



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300372

FORSTLICHE
BAUKUNDE.

Von

FRIEDRICH CROY

Professor des Ingenieurwesens an der höheren Forstlehranstalt Reichstadt.

II. erweiterte Auflage.

Mit 424 in den Text gedruckten Figuren und 10 Tafeln.



1906.

Johann Kunstner, Verlag, Böhm. Leipa.



III 16867



Druck von Johann Künstner, B. Leipz.

Akc. Nr. 4857/50

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage erfreute sich bei ihrem Erscheinen vor fünf Jahren in forstlichen Kreisen einer guten Aufnahme, doch wurden in den Besprechungen des Buches in den verschiedenen Zeitschriften manche Wünsche laut, deren Berücksichtigung mir für die zweite Auflage empfohlen wurde. Leider war es nicht möglich, allen diesen Wünschen nachzukommen, da sie sich vielfach sehr widersprachen. Die Referenten der fachlichen Zeitschriften Deutschlands fanden den Stoff viel zu umfangreich, da sich in Deutschland die „forstliche Baukunde“ lediglich auf den Wegbau und allenfalls auf die Waldeisenbahnen beschränkt. Die Referenten österreichischer Zeitschriften dagegen forderten, den österreichischen Bedürfnissen entsprechend, mancherlei Erweiterungen.

Da die erste Auflage im Laufe von fünf Jahren vergriffen war, da auch Unterhandlungen angeknüpft wurden bezüglich Übersetzung des Buches in die russische Sprache, um es als Lehrbuch am kais. russischen Forstinstitut in Skt. Petersburg einführen zu können, dürfte es doch einem Bedürfnisse entsprochen haben. Es ist auch immer besser, in einem Lehrbuche etwas mehr, als zu wenig zu bieten; ich konnte mich also zu einer bedeutenden Einschränkung des Stoffes nicht entschließen, und beschränkte mich nur auf unbedeutende Kürzungen und benützte den hiedurch, sowie durch Weglassung überflüssiger und nicht entsprechender Abbildungen gewonnenen Raum zu einer bedeutenden Erweiterung des Buches, indem ich in dieses nunmehr auch den Bau der Wald- und Feld-Eisenbahnen aufgenommen habe. Da es sich um ein Lehrbuch der forstlichen Baukunde handelt, legte ich hiebei das Hauptgewicht auf den Bau der Eisenbahnen und streifte das sogenannte „rollende Material“, d. h. die Wägen und Lokomotiven, auf deren Bau der Forstbeamte ja doch keinen Einfluß zu nehmen vermag, nur flüchtig. Ebenso wurde der Betrieb der Waldeisenbahnen, als in ein Lehrbuch der Forstbenutzung, aber nicht in ein Lehrbuch der Baukunde gehörig, gar nicht berührt.

Für die Bearbeitung dieses Abschnittes benützte ich mehrfach die „Vorträge über Eisenbahnbau“ von Dr. E. Winkler. Die Clichés für diesen Teil lieferte zum größten Teil die Firma: Roessemann und Kühnemann,

Abteilung für Artur Koppel'sche Schmalspurbahnen in Prag, wofür der Firma auch an dieser Stelle der beste Dank ausgesprochen sei.

Ferner wurde das Buch durch Aufnahme eines Abschnittes über verschiedene im Baufache verwendbare Kitte erweitert.

Das Kapitel über den Hausschwamm wurde unter Benützung des einschlägigen Hartig-Tubeuf'schen Buches vollständig umgearbeitet.

Im übrigen wurde der Text des ganzen Buches sorgfältig revidiert und von allen Schlacken befreit, welche der ersten Ausgabe eines größeren Buches stets anzuhafte pflegen. Leider war es noch nicht möglich, sämtliche Abbildungen durch neue Zeichnungen zu ersetzen, wie ich es gewünscht hätte, es wurden daher nur die dringend nötigen Zeichnungen neu angefertigt, dagegen auch manche überflüssige und nicht entsprechende Zeichnungen fortgelassen.

Möge dem Buche auch in dieser neuen, jedenfalls verbesserten Form die gute Aufnahme zuteil werden, welche die erste Auflage weit über die Grenzen des Landes hinaus, für die das Buch ursprünglich bestimmt war, gefunden hat!

Reichstadt, im September 1905.

Friedrich Croy.

Vorwort zur ersten Auflage.

Seit dem Jahre 1889 sind mir an der höheren Forstlehranstalt zu Weißwasser in Böhmen die Vorträge über forstliche Baukunde zugewiesen. Ein vollständiges Lehrbuch über forstliche Baukunde, welches ich hätte meinen Vorträgen zu Grunde legen können, existiert bis heute nicht. Es gehen auch vielfach die Ansichten darüber auseinander, was unter forstlicher Baukunde zu verstehen ist.

Da der Zweck der hiesigen Lehranstalt dahin ausgesprochen ist, die Absolventen in jenem Maße auszubilden, damit sie die Staatsprüfung für selbständige Forstwirte ablegen können, so war für mich bei der Abfassung meiner Vorträge die Bestimmung des § 11 der Verordnung des Ackerbauministers vom 11. Feber 1889, Nr. 23 R.-G.-Bl., über diese Staatsprüfungen maßgebend, in welchem die zu prüfenden Gegenstände angeführt sind, und wo al. *g* lautet:

„Projektierung und Ausführung forstlicher Bauten, soweit sie im gewöhnlichen Wirtschafts-, zumal im Nutzungsbetriebe erforderlich sind.“

Nun ist allerdings auch hier der Begriff „forstliche Bauten“ sehr unbestimmt und es werden auch faktisch in dieser Hinsicht bei uns in Böhmen an den Forstwirt sehr verschiedene Ansprüche gestellt. Während auf einzelnen Domänen der Forstmann kaum jemals in die Lage kommt, Bauherstellungen selbst projektieren oder leiten zu müssen, indem alle solche Arbeiten von einem hiezu bestellten Bautechniker besorgt werden, muß er anderwärts selbst größere Neubauten von Forst- und Hegerhäusern zum mindesten überwachen, Weg- und kleine Wasserbauten aber ganz selbständig leiten. An sehr vielen Orten stehen auch Ziegeleien, Steinbrüche etc. unter seiner Verwaltung.

Um nun diesen Anforderungen gerecht werden zu können, sind allgemeine Kenntnisse aus dem gesamten Gebiete des Hoch-, Weg-, Brücken- und Wasserbaues notwendig. Ich habe daher bei Zusammenstellung meiner Vorträge aus diesem umfangreichen Stoffe nur das nötigste herausgeholt, um ein allgemeines Verständnis zu erzielen und um es jedem meiner Schüler möglich zu machen, sich im Bedarfsfalle später leicht in seine Aufgabe hineinzufinden. Einzelne Kapitel, die jedenfalls

vom Forstmanne immer verlangt werden, z. B. Wegbau, sind ausführlicher behandelt.

In diesem Sinne schrieb ich mir meine Vorträge unter Benützung ausführlicher Lehrbücher in Hefte zusammen und diktierte selbe durch einige Jahre meinen Zuhörern. Um das lästige Nachschreiben zu ersparen, ersuchten mich letztere später, die Vorträge autographieren zu lassen. Wieder durch einige Jahre wurden diese Autographien benützt. Da nun bei Neuherstellung der Autographien die Vorträge von den Schülern selbst abgeschrieben wurden und hiebei viele Fehler hineinkamen, da die Autographien nicht so deutlich lesbar sind, wie Typendruck, und da endlich meine Vorträge vielfach auch von Schülern und Absolventen anderer Lehranstalten begehrt wurden, entschloß ich mich nunmehr, die Vorträge statt autographieren, jetzt drucken zu lassen.

Im Folgenden sind daher nur meine Vorträge genau so, wie ich selbe meinen Zuhörern halte, abgedruckt.

Bei der Zusammenstellung dieser Vorträge habe ich nachstehende Werke mehr oder weniger benützt:

Grundzüge des Hochbaues von A. v. Gabriely.

Die Bau-Ausführung von Friedrich Engel.

Baukunde des Ingenieurs von Max Becker.

Bau-Konstruktionen des Zimmermannes von Diesener.

Moderne Sprengtechnik von Julius Mahler.

Landwirtschaftlicher Wege- und Brückenbau von Dr. F. C. Schubert.

Waldwegebaukunde von Dr. H. Stötzer.

Weg-, Brücken- und Wasserbaukunde von Leopold Dengler.

Das forstliche Transportwesen von Gustav Förster.

Landwirtschaftlicher Wasserbau von Dr. F. C. Schubert.

Niedere Geodäsie von Loewe.

Weißwasser, im Juli 1899.

Friedrich Croy.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite:
Einleitung	1
I. Teil. Baumaterialienlehre	2
A. Hauptmaterialien	2
I. Bausteine	2
1. Natürliche Bausteine	3
2. Künstliche Bausteine	9
II. Holz	19
1. Eigenschaften des Holzes	19
2. Der Hausschwamm	23
III. Das Eisen	26
B. Verbindungsmaterialien	26
Mörtel	26
I. Kalk	26
II. Mörtelbereitung	29
1. Luftmörtel	29
2. Hydraul. Mörtel	31
3. Betonmörtel	33
4. Gypsmörtel	33
5. Lehmörtel	34
6. Erdmörtel	34
Kitte	34
1. Käsekitte	34
2. Ölkitte	35
3. Harzkitte	35
4. Glycerinkitt	36
5. Leimkitt	36
6. Eisenkitt	36
C. Nebenmaterialien	36
I. Asphalt	36
1. Vorkommen des Asphaltes	36
2. Gewinnung des Asphaltes	37
3. Künstlicher Asphalt	38
4. Verwendung des Asphaltes	39
II. Anstriche	40
1. Teeranstiche	40
2. Farbenanstiche	40

	Seite:
II. Teil. Allgemeine Baukonstruktionen	42
A. Mauerwerks-Konstruktionen	42
1. Bruchsteinmauerwerk	42
2. Ziegelmauerwerk	43
3. Quadermauerwerk	45
4. Gemischtes Mauerwerk	47
5. Kalkziegelmauerwerk	49
6. Der Lehmsteinbau	49
7. Trockenmauern	50
8. Trümmermauerwerk	50
9. Betonmauerwerk	51
10. Pisébau	52
11. Rabitz-Wände	54
12. Mauerstärken	54
13. Gesimse	56
14. Gewölbe	57
15. Pflasterungen	68
B. Holz-Konstruktionen	71
1. Holz-Verbindungen	71
2. Hölzerne Träger	76
3. Häng- und Sprengwerks-Konstruktionen	79
4. Fangdämme	82
5. Spundwände	85
6. Bohlwerke	86
7. Hölzerne Wände	87
8. Hölzerne Decken-Konstruktionen	91
9. Fußböden	95
C. Einfache Eisen-Konstruktionen	97
1. Eiserne Träger	97
2. Eiserne Säulen	103
3. Schließen	105
D. Verputz der Mauern und Holzwände	107
E. Gerüste	110
F. Dach-Konstruktionen	112
I. Dachgerüste oder Dachstühle	112
1. Dachformen	112
2. Neigung der Dachflächen	113
3. Konstruktion des Dachgerüsts	113
II. Dach-Eindeckungen	122
1. Das Rindendach	122
2. Eindeckung mit Schilf und Stroh	122
3. Eindeckung mit Brettern	123
4. Eindeckung mit Schindeln	123
5. Eindeckung mit Dachziegeln	125
6. Eindeckung mit Schiefer	127
7. Eindeckung mit Blech	128
8. Eindeckung mit Dachpappe	129
9. Eindeckung mit Holzzement	131

