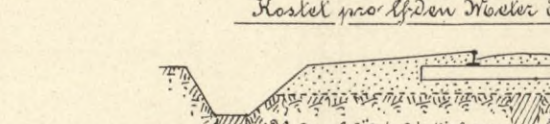
XVII. Entwässerung des Blammes.

234. Vergleich der Längs- und Querdrainage bei Einschnitten mit Dämmen.



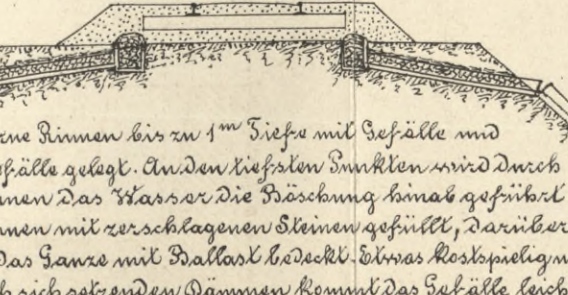
Die Querdrains erfordern keine große Tiefe für den Wasserabzug und können (Fig. 233) in den Graben münden. Die Längsdrains erfordern bei einem Gefälle von wenigstens 1/200 und etwa 0,8m unter Stamm tief, damit sie tiefer gelegene Schichten entwässern, größere Tiefe des Anschlusses. Die Köpfe bei Einschnitten geringer Länge, wo der Anmündungspunkt nicht sehr entfernt liegt, am leichtesten angebracht werden. Ansonsten dem muß bei wachsender Länge der Durchmesser der Köpfe wachsen. Die Uneindrainage ist also leichter anzubringen, bei großer Tiefe der masserführenden Schichten aber weniger wirksam.

235. Drainage der Einschnitte durch Längsdrains (Siefner. Organ. 1854. p. 67)



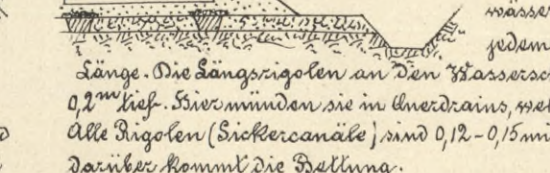
Die Gräben werden dem Gefälle entgegen angelegt, die Röhren mit dem Gefälle gelegt. Bei genügender Porosität anwendbar, wo dann der Grundwasserstand im Einschnitt gesenkt wird. An den Stellen wo die Röhren durch trockenes, sandiges Terrain etwa streckenweise gehen, werden die Enden der Drains mit fettem Thon umschlagen und gedichtet, damit das Wasser sich nicht im Boden verliert. Drains 1m unter der Grabensohle gegen aufzurichten, wenigstens 0,5m Durchmesser und 0,0015 Gefälle, ohne Ventilen in eine Lage Kies gelegt, etwas Kies darüber und dann zugestampft. Ebenso ein Längsdrain in der Mitte. Die Linke für die Drains oben 0,5m, in der Sohle 8-10 centim. (mit besonderen Gerätschaften) gemacht. Die Köpfe in Senkgruben von Feldsteinen in Meos gesetzt, 1-1,5m Durchmesser münden, welche bis auf eine durchlässige Schicht getrieben, das Wasser verschwinden lassen und in welchen die Hölzungen der Drains vor Frost geschnitten sind. Drabliggler vor den Hölzungen gegen Mäuse, Frösche etc. Die Drannen Kessel kann man mit Strauchwerk füllen und mit Deckel versehen.