G. Fundierungen	133
1. Abstecken der Fundamente	133
2. Ausheben der Fundamente	133
3. Fundierung	133
4. Herstellung der Fundamentmauern	138
H. Bauherstellungen im Innern der Gebäude	138
1. Fenster	138
2. Türen und Tore	140
3. Stiegen	141
4. Rauchfänge	147
5. Retiraden und Senkgruben	148
J. Keller, Eisgruben und Eiskeller	151
1. Gewöhnliche Hauskeller	151
2. Eiskeller	152
K. Die Ableitung der Niederschlagswässer	154
1. Dachrinnen	154
2. Abfallröhren	156
3. Dachkehlen	157
4. Ableitung des Wassers von den Hofflächen	157
L. Einfriedungen	158
1. Mauern	158
2. Hölzerne Zäune	159
3. Draht-Zäune	161
III. Teil. Weg- und Straßenbau	162
A. Allgemeine Vorbegriffe	162
B. Führung der Weglinie	164
1. Die Richtung und das Gefälle einer Weglinie	164
2. Die Wegbreite	167
3. Das Abstecken der Weglinie (Trassierung)	168
4. Die Abrundung und Ausgleichung der Weglinie	173
5. Die Aufnahme des Längenprofiles	180
6. Die Aufnahme der Querprofile	181
7. Die Berechnung der Auftrags- und Abtragsmassen	182
C. Die Herstellung des Wegkörpers	185
1. Die Vorbereitungen zum Bau	185
2. Grund- oder Unterbau	187
3. Befestigung der Böschungen	188
4. Der Oberbau	191
5. Bauten zur Wasserableitung	195
6. Anlagen zur Sicherheit	200
D. Die Wegerhaltung	201
IV. Teil. Wald- und Feld-Eisenbahnbau	204
A. Einleitung	204
B. Der Bau fester Gleisstrecken	206
1. Die Trassierung und Projektverfassung	206
2. Der Unterbau	208
3. Der Oberbau	211
4. Die Weichen oder Wechsel	221

	Seite :
C. Die fliegenden Gleise	224
D. Die Wagen und Lokomotiven	229
V. Teil. Brückenbau	233
A. Allgemeine Grundsätze für Brückenanlagen	233
B. Der Grundbau	234
1. Bohlwerke und Joche	234
2. Ufermauern und Mittelpfeiler	236
3. Eisbrecher	237
C. Die Brücken	237
1. Einfache Tramenbrücken	237
2. Die Joch- und Pfeiler-Brücken	240
3. Die Hängwerks-Brücken	242
4. Die Sprengwerks-Brücken	254
5. Kleinere Eisen-Brücken	259
6. Steinerne Brücken	261
VI. Teil. Wasserbau	264
A. Entwässerungs-Anlagen	264
1. Arten der Entwässerung	264
2. Entwässerung durch Gräben	264
3. Durchbrechung des Untergrundes	267
4. Erhöhung des Terrains durch Aufschüttung	268
5. Erhöhung des Terrains durch Kolmation	268
B. Wasser-Sammelungs- und Leitungs-Anlagen	271
1. Quellen und Brunnen	271
2. Zisternen	274
3. Wasserleitungen	275
C. Die Fluß-Bauten	284
1. Uferbefestigungen	284
2. Bühnen	285
3. Streichbauten	288
4. Durchstiche	289
5. Eindeichungen	290
6. Wehrbauten	292
7. Reservoirs	305
D. Die Verbauung der Wildbäche und Terrainbrüche	313
1. Allgemeines über Wildbäche und Terrainbrüche	313
2. Vorbeugungsmittel	314
3. Abwehrende Mittel durch Verbauung	315
4. Allgemeine Regeln bei der Verbauung	327

Einleitung.

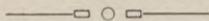
Die Baukunde ist für den Forstbeamten eine wichtige, oft geradezu unentbehrliche Hilfswissenschaft, denn ohne Baumeister sein zu wollen, kommt der Forstbeamte doch sehr häufig in die Lage, kleinere oder größere Bauten projektieren und veranschlagen, oder doch mindestens ein vorgelegtes Projekt mit Kostenanschlag prüfen und auch dessen Ausführung überwachen zu müssen.

Solche Bauten können sein:

1. Neuherstellungen oder Reparaturen der dem Forstpersonale zugewiesenen Wohn- und Wirtschaftsgebäude und anderer dem Forstbetriebe dienenden Hochbauten.
2. Bau von Wegen und Straßen für den Holztransport.
3. Bau einfacher Straßenbrücken.
4. Verschiedene Wasserbauten zum Schutze des Waldbodens, oder für die Zwecke des Holztransportes zu Wasser.

Wenn auch nicht vom Forstbeamten verlangt wird, daß er in diesen Abteilungen der Baukunde solche Kenntnisse besitze, wie ein Ingenieur oder Baumeister, der sich diese durch mehrjähriges ausschließliches Studium erwerben muß, so soll er doch gewisse Kenntnisse, sowohl aus der Baumaterialien-, als auch aus der Baukonstruktionslehre besitzen, um den erwähnten, an ihn herantretenden Aufgaben gerecht werden zu können.

Es soll daher im folgenden das wichtigste über die Baumaterialien und die Konstruktionen des Hoch-, Weg-, Brücken- und Wasser-Baues kurz erläutert werden.



I. Teil. Baumaterialien-Lehre.

Unter Baumaterialien sind alle bei der Herstellung eines Bauwerkes verwendeten Stoffe zu verstehen.

Die Kenntnis der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Baumaterialien ist sehr notwendig, um ein Urteil über deren richtige, zweckentsprechende Anwendung zu gewinnen.

Je nach dem Zwecke, zu dem sie Anwendung finden, können die Baumaterialien in drei Gruppen eingeteilt werden, nämlich:

1. **Hauptmaterialien**, das sind solche, welche zur Herstellung ganzer Gebäudeteile dienen. Hierher sind also zu rechnen die Bausteine, das Holz und auch das Eisen.

2. **Verbindungsmaterialien**. Hierunter sind jene Materialien zu verstehen, welche die einzelnen Bausteine zu einem einzigen Ganzen vereinigen sollen. Hierher ist hauptsächlich der Mörtel, beziehungsweise seine Bestandteile zu zählen.

3. **Nebematerialien**, welche bei einem Bauwerke in minder großer Menge verwendet werden und welche für gewisse besondere Zwecke dienen. In diese Gruppe wären z. B. zu rechnen: Die übrigen Metalle, Glas, Teer, Farben, Asphalt, Schilfrohr etc.

A. Hauptmaterialien.

I. Bausteine.

Die Bausteine sind zu unterscheiden als natürliche und künstliche Bausteine.

Unter den ersteren versteht man die von der Natur gebotenen Steine, welche entweder in zusammenhängenden Gebirgsmassen auftreten, durch deren Zerkleinerung die Bausteine gewonnen werden, oder welche auch als einzelne lose Stücke in mehr oder weniger geringer Tiefe unter der Erdoberfläche vorkommen, dann heißen sie Findlinge oder Feldsteine.

Unter künstlichen Bausteinen versteht man solche, welche erst dadurch erhalten werden, daß die in der Natur vorkommenden Rohstoffe zu einer plastischen oder flüssigen Masse verwandelt, und aus dieser regelmäßige Stücke geformt werden, welche letztere entweder nur getrocknet, oder nach erfolgtem Trocknen noch gebrannt werden, um die nötige Härte zu erlangen.

1. Natürliche Bausteine.

a) Einteilung. Je nach der Form, in welcher die natürlichen Bausteine Anwendung finden, unterscheidet man:

1. Quadern, auch Werkstücke, Hau-, Hack- oder Hackelsteine genannt, welche regelmäßige Form haben, die man ihnen durch Bearbeitung der im Steinbruche gewonnenen Stücke gibt. Durch diese Bearbeitung werden die Quadern sehr teuer, sie finden daher im Hochbau sehr beschränkte Anwendung, nur bei großen Prachtbauten, oder bei Pfeilern, die eine große Last zu tragen haben. Häufig finden sie dagegen Anwendung im Wasser- und Straßenbau.

2. Bruchsteine, darunter versteht man die Felsstücke von unregelmäßiger Form und verschiedener Größe, wie sie unmittelbar im Steinbruche gewonnen werden. Doch sollen auch die Bruchsteine womöglich zwei parallele, oder doch wenigstens eine ebene Fläche haben, auf welche sie bei ihrer Verwendung gelegt werden; man nennt sie dann lagerhaft. Im Hochbau werden die Bruchsteine zumeist für das Fundament- und Kellermauerwerk benützt, in Gegenden, wo gebrannte Ziegel nicht leicht zu beschaffen sind, auch für das oberirdische Mauerwerk. Sehr bedeutend ist ihre Verwendung im Wasser- und Straßenbau.

3. Steinplatten, worunter man solche Steine versteht, deren Dicke im Verhältnis zu ihrer Länge und Breite gering ist. Sie werden entweder durch Spalten geeigneter Steine oder durch Zurichtung gewonnen und finden Anwendung zu Pflasterungen, Verkleidungen, zum Überdecken von Kanälen, Durchlässen bei Wegen und Straßen, und wenn sie sehr dünn sind, zu Dach-eindeckungen.

b) Gewinnung der natürlichen Bausteine. Die in einzelnen Stücken als Gerölle oder Geschiebe, Feldsteine oder Findlinge vorkommenden Steine, brauchen nur gesammelt, sortiert, und höchstens sehr große Stücke durch Schläge mit einem eisernen Schlägel in mehrere kleinere Stücke geteilt werden. Eine solche Gewinnung von Bausteinen ist aber jedenfalls minder bedeutend, denn die größten Mengen von Bausteinen werden aus den Felsmassen im Steinbruche gewonnen. Die obere Erdschichte und die oberen verwitterten und daher mürben und zerbröckelten Steinschichten werden abgeräumt, bis man auf die harte, brauchbare Steinmasse, die sogenannte Bank kommt, welche stufenweise abgearbeitet wird. Je größere Steinstücke man erhalten will, desto höher werden diese Stufen gemacht. Geschichtete Steine lassen sich durch Keile und Brechstangen ganz leicht loslösen. Härtere Gesteine dagegen, welche ein geringes Absonderungsvermögen haben, müssen durch Sprengung zerkleinert werden.

Die Sprengung kann entweder mit Pulver oder mit Dynamit erfolgen. In beiden Fällen müssen für die Aufnahme der Ladung in dem Felsen Bohrlöcher gemacht werden. Dies geschieht mit Steinbohrern, das sind lange

Meißel mit gut verstärkter Schneide, deren Breite gleich ist dem Durchmesser des Bohrloches, welcher etwa 2—4 *cm* beträgt. Die Bohrung geschieht in der Weise, daß der Meißel senkrecht gehalten und beständig gedreht wird, während man mit einem Schlägel daraufschlägt. Die Tiefe der Bohrlöcher hängt ab von der Härte des Gesteines und von der Größe der Stücke, die man erzeugen will, je größere Stücke sich ergeben sollen, desto tiefer müssen die Bohrlöcher sein. Gewöhnlich werden sie mit Berücksichtigung dieser Umstände 0.3—1 *m* tief gemacht. Bei hartem Gestein macht man seichtere und weitere, bei weichem Gestein aber tiefere und engere Löcher. Die Entfernung der Bohrlöcher von der nächsten freien Fläche, die sogenannte Vorgabe, wird gleich der halben bis ganzen Tiefe des Bohrloches gemacht. Werden mehrere Bohrlöcher nebeneinander angelegt, welche gleichzeitig gezündet werden sollen, so werden sie soweit voneinander angelegt, als ihre Tiefe beträgt. Der durch die Schläge auf den Meißel sich bildende Gesteinsstaub muß mit dem Raumlöffel entfernt werden. Früher bohrte man nur „trocken“, jetzt aber in der Regel „naß“, d. h. es wird von Zeit zu Zeit etwas Wasser in das Bohrloch geträufelt. Dadurch geht die Arbeit leichter und es läßt sich auch der entstehende Schlamm leichter entfernen. Hat das Bohrloch die erforderliche Tiefe, so muß es sorgfältig gereinigt und mit einem um einen Stock gewickelten Hader ausgewischt werden, besonders wenn man Schießpulver zum Sprengen verwenden will, damit das Pulver nicht feucht wird. Das Laden geschieht immer erst unmittelbar vor dem Abschießen. Man benützt das grobe Sprengpulver und verwendet zu jeder Ladung so viel, daß ein Drittel der Tiefe des Bohrloches ausgefüllt wird. Man schüttet zuerst nur die Hälfte dieser Menge in das Bohrloch und steckt dann ein Stück Bickford'scher Zündschnur in dieses, sodaß ihr Ende auf das Pulver aufstößt, dann wird der Rest des Pulvers nachgeschüttet, so daß also das Ende der Zündschnur in der Mitte des Pulvers sich befindet. Das andere Ende der Zündschnur läßt man 10—20 *cm* über das obere Ende des Bohrloches herausragen. Dann wird das Bohrloch zuerst mit lockerem „Besatz“, d. h. trockenem Lehm oder Sand ausgefüllt, die Mündung aber mit Lehm fest verkeilt. Dann wird das herausragende Ende der Zündschnur angezündet, worauf man sich schleunigst entfernt.

Weit intensiver als Schwarzpulver in seiner Sprengwirkung ist Dynamit. Dieses besteht aus Nitroglycerin, einer ölartigen Flüssigkeit (Sprengöl), mit welcher aufsaugungsfähige Stoffe getränkt sind. Bei dem gewöhnlichen Dynamit besteht dieser Aufsaugungsstoff aus Kieselguhr, bei der stärksten Dynamitsorte aber aus Zellulose. Diese letztere Sorte, Trauzl's Zellulose-Dynamit, ist gegen Wasser vollkommen unempfindlich. Bei einer Temperatur unter 8° C. erstarrt das Dynamit, es muß daher in Räumen aufbewahrt werden, wo die Temperatur höher ist als 8° C. Das Dynamit wird in den Fabriken in zylindrische Hülsen aus weichem Pergamentpapier eingepreßt und so in Form fertiger Patronen von verschiedenem Gewicht in den Handel gebracht.

Zum Steinsprengen in Steinbrüchen nimmt man Dynamit Nr. IV, bei welchem 75⁰/₀ Kieselguhr mit 25⁰/₀ Sprengöl getränkt sind.

Die Bohrlöcher für die Aufnahme der Ladung werden so hergestellt wie für die Sprengung mit Pulver. Es ist zunächst zu beachten die Vorgabe; bezeichnet man diese mit v und die Tiefe des Bohrloches mit t , so ist $t = v$ bis $t = 2v$. Bei mehreren Bohrlöchern, welche gleichzeitig gezündet werden sollen, ist ihre Entfernung d voneinander $d = v$ bis $d = 2v$.

Die Größe der Ladung muß immer nach einer der zwei folgenden Formeln berechnet werden. Bezeichnet man mit L die Dynamitmenge in Grammen, mit v die Vorgabe in Dezimetern ausgedrückt und mit k den Widerstands-Koeffizienten des Gesteins, der zumeist mit 0.25 anzunehmen ist, so ist $L = kv^3$ oder bei kombinierten Minen $L = k(v + \frac{2}{3}d)^3$.

Hat man die Größe der Ladung ermittelt, so geht man beim Laden der Bohrlöcher in folgender Weise vor: Jede Patrone läßt man langsam in das Bohrloch hineingleiten, schiebt sie mit einem hölzernen Ladestock hinunter und preßt sie mit diesem, ohne zu schlagen, zusammen, damit die Papierhülse zerreißt und das Dynamit das ganze Bohrloch ausfüllt. So wird eine Patrone nach der anderen eingeführt. Oben darauf wird dann die Zündpatrone lose aufgesetzt. Diese muß zuerst entsprechend vorbereitet werden. Das Dynamit explodiert nur durch einen Schlag. Wird es direkt mit einer Flamme angezündet, so verbrennt es langsam ohne Wirkung. Um nun diesen Schlag zu erhalten, wird eine große, eigens zu diesem Zwecke bestimmte Kapsel benützt. Man nimmt ein entsprechend langes Stück Zündschnur, so daß das Ende 15–20 *cm* aus dem Bohrloche herausragt. Das eine Ende der Zündschnur wird ganz scharf und senkrecht auf die Längsrichtung abgeschnitten und in das Zündhütchen hineingesteckt, so daß die Zündschnur auf der Zündmasse aufsteht. Dann wird die Kupferhülse der Kapsel mit einer Zange an die Zündschnur angedrückt, damit die Kapsel nicht herunterfallen kann, dann öffnet man auf einer Seite die Papierhülse der kleinen Zündpatrone und drückt die Kapsel in die weiche Dynamitmasse hinein, aber so, daß noch ein Teil des Kupferhütchens aus dem Dynamit hervorsteht. Würde man es zu tief hineindrücken, so daß die Zündschnur in direkte Berührung mit dem Dynamit käme, so würde letzteres direkt durch die Zündschnur entzündet werden und daher nicht explodieren, sondern ohne Wirkung langsam ausbrennen. Der vorstehende Rand der Papierhülse wird dann mit einem festen Bindfaden an die Zündschnur angebunden, damit keine Verschiebung der Zündschnur mit der Kapsel stattfinden kann. Die so vorbereitete Zündpatrone wird auf die Ladung lose aufgesetzt, ohne Pressung. Der Rest des Bohrloches wird nun zuerst zur Hälfte ganz vorsichtig mit losem Besatz, nämlich Sand, Erde u. dgl. ausgefüllt, dann wird erst der letzte Rest des Bohrloches mit festem Lehm ausgefüllt, der aber nicht hineingeschlagen, sondern nur hineingepreßt werden darf.

Wenn sowohl bei der Pulver-, wie auch bei der Dynamit-Sprengung ein Schuß versagt, d. h. der Zünder verlöscht, ohne zu zünden, so darf man sich erst nach entsprechender Zeit nähern. Der versagte Schuß darf dann nicht ausgebohrt werden. Kennt man genau, aber ganz genau die Entfernung der Zündpatrone vom Rande des Bohrloches, so kann man vorsichtig den Besatz herauskratzen bis auf 8 *cm* über der Zündpatrone, setzt dann darüber eine neue Zündpatrone und zündet an. Am sichersten aber ist es immer, an dem versagten Schusse gar nicht zu rühren, sondern in der Nähe ein neues Loch zu bohren und zu laden, so daß durch diesen Schuß auch die frühere Ladung mit zur Explosion gebracht wird. Dasselbe gilt auch von der Sprengung mit Schwarzpulver.

c) Die natürlichen Bausteine nach ihrer Zusammensetzung. Je nach ihrer Zusammensetzung können die natürlichen Bausteine in drei Gruppen getrennt werden, kieselhaltige, tonhaltige und kalkhaltige Steine.

1. Die kieselhaltigen Gesteine besitzen große Festigkeit und Wetterbeständigkeit, sowie große Härte, so daß sie sich schwer bearbeiten lassen. Hierher gehören:

a) Quarzfels, aus reiner Kieselsäure bestehend, mit körnigem oder dichtem Gefüge und verschiedener Färbung, ist sehr fest und wetterbeständig, aber auch sehr hart. Er wird daher weniger zur Aufführung von Mauerwerk, sondern mehr zur Pflasterung und Beschotterung von Straßen verwendet. Wichtig ist er als Sand für die Mörtelbereitung.

b) Granit, aus Feldspat, Quarz und Glimmer bestehend, krystallinisch grob- oder feinkörnig, ist ebenfalls sehr fest, wetterbeständig und hart, nimmt auch eine schöne Politur an. Wegen seiner großen Härte wird er im Hochbau weniger verwendet, allenfalls für große Prachtbauten zu Säulen etc., dagegen bildet er ein sehr wichtiges Material für den Wasser- und Straßenbau.

c) Der Syenit, ein krystallinisch grob- oder feinkörniges Gemenge von Feldspat und Hornblende, zeigt im feinkörnigen Zustande große Wetterfestigkeit und hat als Baustein größere Bedeutung, als der Granit, besonders für Fundamentmauern und Pflasterungen.

d) Der Gneis, aus denselben Bestandteilen wie der Granit bestehend, aber von schiefriger Struktur, ist in Folge dieses letzteren Umstandes weniger wetterfest, u. zw. umso weniger, je mehr Glimmer er enthält. Er läßt sich gut spalten und leichter bearbeiten, als der Granit, ist aber zu Wasser- und Grundbauten, wie auch an feuchten Orten nicht verwendbar.

e) Der Glimmerschiefer, abwechselnd aus Blättern von Glimmer und Quarzkörnern bestehend, ist sehr wenig wetterbeständig, läßt sich aber leicht spalten, dient daher zu Pflasterungen, Dacheindeckungen, und weil er sich in der Hitze gut hält, auch zu Feuerungsanlagen.

f) Porphyry und Melaphyr, aus dichtem Feldstein bestehend, mit eingebetteten Körnern von Quarz und Feldspat, mitunter auch Hornblende und

Glimmer enthaltend, ist sehr hart, dauerhaft und wetterfest und bildet ein geschätztes Baumaterial besonders für Kunststraßen.

g) Die Sandsteine bestehen aus Quarzkörnern, welche durch ein toniges, kalkiges, mergeliges oder kieseliges Bindemittel zu einer einzigen zusammenhängenden Steinmasse zusammengekittet sind. Je nach der Beschaffenheit dieses Bindemittels sind auch die Eigenschaften und daher auch die Verwendbarkeit der Sandsteine sehr verschieden. Fest und wetterbeständig und daher als Bausteine im Freien geeignet sind nur die kieseligen Sandsteine, diese sind aber dann außerordentlich wichtig, und zwar umsomehr, je härter sie sind. Die tonigen Sandsteine lassen sich für Feuerungsanlagen gut verwenden. Am wenigsten verwendbar sind die kalkigen Sandsteine, besonders dürfen sie nicht zu Feuerungsanlagen, sowie auch nicht dort verwendet werden, wo sich freie Säuren bilden, nämlich in der Nähe von Senkgruben, Aborten, Stallungen.

2. Die tonhaltigen Gesteine liefern zwar vorzügliche Bausteine, doch lassen sich die wenigsten behauen.

Es gehören hierher:

a) Der Tonschiefer, der Hauptsache nach aus kieselsaurer Tonerde bestehend, mit mehr oder weniger Glimmer-, Feldspat- und Kalksteinteilen vermennt, höchst feinkörnig und schiefrig, läßt sich daher sehr leicht spalten. Bricht er in gröbereren Stücken, so ist er als Mauerstein sehr gut verwendbar, läßt er sich in sehr dünnen Platten spalten, so ist er sehr wichtig als Dachschiefer.

b) Der Basalt besteht aus Labrador, Augit und Magneteisen und bildet ein so inniges und feinkörniges Gemenge, daß man ihn für ein einfaches Gestein halten könnte. Seine Härte und Wetterbeständigkeit ist außerordentlich groß, er eignet sich daher besonders für Pflasterungen und Fundamentmauerwerk, für Hochbauten ist er der schwierigen Bearbeitung wegen weniger geeignet.

c) Der Trachyt ist mit dem Basalt verwandt und besteht aus feinkörniger Kieselerde und Feldspat mit eingebetteten Krystallen von Feldspat. Er ist als Baustein außerordentlich wichtig. Ebenso wichtig ist auch die Abart des Trachytes: der Phonolit, welcher in parallelen Stücken bricht, die sich gut mit dem Mörtel verbinden.

d) Der Bimsstein besteht aus Kieselsäure, Tonerde, Natron und Kali und bildet eine löcherige, schwammige Masse, welche in den Poren so viel Luft enthält, daß sie auf dem Wasser schwimmt. Wenn der Bimsstein irgendwo in großen Massen vorkommt, so ist er als Baustein sehr wichtig, weil er sich mit dem Mörtel sehr gut verbindet und ein schlechter Wärmeleiter ist. Wegen des geringen Gewichtes eignet er sich besonders zur Herstellung von Gewölben von großer Spannweite.