232. Entwässerung eines Damms bei Conlamiers (Goschler p. 61)



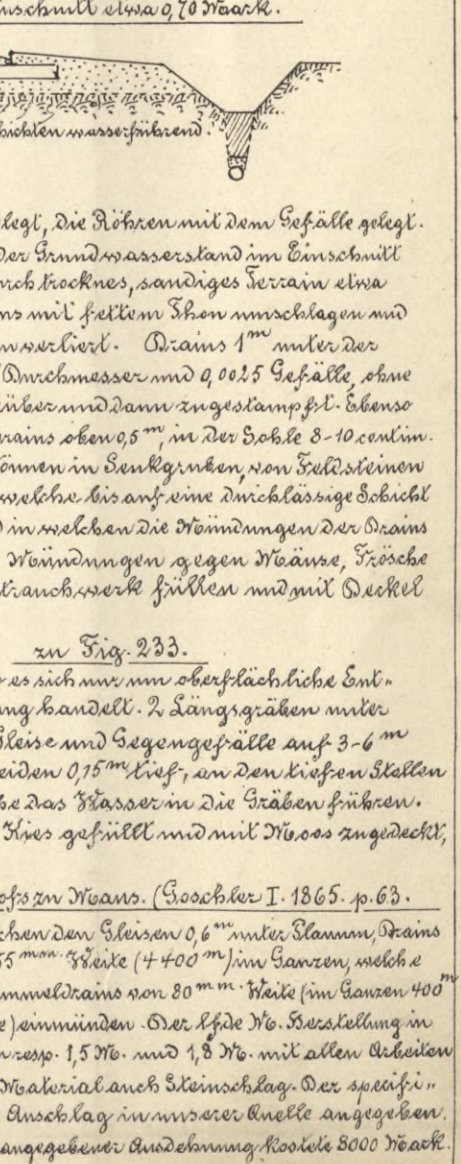
232. Entwässerung eines Damms bei Conlamiers (Goschler p. 61) Holzene Rinnen bis zu 1m Tiefe mit Gefälle und Querschnittsgefälle gelegt. An den tiefsten Punkten sind durch Querdrains das Wasser die Böschung hinab geführt. Die Rinnen mit zerhackten Steinen gefüllt, darüber Strohk, das Ganze mit Ballast bedeckt. Etwas kostspielig und bei nach sich setzenden Dämmen kommt das Gefälle leicht in Unordnung.

233. Goschler I. pag. 58. in Fig. 233.



Fall wo es sich nur um oberflächliche Entwässerung handelt. 2 Längsgräben unter jedem Gleise und Gefälle auf 3-6m Länge. Die Längsgräben an den Wasserscheiden 0,15m tief, an den Köpfen Stellen 0,2m tief. Hier münden sie in Querdrains, welche das Wasser in die Gräben führen. Alle Rigolen (Sickerkanäle) sind 0,12-0,15m mit Kies gefüllt und mit Meos abgedeckt, darüber kommt die Bedienung.