3. Die kalkhaltigen Gesteine finden eine sehr ausgedehnte Anwendung als Bausteine, trotzdem sie im allgemeinen geringere Härte und

Wetterfestigkeit haben, als die kiesel- und tonhaltigen Gesteine. Die Kalksteine bestehen aus kohlen-saurem Kalk mit mehr oder weniger fremden Beimengungen, besonders Ton, Kieselerde, Eisenoxyde in verschiedenen Formen, sowie auch andere Metalloxyde u. s. w., sehr häufig auch bituminöse Stoffe und viele andere Mineralien. Man kann die Kalksteine unterscheiden als krystallinisch körnige und dichte Kalksteine.

a) Kristallinisch körniger Kalkstein ist reiner kohlen-sauerer Kalk, der nur selten fremde Beimengungen hat. Das Gefüge ist feinkörnig, oder sogar dicht, und er kommt entweder geschichtet oder auch ungeschichtet (massig) vor. Ist dieser Kalkstein sehr rein und hat er eine große Polierfähigkeit, so nennt man ihn Marmor, und die Wichtigkeit desselben zu künstlerischen Zwecken und Prachtbauten ist bekannt.

b) Dichter Kalkstein ist so feinkörnig und dicht, daß er dem bloßen Auge nicht mehr kristallinisch erscheint. Dichter Kalkstein kommt in verschiedenen Formationen vor und zeigt dementsprechend in Farbe, Härte und Dichte große Verschiedenheiten. Alle diese Kalksteine liefern aber gute, harte Bausteine und sind außerdem auch sehr wichtig zum Kalkbrennen, d. h. zur Erzeugung von Ätzkalk für die Mörtelbereitung. In dieser letzteren Hinsicht sind besonders wichtig die stark tonhaltigen Kalksteine, welche dann Mergelkalk oder Mergel, oder Kalkmergel heißen (je nach der Menge des beigemengten Tones), und welche zur Erzeugung des hydraulischen Kalkes dienen. Kommt der dichte Kalkstein sehr dünn geschichtet vor, so nennt man ihn Kalkschiefer, er läßt sich dann in dünne Platten spalten, welche zu Pflasterungen, sowie zu Lithographie-Steinen dienen (z. B. die Kehlheimer und Solenhofer Platten).

c) Der Gips besteht aus schwefelsaurem Kalk. Er hat eine geringe Härte und geringe Wetterbeständigkeit, ist daher als Baustein nicht verwendbar, dagegen findet er im gebrannten Zustande Anwendung zur Herstellung eines schnell erhärtenden Mörtels.

d) Eigenschaften guter Bausteine und ihre Untersuchung. Die zum Bauen zu verwendenden Steine dürfen vor allem nicht den oberen verwitterten Felsschichten entnommen werden, sondern diese müssen, wie schon erwähnt wurde, abgeräumt werden bis auf die brauchbare Schichte. Die Steine müssen ferner vor ihrer Verwendung hinreichend ausgetrocknet sein; alle unmittelbar aus dem Steinbruche kommenden Steine enthalten Feuchtigkeit, die sogenannte Bergfeuchtigkeit, welche sie erst verlieren müssen. Durch diese Austrocknung werden sie auch härter. Gute Bausteine sollen eine große Härte und Festigkeit, namentlich gegen Zerdrücken haben. Dies erkennt man schon daran, wenn sie ein dichtes gleichförmiges Gefüge haben und beim Behauen viel Kraftaufwand erfordern und dabei harte splitterige Abfälle geben. Eine weitere sehr wichtige Eigenschaft ist die Wetterbeständigkeit, d. h. sie dürfen durch die Witterungseinflüsse, besonders durch Frost keine Veränderungen erleiden. Zu diesem Behufe untersucht man am

besten die Abfälle in einem Steinbruch, welche dort schon mehrere Jahre herumliegen. Zeigen diese keine Abblätterungen, sind sie auch nicht an der Oberfläche mit Moosen und Flechten überzogen, so ist dies ein Zeichen ihrer Wetterbeständigkeit. Ferner dürfen die Steine nicht zu viel Wasser ansaugen, in 24 Stunden höchstens $\frac{1}{20}$ ihres eigenen Gewichtes, weil sie sonst leicht durch Frost beschädigt werden. Die zu Feuerungsanlagen, sowie zu Dacheindeckungen zu verwendenden Steine müssen feuerbeständig sein, d. h. wenn sie einem starken Flammenfeuer ausgesetzt werden, dürfen sie keine Veränderung erleiden. Besonders sorgfältig muß der Dachschiefer untersucht werden; derselbe darf keine Sprünge und Risse haben, muß einen hellen Klang besitzen und sehr dicht sein. Er darf nicht zu viel Wasser einsaugen, und muß raschen Temperaturwechsel ertragen, d. h. glühend gemacht und mit Wasser begossen, darf er keine Veränderung zeigen. Eisen-, schwefel- oder kalkhaltige Schieferplatten sind nicht zu verwenden, weil sie infolge der atmosphärischen Einflüsse abblättern.

Beim Ankauf von Bruchsteinen muß man auch darauf sehen, daß diese möglichst lagerhaft sind, d. h. daß sie zwei parallele ebene Flächen haben, ferner, daß sie weder zu große, noch zu kleine Stücke bilden, und daß die Haufen möglichst dicht gesetzt sind. Trotz der größten Sorgfalt enthalten die lagerhaften Steine doch 25—30%, ganz unregelmäßige Steine sogar bis 40% leere Zwischenräume.

2. Künstliche Bausteine.

Diese können getrennt werden in ungebrannte, welche nur an der Luft getrocknet werden, und gebrannte, welche durch Feuer eine größere Härte bekommen.

a) Ungebrannte Steine.

Diese können auf mannigfache Art hergestellt werden. Hieher gehören:

1. Die Lehm- oder Luftziegel, welche aus demselben Materiale und in derselben Weise hergestellt werden, wie die zu brennenden Ziegel, sie werden aber nach dem Trocknen an der Luft, ohne gebrannt zu werden, gleich verwendet. Der zu verwendende Lehm darf weder zu fett noch zu mager sein, d. h. er darf weder zu wenig, noch zu viel Sand enthalten, denn im ersten Falle schwinden die Ziegel beim Trocknen sehr und bekommen Risse, im zweiten Falle sind sie nicht fest genug, sondern bröckelig. Beim richtigen Materiale werden die Dimensionen beim Trocknen linear um den zwanzigsten Teil kleiner, und sie haben dann auch eine ganz bedeutende Festigkeit gegen Zerdrücken, nämlich bis 78 *kg* per *cm*². Für Feuerungsanlagen und auch für Scheidemauern sind sie gut verwendbar. Außen an Gebäuden, besonders auf der Wetterseite, darf man sie natürlich nicht verwenden. Für die Verwendung in Wohnräumen müssen sie sehr gut ausgetrocknet sein, weil sie sonst feuchte Wände erzeugen.

2. Lehmputzen oder egyptische Steine werden aus erweichtem Lehm hergestellt mit einem Zusatz von 10—20% gehacktem Stroh oder Heu, Queckenwurzeln, Lohe oder am besten Hanf- oder Flachsabfällen. Durch diese Zusätze wird ein gleichmäßiges Zusammenziehen beim Trocknen erzielt, aber es leidet die Festigkeit. Die Lehmputzen werden in größerem Formate hergestellt, als die Luftziegel. Man verwendet sie bei einfachen ländlichen Bauten auch zu Außenmauern, weil an ihnen der Verputz sehr gut haftet.

3. Kalksandziegel werden aus einer Masse hergestellt, welche aus einem Teil gelöschtem Kalk und 6—12 Teilen Sand besteht und welcher nur soviel Wasser zugesetzt wird, daß die Masse wie frisch gegrabene Erde aussieht. Die Ziegel werden dann im Formate der gewöhnlichen Mauerziegel aus dieser Masse gepreßt und unter einem Dach an der Luft getrocknet. Der Sand darf nicht zu fein sein, sondern muß grob, scharfkantig und rein, d. h. frei von erdigen Bestandteilen sein. Statt des Sandes nimmt man auch Ziegelmehl, Steinkohlenasche, gemahlene Hochofenschlacken und dergleichen. Da diese Ziegel eine hinreichende rückwirkende Festigkeit haben und dabei sehr billig sind, so nimmt ihre Verwendung immer mehr überhand.

4. Zementsteine werden aus Zement und Sand hergestellt und dienen vorzugsweise zu Pflasterungen, sowie für Wasserbauten.

5. Schlackensteine werden auf manchen Hüttenwerken aus der Hochofenschlacke erzeugt, indem die ausfließenden Schlacken mit Sand und dgl. durchgemengt und in Formen gepreßt werden, worauf die erhaltenen Stücke in einem Kühllofen langsam abgekühlt werden.

6. Korksteine bestehen aus zerkleinerten Korkabfällen, welche mit verschiedenen Bindemitteln, nämlich Ton, Kalk, Wasserglas etc., innig vermengt und in Formen gepreßt werden. Ihr spezifisches Gewicht ist nur 0,3, so daß sie etwa 8mal so leicht sind, als gewöhnliche Mauerziegel; sie sind feuersicher, ziehen keine Feuchtigkeit an und sind außerordentlich schlechte Wärme- und Schall-Leiter. Dabei lassen sie sich wie gewöhnliche Mauerziegel mauern, aber auch wie Holz zersägen und lassen sich mit Nägeln und Schrauben befestigen. Zum Verputz nimmt man einen Mörtel aus frisch gelöschtem Kalk mit Sägespänen von weichem Holz. Die Korksteine werden zur Herstellung leichter Scheidewände benützt, dann zur Trockenlegung feuchter Wände, sowie als Isolierungsmittel zum Zurückhalten der Wärme bei dünnen Wänden, zur Bekleidung von Wasser-Reservoirs etc.

7. Glasbausteine bestehen aus rohem Glas, welches in Formen gegossen und langsam abgekühlt wird. Sie dienen zum vollen Ausmauern der Fensteröffnungen in Räumen, wo keine Fenster angebracht werden dürfen. Besonders praktisch sind die sogenannten Luxfer-Prismen, welche das Licht sehr gleichmäßig über den Raum verteilen.

b) Gebrannte Ziegel.

1. Eigenschaften des Lehms. Die gebrannten Ziegel gründen sich auf die Eigenschaft des Tones, daß derselbe im Feuer steinhart und dann vom Wasser nicht mehr erweicht wird. Der zur Ziegelerzeugung dienende Ton oder Lehm wird fast überall angetroffen, wenn er auch nicht überall so beschaffen ist, daß er ein gutes Ziegelgut bildet. Hierzu ist folgendes nötig.

Der Lehm soll hinreichend plastisch sein, d. h. er soll sich, mit Wasser angefeuchtet, kneten lassen und soll dann eine teigartige Masse bilden, welche beim Kneten nicht zerrißt. Diese Eigenschaft hat der Lehm, wenn er fett ist, d. h. wenig Sand enthält.

Er darf aber weder zu fett, noch zu mager sein. Ist der Lehm zu fett, so schwinden die Ziegel schon beim Trocknen so stark, daß sie reißen, noch mehr aber verziehen sie sich und reißen dann beim Brennen. Ist aber eine hinreichende Menge Sand im Lehm enthalten, so ziehen sich die Ziegel schon beim Trocknen gleichmäßig zusammen, beim Brennen dient dann der Sand dem Lehm als Flußmittel, d. h. es schmelzen oder sintern beide in geringem Grade zusammen, wodurch eben der Ziegel seine Festigkeit erhält. Ist aber der Lehm zu mager, d. h. enthält er zu viel Sand, so kann das teilweise Zusammenschmelzen nicht erfolgen und der Ziegel bleibt selbst nach dem Brennen erdig, bröckelig. Am besten ist es, wenn der Lehm etwa 20—25% Sand enthält. Der Sand muß aber feinkörnig sein, auch dürfen keine größeren Steinbrocken vorkommen, denn dadurch werden die Ziegel schwer und zerbrechlich.

Der Lehm darf keine Eisen- und Schwefelkies-, sowie keine Kalkteilchen enthalten. Ein Gehalt von Eisen- und Schwefelkies hat zur Folge, daß die Ziegel sich abblättern. Ein Gehalt von Eisenoxyd schadet nicht, sondern ist im Gegenteile nützlich, indem durch dieses das Zusammenschmelzen des Lehmes mit dem Sande, also das Hartwerden des Ziegels begünstigt wird. Von dem Eisenoxyd rührt auch die rote Farbe des Ziegels nach dem Brennen her.

Kalkteilchen können im Lehm in zweierlei Form vorkommen und ihre Wirkungsweise ist dann verschieden. Kommt der Kalk in einzelnen größeren Körnern, also als Steinchen im Lehm vor, so werden diese beim Brennen des Ziegels zu Ätzkalk gebrannt. Wird dann der Ziegel feucht, so werden die Brocken gebrannten Kalkes im Innern des Ziegels gelöscht, wobei ihr Volumen größer wird, so daß sie den Ziegel zersprengen. Kommt aber der Kalk pulverförmig und ganz gleichförmig verteilt im Lehm vor, so wird dadurch der Lehm bei einem gewissen höheren Hitzegrade vollkommen schmelzbar, so daß in diesem Falle der Ziegel eine glasartige Beschaffenheit annimmt. Solche Ziegel nennt man dann Klinker; für gewöhnliches Mauerwerk taugen sie nicht, weil sie sich mit dem Mörtel nicht gut verbinden, dagegen sind sie sehr gut für Pflasterungen, zu Kanälen und Wasserbauten.

Ist der zum Schmelzen des Lehms nötige hohe Hitzegrad nicht eingetreten, so wird dann auch der fein verteilte Kalk zu Ätzkalk gebrannt. Wird der Ziegel feucht, so wird der Kalk gelöscht und dringt nach und nach an die Oberfläche des Ziegels, so daß dieser wie mit einem weißen Häutchen überzogen ist. Den Kalkgehalt im Lehm erkennt man daran, daß beim Übergießen des Lehmes mit einer verdünnten Säure Aufbrausen eintritt. Eine solche Untersuchung ist unbedingt nötig bei der Erzeugung von Dachziegeln, für diese darf keine Spur von Kalk vorhanden sein.

2. Bei der Handziegelfabrikation oder Ziegelstreicherei geschieht die Herstellung der Ziegel in folgender Weise.

Im Herbst wird der für den nächsten Sommer nötige Lehm gegraben und in nicht zu großen, besonders in nicht zu hohen Haufen aufgeschüttet. Durch die Einwirkung der Winterfröste zerfällt dieser Lehm und wird zur Ziegelherstellung geeigneter. Wenn man im Frühjahr mit der Fabrikation beginnen will, so wird der Lehm zuerst eingesumpft. Zu diesem Zwecke dienen die Sumpfruben, welche etwa 1.5 *m* tief und mit Ziegeln ausgemauert sind. In diese Gruben kommt eine etwa 15 *cm* hohe Schichte Lehm, welche gut mit Wasser bespritzt wird, dann wieder eine Schichte Lehm, welche wieder bespritzt wird u. s. w., bis die Grube voll ist. So bleibt der Lehm 24—48 Stunden, wodurch er gleichmäßig durchweicht wird. Aus der Sumpfrube kommt dann der Lehm auf den Tretplatz; das ist ein Bretterboden, etwa 2 *m* im Quadrat, mit einem etwa 30 *cm* hohen Rand. Auf diesen Bretterboden kommt eine Lage Lehm, etwa 10 *cm* hoch; ist er noch nicht feucht genug, so wird er noch bespritzt, dann wird der Lehm von Arbeitern mit bloßen Füßen durchgetreten, wobei Steine, Wurzeln etc., welche sich im Lehm vorfinden sollten, herausgeworfen werden. Ist so die Lage gut durchgetreten, so kommt darauf eine zweite u. s. w. Ist der Lehm zu fett oder zu mager, so daß man Sand oder fetteren Lehm beimengen muß, so geschieht dies auf dem Tretplatz. Durch das Treten wird der Lehm gut durchgeknetet und bildsam gemacht.

Für feinere Ziegelsorten, besonders für Dachziegel, dann Ziegel für Rohbauten u. s. w. wird der Lehm geschlämmt. Er wird nämlich mit viel Wasser zu einer dünnflüssigen Masse angerührt und diese wird durch Rühren und Schütteln in Bewegung erhalten, wobei sich Steinchen u. s. w. absetzen, welche durch Siebe beseitigt werden. Die so gereinigte, etwa sirupdicke Masse wird dann in ausgemauerte Gruben abgelassen, wo sie so lange bleibt, bis sie durch Verdunsten und Versickern des Wassers die richtige Konsistenz erhalten hat.

Der getretene oder geschlämte Lehm kommt auf den Streichtisch, wo die Ziegel geformt werden. Dieser Streichtisch ist ein roher Tisch mit großer, starker Platte, auf welche partienweise der Lehm gebracht wird; dann ist auch auf ihm ein Haufen Sand und neben ihm ein großer Trog mit Wasser. Das Formen der Ziegel geschieht in hölzernen

oder auch eisernen Formen. Weil die Ziegel beim Trocknen und Brennen stark schwinden, so muß man aus jeder Lehmsorte zuerst probeweise einige Ziegel herstellen, ihre Dimensionen im frischen Zustande messen, worauf sie gebrannt und wieder gemessen werden, um zu sehen, wie viel die Form größer gemacht werden muß, damit die Ziegel eine bestimmte Größe nach dem Brennen erhalten. Die Form ist ein Kasten in der erforderlichen Größe. Dieser wird zuerst in Wasser getaucht, dann mit Sand ausgestreut und nun nimmt der Ziegelstreicher mit den Händen ein Stück Lehm, drückt ihn in die Form, besonders in die Ecken hinein und streicht mit einer Latte gerade ab. Dann nimmt ein Hilfsarbeiter die volle Form, während er eine leere hinlegt und trägt sie auf den Trockenplatz, d. i. ein freier, ebener, mit Sand bestreuter Platz, wo die Form umgekippt wird, so daß der Ziegel herausfällt und auf seiner breiten Seite einige Tage liegen bleibt, bis er so hart geworden ist, daß er auf die schmale Seite gestellt werden kann.

Zweckmäßiger sind die Formen ohne Boden, welche also nur ein Rahmen sind. In diesem Falle legt der Ziegelstreicher vor sich ein Brettchen, taucht dann den Rahmen ins Wasser, legt ihn auf das Brettchen, streut mit Sand aus und fertigt jetzt den Ziegel wie früher. Dann wird der Rahmen abgehoben, so daß der Ziegel auf dem Brettchen liegen bleibt. Auf den Ziegel legt ein Hilfsarbeiter ein zweites Brettchen und trägt das Ganze auf den Trockenplatz, wo er den zwischen den zwei Brettchen befindlichen Ziegel gleich auf die schmale Seite stellen kann, wodurch viel Raum erspart wird. Auch braucht man bei dieser zweiten Art des Ziegelstreichens nur eine Form, während man bei der ersten Art sehr viele Formen haben muß. Mitunter wird auch die Form bloß ins Wasser getaucht und nicht mit Sand ausgestreut. Solche Ziegel haben dann glattere Flächen, gehen aber nicht so leicht aus der Form heraus. Sind die Ziegel auf dem Trockenplatz so fest geworden, daß man sie anfassen und aufheben kann, so kommen sie in den Trockenschupfen, d. i. ein Dach auf Säulen. Hier werden sie wieder auf die schmale Seite gestellt, aber mehrere Schichten aufeinander, und hier bleiben sie noch 3—4 Wochen, dann können sie gebrannt werden.

Bei der eben beschriebenen Handformerei können 6 Mann, welche zusammen arbeiten, täglich 10.000 Ziegel herstellen.

Für die Herstellung der gewöhnlichen Dachziegel, der sogenannten Flachziegel, ist die Form ein eiserner Rahmen, welcher auf ein Brettchen gelegt wird, dann wird der Lehm hineingedrückt, abgestrichen und dabei gleich ein Lehmpatzen für die Nase stehen gelassen, welche dann mit der Hand geformt wird. Mitunter streicht man glatt ab und klebt dann die Nase extra an, was aber weniger gut ist, weil dann die Nasen nach dem Brennen leicht abbrechen. Dann wird der Rahmen abgehoben und auf den fertigen Dachziegel ein zweites Brettchen gelegt, welches für die Nase einen Ausschnitt hat. Dann werden die beiden Brettchen umgedreht, so daß die Tasche jetzt auf dem zweiten Brettchen liegt, mit der Nase nach unten,

das obere Brettchen wird wieder weggegeben und die Tasche samt dem unteren Brettchen in den Trockenschupfen getragen, wo die Brettchen mit den Taschen auf Gestellen liegen bleiben bis zum vollständigen Trocknen. Die in jetziger Zeit mehr und mehr in Gebrauch kommenden Falzziegel werden in Formen gepreßt.

3. Das Brennen der Ziegel geschieht entweder in Feldziegelöfen, oder in ständigen Öfen. Das erstere geschieht dann, wenn die Ziegel, wie es bei ländlichen Bauten oft geschieht, am Bauplatz selbst erzeugt werden, wenn ein Lehmlager da ist. Die ständigen Öfen finden sich in Ziegeleien. Für einen Feldziegelofen wird ein geeigneter Platz geebnet, etwas erhöht und mit einem Graben umzogen und dann der ganze Platz mit einer Lage der trockenen, ungebrannten Ziegel belegt, welche dicht an einander gelegt werden. Dann werden die Achsen für die Schürflöcher bestimmt und bezeichnet. Jeder Ofen soll mindestens 3 Schürflöcher haben, welche nicht weiter als 2 *m* auseinander liegen dürfen. Jedes Schürloch erhält eine Breite von 35—55 *cm*, es ist immer besser, sie nicht zu breit zu machen. Die Länge jedes Schürloches soll nicht größer sein als 5 *m*, außer wenn sie durch den ganzen Ofen durchgehend hergestellt werden. Hat man also dementsprechend den Raum für die Schürflöcher bestimmt, so stellt man die erste Lage Ziegeln auf ihre schmale Seite, senkrecht auf die Achse der Schürflöcher und soweit von einander, daß ein Daumen dazwischen Platz findet. Darüber kommt die zweite Lage in einer Richtung von 45° zur Achse der Schürflöcher. Die dritte Lage kommt wieder senkrecht u. s. w. Haben die Feuerräume die nötige Höhe, so werden sie überdeckt, indem man in jeder Schichte mit den Ziegeln etwas gegen einander rückt. Die oberste Schichte des ganzen Ofens besteht aus knapp neben einander liegenden Ziegeln. Ringsherum um den Ofen stellt man aus ungebrannten Ziegeln mit Lehmörtel eine $\frac{1}{2}$ Ziegel starke Mauer, das sogenannte Hemd her. Beim Schlichten der Ziegel bleibt man in jeder Schichte etwas zurück, so daß der Ofen sich nach oben verjüngt. Die Herstellung so eines Feldofens für 30.000 Stück Ziegel dauert 3 Tage.