238. Trockenlegung des Bahnhofes zu Meos. (Goschler I. 1865. p. 63)

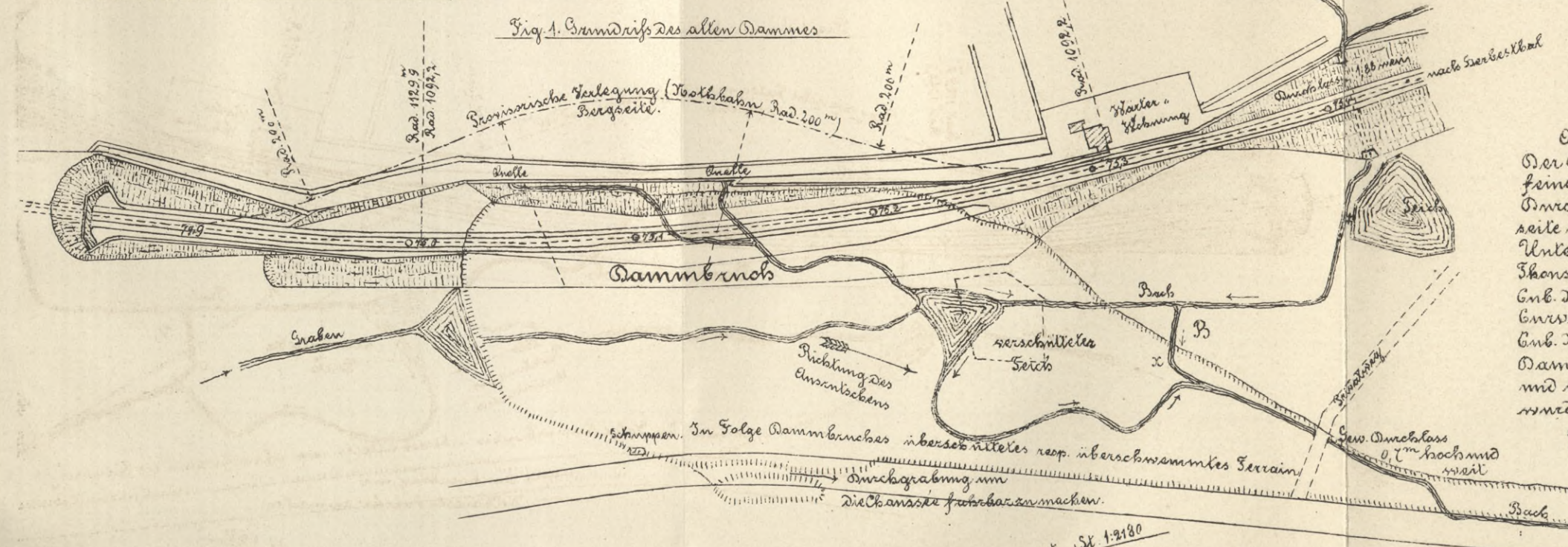