In ständigen Ziegeleien hat man auch ständige Ziegelöfen. Bei diesen sind die Feuerräume aus feuerfesten Ziegeln gebaut und überwölbt, ebenso ist die Umfassungsmauer stärker und fest gemauert und der Ofen hat ein Dach. Das Einsetzen der Ziegel über den Feuerräumen geschieht aber geradeso wie in den Feldziegelöfen. Die Wölbung der Feuerräume ist durchbrochen, so daß die Flamme durchschlagen kann. (Fig. 1 und 2.) In der Umfangsmauer sind Öffnungen zum Ein- und Ausführen der Ziegel, welche vor dem Brennen vermauert werden. Bezüglich des Brennens gilt sowohl für die Feld-, als auch für die ständigen Öfen folgendes.

In den ersten 24 Stunden wird nur ein gelindes Feuer, das Schmauchfeuer, unterhalten, welches den Zweck hat, die Ziegel noch vollständig zu trocknen. Bis sich der dicke Rauch und Wasserdampf verloren hat, wird

das Feuer allmählich verstärkt und dann durch 36 Stunden das Mittel- oder Streckfeuer unterhalten, worauf man dieses zum Glut- oder Großfeuer steigert, welches 5 Tage unterhalten wird. Während des Brennens muß aber auch der Zug des Feuers reguliert werden. Zieht es zu stark nach einer Seite hin, so wird auf diese Stelle über die oberste Ziegelschichte Erde geführt, will man das Feuer mehr nach einer Seite hinziehen, so nimmt man hier in der obersten Schichte, wo, wie schon erwähnt wurde, Ziegel an Ziegel liegt, einen Ziegel weg. Ist die Gare eingetreten, so werden die Schürflöcher vermauert und oben etwa 15 cm hoch Erde ausgebreitet, damit die Abkühlung langsam vor sich gehen und während dieser Zeit kein Luftzug in den Ofen gelangen kann, weil sonst die Ziegel zerspringen würden. Das Abkühlen

dauert 5 Tage, worauf die Ziegel ausgeführt werden, was für 30.000 Stück 2 Tage dauert. Auf 30.000 Stück Ziegel braucht man zum Brennen

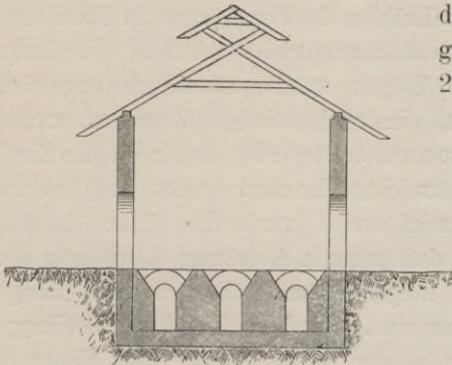


Fig. 1. Schnitt quer durch die Feuer-Räume.

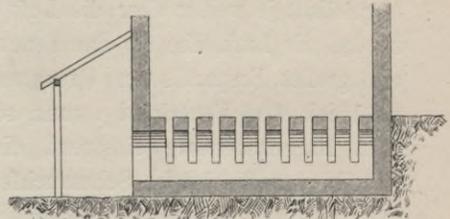


Fig. 2. Schnitt durch die Achse der Feuer-Räume.

90 Rm Holz oder 45—60 Tonnen Steinkohle. In der Nähe der Feuerräume sind die Ziegel stets verglast, oft sogar zu ganzen Klumpen zusammengeschmolzen, während die vom Feuer entfernten Ziegel nur schwach gebrannt sind. Es müssen daher die Ziegel beim Ausführen sortiert werden. Brennt man auch Dachziegel, so müssen diese in die Mitte des Ofens kommen.

In größeren Ziegeleien benützt man gegenwärtig zumeist die sog. Ringöfen, welche für kontinuierlichen Betrieb eingerichtet sind. Ein solcher Ringofen besteht aus einem im Grundriß ringförmigen, im Querschnitt beliebig geformten Ofenkanal, der an verschiedenen Punkten von außen zugänglich und an ebenso vielen Punkten gegen einen gewöhnlich in der Mitte stehenden Schornstein verschließbar ist.

Außerdem kann dieser Ofenkanal an verschiedenen Stellen mittelst eines in Falze dicht passenden Schiebers geschlossen werden, so daß hiedurch der ganze Ofenkanal in eine beliebige Anzahl Abteilungen zerlegt wird.

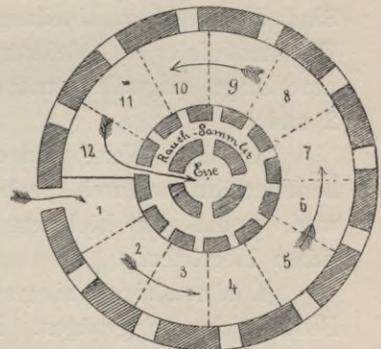


Fig. 3.

Denkt man sich den Ofen, wie in Fig. 3 aus 12 solcher Abteilungen bestehend, alle Abteilungen mit Ziegeln gefüllt und den Ofen im Brand stehend. Das

Feuer wird durch Einstreuen des Brennmaterials (kleine Kohlenstücke) durch Öffnungen, die in der gewölbten Decke des Ofenkanales angebracht sind, unterhalten. Zwischen den Abteilungen 12 und 1 sei der Schieber eingeschoben, der Eingang der Kammer 1 vor dem Schieber ist offen, ebenso der Rauchkanal hinter dem Schieber in der Kammer 12, alle übrigen Eingänge und Rauchkanäle aber sind geschlossen, alle Abteilungen sind untereinander in freier Verbindung. Es wird nun ein Luftzug entstehen, indem die Luft durch den Eingang in die Kammer 1 gelangt, sämtliche Abteilungen durchstreicht und durch den offenen Rauchkanal der Kammer 12 in den Schornstein gelangt.

Die Abteilungen 1—6 enthalten fertig gebrannte Ziegel, welche durch die einströmende Luft allmählich sich abkühlen, das Feuer brennt in Abteilung 7, und wird hier durch Einstreuen des Brennmaterials erhalten, die übrigen Abteilungen enthalten ungebrannte Ziegel, welche allmählich angewärmt werden. In Abteilung 1, wo die Luft einstreicht, sind die Ziegel am meisten abgekühlt, je weiter aber die Luft kommt, desto heißer sind noch die Ziegel, so daß die Luft, ehe sie das Feuer erreicht, sehr stark erhitzt wird, wodurch ein großes Ersparnis an Brennmaterial erzielt wird. Die Hitze eilt aber natürlich dem Feuerherd voraus, so daß auch in Abteilung 8, wo man noch kein Brennmaterial einstreut, die Ziegel schon glühen, in den übrigen Abteilungen 9—12 im Schmauchfeuer sind. Sind die Ziegel in Abteilung 7 gar, was man durch die Öffnungen in der Decke, welche zum Einstreuen des Brennmaterials dienen, beurteilen kann, so streut man das letztere in die Abteilung 8, wo es sich an den glühenden Ziegeln entzündet, und indem man auch inzwischen aus Abteilung 1 die fertigen, abgekühlten Ziegel ausgeführt und neue ungebrannte eingeführt hat, kommt jetzt der Schieber zwischen die Abteilungen 1 und 2, der Rauchkanal in Abteilung 12 wird geschlossen, dagegen in Abteilung 1 geöffnet. Der Eingang zu Abteilung 1 wird geschlossen, dagegen in Abteilung 2 geöffnet. Jetzt strömt die Luft in Abteilung 2 ein und gelangt durch Abteilung 1 in den Rauchkanal. Sind die Ziegel in Abteilung 8 gar, wird das Feuer durch Einstreuen des Brennmaterials in Abteilung 9 weitergeführt, Abteilung 2 wird ausgeführt, neue Ziegel eingeführt, und der Schieber kommt zwischen die Abteilungen 2 und 3.

Auf diese Weise wird das Feuer ununterbrochen um den ganzen Ofen herumgeführt, wodurch die höchste Ausnützung des Brennmaterials erreicht wird, so daß man höchstens $\frac{1}{5}$ der Menge braucht wie in einem gewöhnlichen Ziegelofen.

4. Maschinenziegelei. Die Handziegelei vermag bei größerem Bedarf nicht zu genügen. In größeren Ziegeleien, besonders in der Nähe der Städte mit reger Bautätigkeit ist daher gegenwärtig die Maschinenziegelei eingeführt. Das Auswintern, Einsumpfen und Treten des Lehmes entfällt hiebei; der frisch grabene Lehm wird sofort verarbeitet u. zw. je nach

dem System der Ziegelmaschine trocken, so wie er gegraben wird, oder mit gleichzeitiger Anfeuchtung. Die Ziegelmaschinen sind nach sehr verschiedenen Systemen gebaut, im allgemeinen aber ist bei allen folgendes Prinzip zu finden. In einem zylindrischen oder nach dem einen Ende sich verengenden Kessel befindet sich eine Welle, welche durch Dampfkraft gedreht wird. An dieser Welle stehen schraubenförmig gestellte Messer, welche bis zur Wand des Kessels gehen. Wird in diesen Kessel der gegrabene, entweder ganz trockene oder angefeuchtete Lehm hineingeschüttet, so wird dieser durch die sich drehenden Messer zerrissen und durchgearbeitet. Gleichzeitig wird aber auch der Lehm infolge der schraubenförmigen Stellung der Messer vorwärts gedrückt und dabei zusammengepreßt. Am anderen Ende des Kessels, des sogenannten Tonschneiders, befindet sich das Mundloch, d. h. eine Öffnung, welche dem Ziegelformate entspricht. Durch dieses Mundloch wird der durchgearbeitete und zusammengepreßte Lehm in einem endlosen Strange herausgedrückt, welcher letzterer mittelst Draht in die einzelnen Ziegel zerschnitten wird. Die Maschinenziegel haben in der Regel viel gleichmäßigere Form, glattere Oberfläche und schärfere Kanten, als die Handziegel, auch sind sie infolge der Pressung des Lehms fester und härter, dagegen sind sie auch wieder schwerer als die Handziegel, u. zw. um 15 bis 20%. Dies ist ein bedeutender Nachteil, weil das Gewicht der Bauwerke sehr vergrößert wird. Um diesem Übelstande zu begegnen, stellt man mitunter sogenannte poröse Ziegel her; man mengt nämlich dem Lehm, wenn er in den Tonschneider kommt, verbrennbare Stoffe bei, als: Sägespäne, Grieskohle, Lohe etc. Diese Stoffe verbrennen beim Brennen der Ziegel, so daß diese sehr porös und leicht werden. Die Ziegel haben aber dafür wieder andere unliebsame Eigenschaften, sie haben nämlich keine scharfen Kanten und saugen zuviel Feuchtigkeit an; sie können daher nur im Innern eines Gebäudes verwendet werden, weil sie außen vom Frost leiden würden. Zweckmäßiger sind die jetzt häufig hergestellten Hohlziegel, d. h. Ziegel, welche in der Längsrichtung zwei oder mehr durchgehende Hohlräume haben. Diese Ziegel sind ebenfalls sehr leicht und gewähren noch den Vorteil, daß die daraus gefertigten Mauern sehr schnell und gründlich austrocknen, daher gesunde Wohnungen geben, und außerdem halten die Mauern wegen der in den Hohlräumen eingeschlossenen Luft die Wärme gut zurück.

5. Ziegelarten. Unter den gebrannten Ziegeln sind folgende Arten zu unterscheiden:

a) Mauerziegel, zur Herstellung gewöhnlichen Mauerwerkes, für welche in Böhmen 29 cm Länge, 14 cm Breite und 6.5 cm Dicke gebräuchlich ist.)* Da die Stoßfuge, d. h. die senkrechte Fuge zwischen zwei aneinander stoßenden Ziegeln 1 cm beträgt und die Lagerfuge, d. h. die Fuge zwischen zwei aufeinander liegenden Ziegeln 1.2 cm, so gehen auf 1 Meter Höhe 13 Scharen

*) Vorgeschrieben durch die „Banordnung für das Königreich Böhmen“ vom 8. Jänner 1889.

oder Schichten, nämlich $100 : (6.5 + 1.2) = 13$. Ferner liegen auf einem Quadratmeter in einer Schar: $100 : (14 + 1) = 6.7$ und $100 : (29 + 1) = 3.3$, daher $6.7 \times 3.3 = 22.11$ oder rund 22 Ziegel.

Es kommen also auf einen Kubikmeter Mauerwerk $22 \times 13 = 286$ Ziegel, man rechnet aber gewöhnlich rund 280 oder für Gewölbmauerwerk 300 Stück.

b) Gewölbziegel sind keilförmig und dienen zur Herstellung von Gewölben, um nicht gewöhnliche Mauerziegel zu hauen zu müssen.

c) Pflasterziegel sind entweder ebenfalls rechteckig, zumeist aber quadratisch und schwächer als die Mauerziegel, indem sie nur 2.5—5 *cm* stark sind, sie sind aber scharf, d. h. hart gebrannt.

d) Dachziegel werden in verschiedenen Formen und Größen erzeugt. Die verbreitetsten sind die sogenannten Biberschwänze, Flachziegel oder Taschen. Sie werden in verschiedenen Größen, vielfach 36 *cm* lang, 18 *cm* breit und 1—2 *cm* stark hergestellt, sind oben mit einer Nase zum Aufhängen auf die Dachlatten versehen und unten zumeist abgerundet. Zum Decken des Dachfirstes, sowie der Grate dienen die halbzylindrischen Hohlziegel. In neuerer Zeit werden immer mehr statt der gewöhnlichen Dachziegel die Falzziegel verwendet, welche sich an den Seiten übergreifen.

e) Gesimsziegel werden in größeren Dimensionen hergestellt, 45 bis 60 *cm* lang, 15—20 *cm* breit und 9—12 *cm* dick, und dienen zur Herstellung weiter herausragender Gesimse.

f) Poröse Ziegel, welche bei der Maschinenziegelei bereits erwähnt wurden, aber natürlich auch im Handbetriebe hergestellt werden können, und zumeist für Gewölbe Anwendung finden, die nicht belastet sind.

g) Hohlziegel, die auch schon erwähnt wurden.

h) Klinker, aus kalkhaltigem Lehm scharfgebrannte und daher harte, verglaste Ziegel, welche zu Pflasterungen, Kanal- und Wasserbauten dienen.

i) Feuerfeste Ziegel, welche einen hohen Hitzegrad ertragen, ohne zu schmelzen oder zu zerspringen, welche deshalb zur Herstellung von Feuerungsanlagen, zum Einmauern von Dampfkesseln etc. dienen. Sie werden aus feuerfestem Ton oder aus Kaolin mit Zusatz von Chamotte-Pulver, d. h. zermahlene Kapselscherben der Porzellanfabriken hergestellt.

6. Nötige Eigenschaften und Untersuchung der Ziegel.
Gute Mauerziegel sollen folgende Eigenschaften haben:

a) Sie müssen hart und fest sein und eine hinreichende Druckfestigkeit besitzen, welche wenigstens 78 *kg* pr. 1 *cm*² betragen soll.

b) Sie müssen wetterfest sein, d. h. sie dürfen durch die atmosphärischen Einflüsse nicht abblättern oder zerspringen.

c) Sie sollen ein leichtes und sicheres Zuhauen mit dem Maurerhammer gestatten.

d) Sie dürfen nicht zuviel Wasser an sich ziehen, und zwar binnen 24 Stunden nicht mehr als $\frac{1}{15}$ ihres eigenen Gewichtes, und

e) Sie sollen bis zu einem gewissen Grade feuerfest sein.

Alle diese Eigenschaften haben die Ziegel dann, wenn sie aus einem entsprechenden Materiale gefertigt und gut durchgebrannt sind. Das kann man nach folgendem beurteilen. Wenn man mit dem Hammer an den Ziegel schlägt, den man leicht in der Hand hält, so ist ein heller Klang immer ein Zeichen, daß der Ziegel gut durchgebrannt ist. Nach der Farbe allein kann man das Durchgebranntsein nicht beurteilen, weil diese nur von dem größeren oder geringeren Gehalt an Eisenoxyd herrührt. Die Bruchfläche muß dicht und gleichförmig sein, ohne größere Steinchen oder Kalkkörner zu zeigen.

II. Holz.

Nächst den Bausteinen wird das Holz bei den Bauwerken in größter Menge verwendet; bei einfachen ländlichen Bauten wird es noch zur Herstellung von Blockwänden, dann für Riegelwände, zu Decken und Dachkonstruktionen und endlich für den inneren Ausbau, zur Herstellung von Fenstern und Türen etc. verwendet. Je nach diesen verschiedenen Verwendungsarten sind auch die an das Holz gestellten Anforderungen verschieden.

1. Eigenschaften des Holzes.

Die wichtigste Eigenschaft des Bauholzes, die für alle seine Verwendungen gefordert wird, ist die Dauer, d. h. daß es möglichst lange in unverdorbenem Zustande erhalten bleibt.

Das zur Konstruktion von Wänden, zu Decken- und Dachkonstruktionen verwendete Holz muß auch einen geraden Wuchs und große Elastizität und Tragkraft haben.

Es ist bekannt, daß die Dauer des Holzes eine sehr verschiedene ist, da sie von sehr vielen Umständen beeinflußt wird. Diese Umstände sind:

1. Die Beschaffenheit des Holzes an und für sich;
2. die Behandlung des Holzes von seiner Fällung bis zu seiner Verwendung, und
3. die Art und Weise der Verwendung selbst.

Was die Beschaffenheit des Holzes anbelangt, so kommen dabei zunächst die anatomisch-physiologischen Verhältnisse in Betracht. Es liegt auf der Hand, daß ein fest und dicht gebautes Holz den zerstörenden Einflüssen länger widerstehen kann als ein locker gebautes. Wenn man daher zwei Hölzer derselben Holzart vergleicht, so findet man, daß das dichtere, spezifisch schwerere, auch das dauerhaftere ist. Bei Hölzern verschiedener Holzart darf man aber nach dem spezifischen Gewichte allein nicht urteilen, da z. B. Buche und Birke weit weniger dauerhaft sind, als die leichteren Nadelhölzer. Es kommt eben hiebei ein weiterer Umstand in Betracht zu ziehen, nämlich der Saftgehalt des Holzes. Das frisch gefällte Holz enthält eine große Menge Wasser, im runden Durchschnitt 47%, in welchem verschiedene Stoffe gelöst sind, als: Stärkemehl, Gummi, Dextrin,

Zucker, Farbstoffe, Eiweißstoffe, Gerbsäure, ätherische Öle u. s. w. Die Gerbsäure, die ätherischen Öle und das Harz der Nadelhölzer wirken fäulniswidrig und haben daher auf die Dauer des Holzes einen günstigen Einfluß. Das Wasser an und für sich, sowie die anderen in demselben gelösten Stoffe, besonders die Eiweißstoffe, wirken aber sehr ungünstig. Die reine Holzfaser, der man alle Saftbestandteile entzogen hat, ist nahezu unzerstörbar. Es ist außer Zweifel, daß die Fäulnis des Holzes zumeist durch Pilzwucherungen eingeleitet wird. Die Pilze brauchen aber zu ihrer Entwicklung unbedingt ein gewisses Maß von Feuchtigkeit, welches im Holzsaft gegeben ist. Auch ein anderes Verderben des Holzes, nämlich der „Wurmfraß“, ist an den Holzsaft gebunden, indem die Insekten nicht der reinen Holzfaser, sondern den im Saft gelösten Stoffen nachgehen. Diese im Saft gelösten Stoffe, besonders die Eiweißstoffe, können aber auch schon allein den ersten Anlaß für das Verderben des Holzes geben. Diese Stoffe sind nämlich sehr leicht gärungs- und zersetzungsfähig und können durch ihre Zersetzung auch sehr leicht die Ursache der Zersetzung des Holzes werden. Man ersieht dies daraus, daß ein im vollen Saft, während der Vegetationszeit gefällttes Holz, wo die äußeren Holzschichten mit Nahrungssaft erfüllt sind, rasch blau wird, wenn man es in der Rinde liegen läßt, und die Zerstörung des Holzes folgt bald nach. Trocknet man das schon blau gewordene Holz gut aus, so wird die Zerstörung aufgehalten, so lange das Holz trocken bleibt, sowie es aber wieder feucht wird, schreitet die begonnene Zersetzung wieder fort.

Von dem über den Holzsaft Gesagten kommt man unmittelbar auf den zweiten Punkt, nämlich „Behandlung des Holzes von seiner Fällung bis zu seiner Verwendung“. Wie schon erwähnt wurde, besitzt das Holz unmittelbar nach der Fällung durchschnittlich 47⁰/₁₀₀ Wasser. Bleibt es an der Luft liegen, so verliert es durch Verdunstung allmählich das Wasser, bis sich sein Feuchtigkeitsgehalt gleichstellt mit dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft. Wird die Luft trockener, so wird auch das Holz noch trockener, wird aber die Luft wieder feuchter, so nimmt auch das Holz wieder aus der Luft Feuchtigkeit auf. Da nun diese Feuchtigkeit der wichtigste Faktor für die Zerstörung des Holzes ist, so ergibt sich für die Behandlung des Holzes nach der Fällung die wichtige Regel: „Das Holz soll unmittelbar nach seiner Fällung einem raschen, möglichst vollständigen Austrocknungs-Prozeß unterworfen und in diesem bis zu seiner Verwendung erhalten bleiben, und auch die Verwendung geschehe so, daß das Holz wohl sein Wasser abgeben, aber außer der Luft, kein anderes Wasser aufnehmen kann“. Würde man dies immer berücksichtigen, d. h. würde man immer nur vollständig ausgetrocknetes Holz zum Bauen verwenden, so hätte man sich jedenfalls weit seltener über geringe Dauer des Holzes zu beklagen, als dies gegenwärtig der Fall ist, wo man meist das Holz aus dem Walde unmittelbar nach der Fällung auf den Bauplatz führt. Gegenüber dieser Bedingung, das Holz seinen natürlichen Austrocknungsprozeß vollenden zu lassen, treten sehr viele

Umstände in den Hintergrund, die man sonst noch für die Dauer des Holzes verantwortlich machen will. So wird immer noch vielfach fest daran geglaubt, daß die Fällungszeit maßgebend sei für die Dauer des Holzes. Wenn das Holz unmittelbar nach der Fällung verwendet wird, dann wird freilich das im Sommer im vollen Saft gefällte Holz noch früher verdorben sein, als das im Winter gefällte. Läßt man aber dem Holz gehörig Zeit zum Austrocknen, so dürfte wohl der Umstand sehr wenig zu bedeuten haben, daß im Winter sich in den Zellen zumeist nur Stärke befindet, während im Frühjahr und Sommer eine größere Menge Eiweißstoffe, Gummi u. s. w. im Saft gelöst ist.