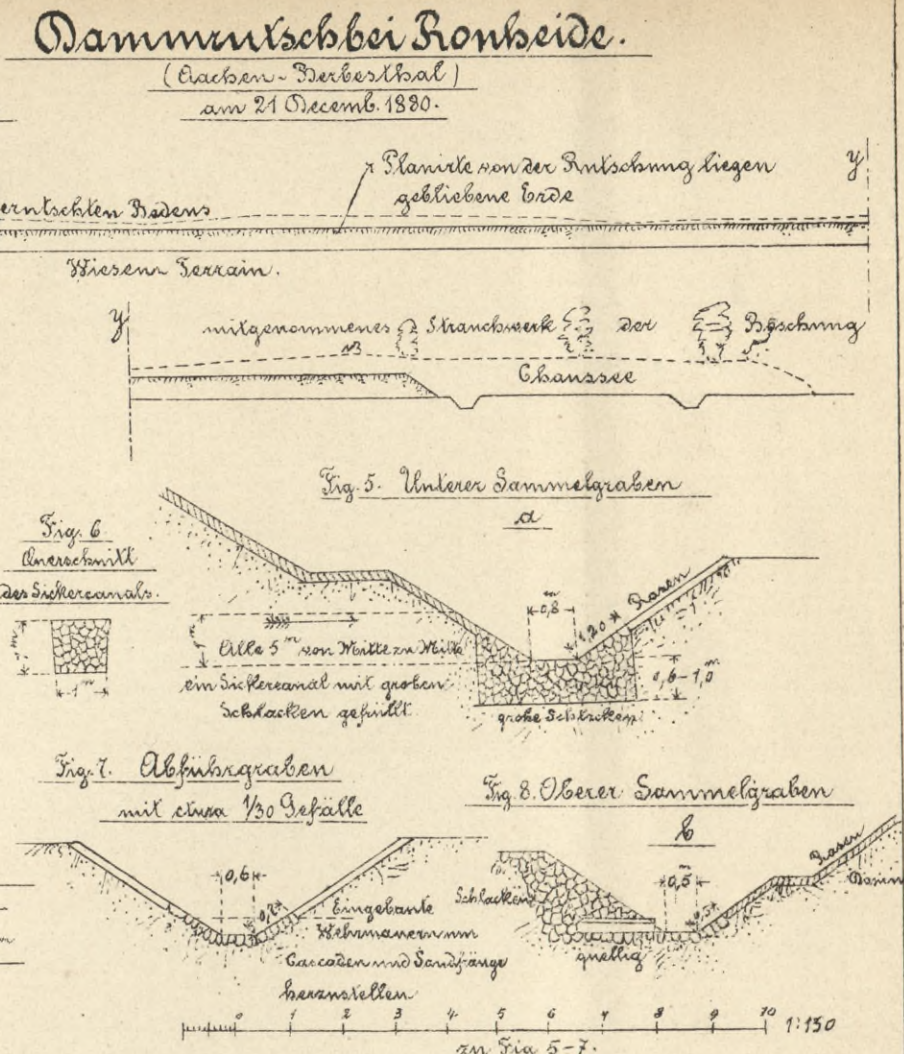
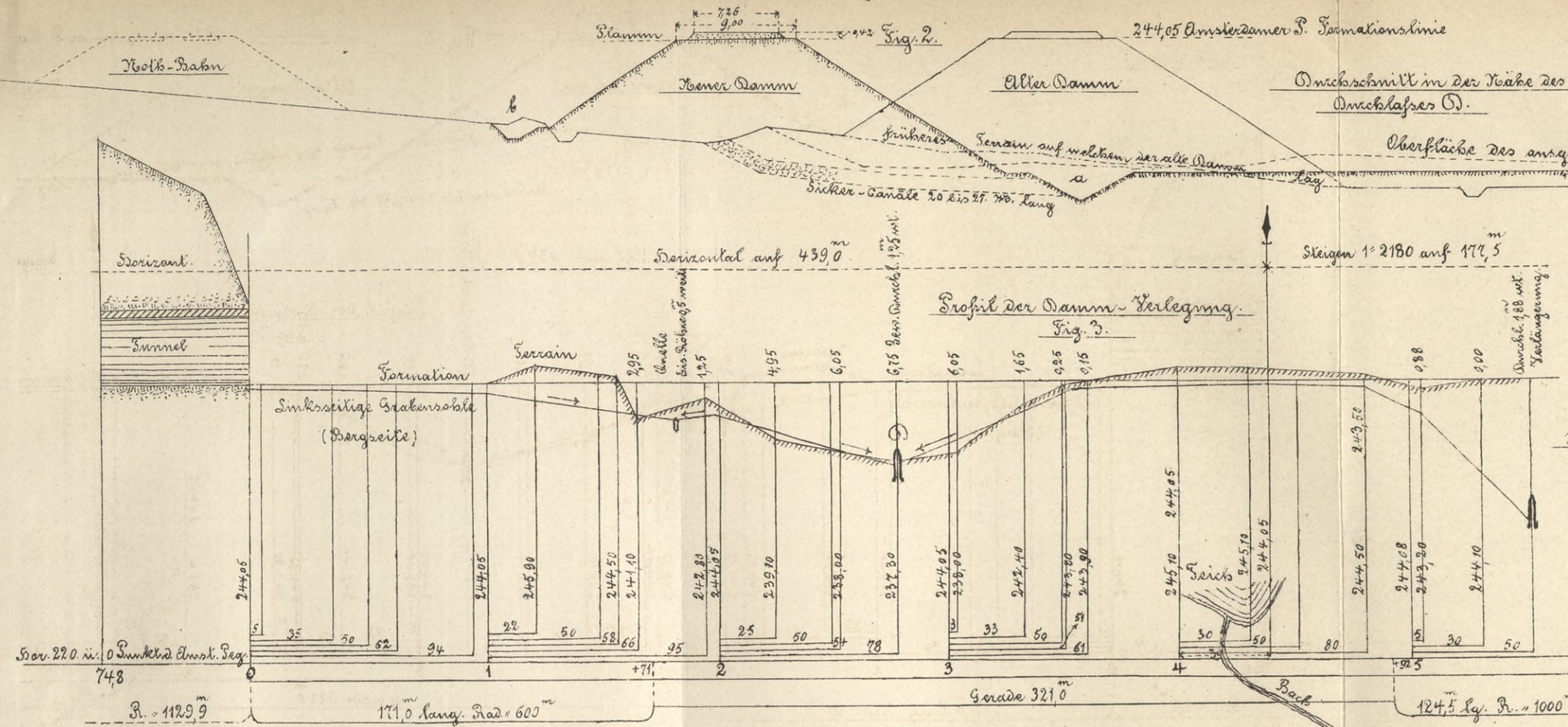


Die ganze Anlage im oben angegebenen Ausdehnungskostet 8000 Mark.



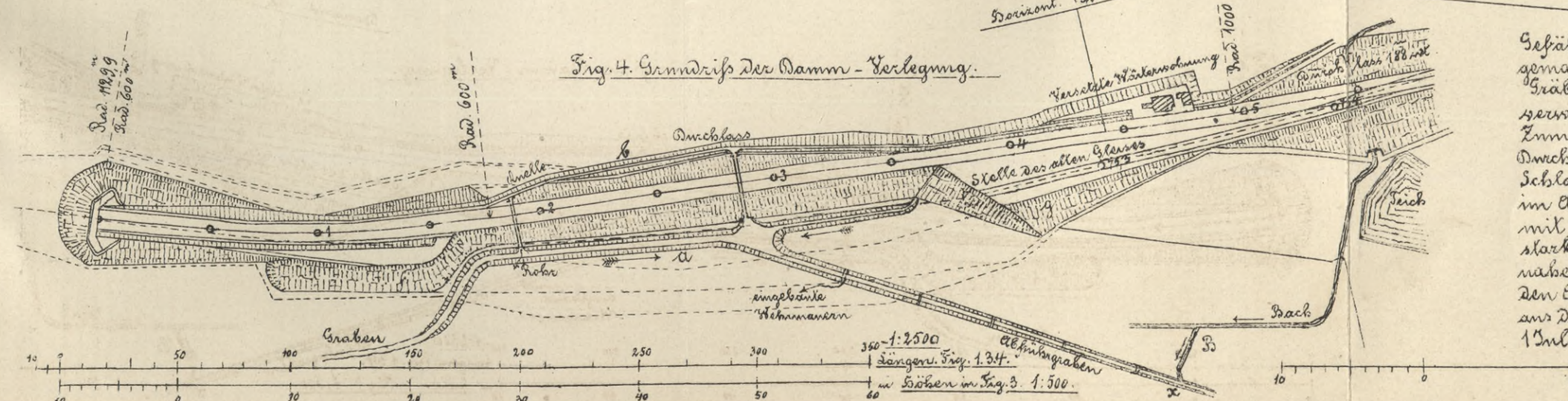
Dammutsch bei Ronseide.

(Aachen - Werberthal) am 21 Decemb. 1880.



Dammutsch bei Ronseide.

Aachen - Werberthal. (Linksrheinische Bahn) am 21 Decemb. 1880. Der Damm hatte 40 Sahel lang gestanden und war hergestellt aus feinem Kiesesand mit etwas Bindematerial, der weil kein Dammutsch vorhanden, mit dem auf der abgeflachten Fläche an der Bergseite nach langer Regenzeit abgeflossenem Wasser getränkt wurde. Untergrund: Sandschichten, die vermuthlich mit unvollständigen Thonschichten abwechseln. Ansgewässerte Erdmenge etwa 40000 Cub. M. Der neue Damm ist durch Einlegen von 2 schärferen Erisen etwas an den Berg geschoben und enthält etwa 20000 Cub. M. Der mit Erisen von 200 m angelegte provisorische Damm der Holzbahn erforderte etwa 4000 Cub. M. Erdbewegung und wurde innerhalb 10 Tagen hergestellt. Der neue Damm wurde theils aus dem ansgewässerten Material, theils aus Abgrabung bei f und g Fig. 4 hergestellt. Normal gegen die Aachenside, etwa 5 m von Weite zu Weite, mit Schlacken angefüllte Sicherkanäle, dem Gefälle des stehen gebliebenen Untergrundes folgend (Fig. 6) angebracht, die in einen Graben Fig. 5 das Wasser abgeben. Das zuerst durchgehende Gefälle des Abfuhrgrabens (Fig. 7) von 1/50 wurde durch ein gemauerte kleine Schottermanern ernäßigt. In den Sohlen der Graben mit Sicherkanäle wurden grobe Schlacken (Kotten) verwendet. An der Bergseite Anlage des Sammelgrabens (Fig. 8). Zum Durchführen des Wassers Anlage eines 1,25 m weiten Durchlasses und eines eisernen Rohres von 0,5 m Durchmesser mit Schlammabsicht an der oberen Einmündung. Letzteres führte im August 1881 noch 60 Cub. M. in 24 Stunden ab. Der Damm mit Rasen 10 cent stark oder mit Montlerboden 20-25 cent stark und besamt, beklüdet. Die Abtrocknung des dem Bahndamme nahe liegenden Terrains wird durch mehrere kleine Graben, die in den Abfuhrgraben münden gefördert. Die Gesamtkosten, die aus diesem Unfall entstanden betragen etwa 120000 Mark. Am 1 Juli 1881 Wiedereröffnung des Betriebes.





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33741

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000303951