Sehr häufig kann man auch die Behauptung hören, daß das geschwemmte Holz von geringerer Dauer sei, als das per Achse transportierte, und zwar will man das mit der im Wasser erfolgten Auslaugung des Holzes motivieren. Wenn man schon von einer Auslaugung der im Holzsaft gelösten Stoffe sprechen will, so wäre diese Auslaugung nur vorteilhaft, weil ja dadurch jene Stoffe entfernt werden, welche zur Zerstörung des Holzes durch ihre Zersetzung nicht wenig beitragen. Der wahre Grund, warum das geschwemmte Holz in vielen Fällen wirklich eine geringe Dauer besitzt, ist nur der, daß dieses nicht gehörig ausgetrocknet ist. Dieses Holz wird im Sommer gefällt und muß daher wegen der Insektengefahr entrindet werden. Infolge der Entrindung und der raschen Trocknung an der Oberfläche erhält es eine Menge Risse. Kaum daß der Austrocknungsprozeß etwas Fortschritte gemacht hat, kommt es dann im nächsten Frühjahr ins Wasser, in dem es wochenlang bleibt und sich wieder vollsaugt. Am Bestimmungsort angelangt, wird es dann in hohe Haufen aufgerollt, wo es wegen Mangel an Luft nicht austrocknen kann, und von hier wandert es auf den Bauplatz.

Die Art und Weise der Verwendung des Holzes ist für seine Dauer entscheidend. Wenn das Holz in trockenen geschlossenen Räumen sich befindet, in welchen die Temperatur das ganze Jahr über gleich bleibt, also in Wohnräumen, da vermag es sich Jahrhunderte lang in unverdorbenem, gebrauchsfähigem Zustande zu erhalten, wie man an vielen Möbelstücken sehen kann. Befindet sich das Holz zwar unter Dach, aber in offenen, der Außenluft zugänglichen Räumen, z. B. in Schuppen, Speichern etc., so daß es dem wechselnden Feuchtigkeitsgehalte der Luft ausgesetzt ist, so ist seine Dauer schon bedeutend geringer. Noch geringer ist sie in Räumen, wo die Luft infolge aufsteigender Boden- oder anderer Feuchtigkeit sehr feucht ist, während zugleich kein Luftwechsel stattfinden kann, z. B. in Kellern, verschlossenen ebenerdigen Lokalen etc.

Befindet sich das Holz ganz und so vollständig unter Wasser, daß der Luftzutritt völlig abgeschlossen ist, so vermag es sich ebenfalls außerordentlich lange unverdorben zu erhalten. Das hunderte von Jahren unter Wasser gelegene Eichenholz ist vollständig erhalten, ganz schwarz und im ausgetrockneten Zustande weit härter als frisches Eichenholz.

Am schnellsten verdirbt das Holz, wenn es wechselnder Nässe und Trockene ausgesetzt ist, daher alles Holz bei Wasserbauten, welches sich am Wasserspiegel befindet und mit dem Steigen oder Sinken des Spiegels bald naß, bald trocken wird. Ebenso alles in die Erde gegrabene Holz an der Oberfläche der Erde, so z. B. Eisenbahnschwellen, Zaunsäulen etc.

Wenn man die verschiedenen Holzarten bezüglich ihrer Dauer vergleichen will, so findet man obenan als das dauerhafteste Holz auch in feuchten Lagen das Eichenholz, diesem schließt sich harzreiches Lärchen- oder Kiefernholz an, und in ständiger Nässe ist auch Tannen- und Erlenholz noch gut brauchbar. Fichtenholz, oder harzarmes Kiefernholz, sowie die anderen einheimischen Laubhölzer können nur in trockenen Lagen eine genügende Dauer versprechen.

Da man sich besonders in neuerer Zeit vielfach über geringe Dauer des Holzes zu beklagen hat, so hat man nach Mitteln gesucht, um die Dauer des Holzes zu erhöhen. Solche Mittel sind:

1. Das allereinfachste und sicherste Mittel ist eine vollständige Austrocknung, welche sofort nach der Fällung zu beginnen und ununterbrochen fortzudauern hat. Das Holz soll erst dann, wenn es ganz lufttrocken ist, verwendet werden, und zwar so, daß es gegen Feuchtigkeit geschützt, und für Luftwechsel gesorgt ist.
2. Schutz des Holzes gegen äußerliche Feuchtigkeit durch entsprechenden Anstrich mit Ölfarben, Teer, Wasserglas etc. oder Anstrich mit zugleich antiseptischen Stoffen, nämlich vorzugsweise mit Produkten der trockenen Destillation, also Teer und verschiedenen daraus hergestellten Stoffen, z. B. Karbolium, Holzessig, Kreosot etc. Bei allen diesen Anstrichen ist es aber von größter Wichtigkeit, daß das Holz vollständig ausgetrocknet ist, ehe es mit dem Anstriche versehen wird, weil sonst die im Innern enthaltene Feuchtigkeit nicht verdunsten kann, und das Übel ist dann nur größer. Die in die Erde zu vergrabenden Teile von Säulen u. dgl. pflegt man häufig durch Verkohlung ihrer Oberfläche zu schützen. Hierbei bekommt aber das Holz viele starke Risse, durch welche erst recht die Feuchtigkeit ins Innere eindringen kann.
3. Imprägnierung des Holzes, d. h. Tränkung mit antiseptischen Stoffen. Früher verwendete man hiezu vorzugsweise eine Lösung von Kupfervitriol, während heutzutage zumeist Zinkchlorid oder Teeröl verwendet wird. Die Imprägnierungsflüssigkeit wird hierbei durch hydrostatischen oder Dampfdruck in das Holz hineingepresst, damit dasselbe möglichst vollständig durchtränkt wird, weil nur dann ein entsprechender Erfolg zu erhoffen ist.

Die Imprägnierung wird gegenwärtig in sehr ausgedehnter Weise für Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen u. a. benützt.

2. Der Hausschwamm.

Der gefährlichste Feind des Holzes in Bauwerken ist der Hausschwamm, auch Holz- oder Tränenschwamm (*Merulius lacrimans* oder *destruens*) genannt, welcher eine immer größer werdende Verbreitung in den menschlichen Wohnungen zeigt, und wo er sich eingenistet hat, in kurzer Zeit alles Holzwerk im Gebäude zerstören kann.

Von wo der Hausschwamm kommt, ist nicht mit voller Sicherheit festgestellt. Tatsache ist, daß er, wenn auch selten, doch im Walde gefunden worden ist. Hartig behauptet, daß wohl in der Regel der Hausschwamm nicht aus dem Walde in die Wohnungen komme, er spricht sogar die Möglichkeit aus, daß der im Walde aufgefundene Hausschwamm dorthin aus den Wohnungen verschleppt worden sei. Hartig glaubt daher nur an eine Verschleppung von Haus zu Haus. Mit dieser Behauptung stimmt aber die Wahrnehmung nicht überein, die man sehr oft machen kann, daß in alten Gebäuden sich solange keine Spur vom Hausschwamm zeigt, als das alte Holzwerk im Gebäude verbleibt. Sowie aber neues Holz in das Gebäude kommt, ist sehr häufig auch der Hausschwamm da. Das spricht jedenfalls für eine Einschleppung mit dem Holz.

Die Entwicklung des Pilzes geschieht aus Sporen, welche etwa 0.01 mm lang sind.*) Bei der Keimung tritt an der Basis der Spore ein Keimschlauch (Hyphe) hervor, welcher sich alsbald in den Holzkörper einbohrt und sich hier unter Aufnahme der Nährstoffe aus dem Holz kräftig entwickelt und reichlich verästelt. So entsteht das den Holzkörper durchziehende fädige Mycelium. Unter günstigen äußeren Verhältnissen wächst das Mycelium über den Holzkörper heraus und bildet Häute, Polster und Stränge. Kann sich das herauswachsende Mycel nicht frei entwickeln z. B. an der unteren Seite der Fußbodenbretter, hinter den Verkleidungen der Türen und Fenster u. s. w., so legt es sich an die Oberfläche des Holzes an und wächst in Form einer Haut weiter. Hebt man diese Haut vom Holz ab, so ist dieses unter der Haut stark feucht. Das Mycel ist weiß, wird beim Berühren zuerst rötlich und dann braun und trocknet an der Luft zu einer graubraunen lederartigen Haut ein. In dem die Oberfläche des Holzes überziehenden oder in der Unterfüllung des Fußbodens sich verbreitenden Mycel treten nach einiger Zeit zuerst feine, dann aber immer dicker werdende, die Stärke eines Bleistiftes erreichende Stränge hervor, welche dem wandernden Mycel auf große Entfernungen die Nahrung aus dem Holz zuführen.

Auf dem kräftig entwickelten Mycel bilden sich dort, wo dieses einer wenn auch nur geringen Lichteinwirkung ausgesetzt ist, die Fruchtkörper des Hausschwammes. Diese haben keine bestimmte Form und Größe. Das Mycel nimmt an seiner Oberfläche eine kreibige Beschaffenheit an, wird dann rötlich und braungelb und es erheben sich unregelmäßig gekrümmte Falten,

*) Siehe: Der echte Hausschwamm von Dr. Rob. Hartig, 2. Auflage, bearbeitet von Dr. C. Freiherr von Tubeuf.

so daß der Fruchtkörper tellerförmig wird. Wenn die Sporenbildung vollendet ist, geht der Fruchträger zugrunde und verfault gewöhnlich unter reichlicher Schimmelbildung. Das lebende Mycel und die lebenden Fruchträger haben einen sehr angenehmen, ganz charakteristischen Geruch, den man in einem Lokale in dem der Hausschwamm in der Entwicklung begriffen ist, bald wahrnehmen kann. Bei der Fäulnis der Fruchträger aber bilden sich sehr widerlich riechende Gase.

Zur Entwicklung der Sporen des Hausschwammes ist vor allem wie für alle Pilze eine entsprechende Feuchtigkeit, sowie stagnierende Luft nötig. Nach den Untersuchungen Hartigs wird durch Luftmangel die Entwicklung gehemmt. Anders verhält es sich dagegen, wenn ein Luftzug herrscht, die zarten Hyphen vertrocknen dann sofort. Durch Wärme wird die Entwicklung begünstigt. Auch das Vorhandensein von Ammoniak und kohlensauerem oder schwefelsauerem Kali begünstigt die Entwicklung. Hiedurch erklärt sich das häufige Auftreten des Hausschwammes in der Nähe der Aborte, oder wenn von den Bauarbeitern die Schuttschichte unter den Fußböden durch Urin verunreinigt wurde, und ebenso, wenn zur Unterfüllung der Fußböden Steinkohlenasche verwendet wurde, weil im Urin schon nach kurzer Zeit Ammoniak auftritt und die Steinkohlenasche die beiden anderen genannten Stoffe enthält.

Da durch den Hausschwamm in verhältnismäßig kurzer Zeit alles Holzwerk eines Gebäudes zerstört werden kann, wodurch ein bedeutender Schaden entsteht, ist es notwendig, bei einem Neubaue alle Vorsichtsmaßregeln zu ergreifen, um der Entstehung des Schwammes vorzubeugen.

1. Man wähle einen trockenen Baugrund. Da man aber in dieser Hinsicht nicht immer freie Wahl hat, sondern einen gegebenen Baugrund benützen muß, wie er ist, so trachte man das Aufsteigen der Grundfeuchtigkeit in das Mauerwerk und in die Unterfüllung der Fußböden zu verhindern. Zu diesem Behufe wird das Grundmauerwerk nicht mit gewöhnlichem, sondern mit hydraulischem Mörtel hergestellt. Zwischen die Fundamentmauern und das oberirdische Mauerwerk kommt über der Bodenoberfläche eine Isolierschichte; entweder kann man zwei bis drei Schichten Klinker, oder wenigstens hart gebrannter Ziegel in Zementmörtel legen oder man gibt über die horizontal abgeglichenen Fundamentmauern eine Schichte Asphalt, indem man geschmolzenen Asphaltmastix darüber gießt, oder über die Fundamentmauern Asphaltfilzplatten legt.

Um auch das Aufsteigen der Feuchtigkeit in die Schuttschichte unter dem Fußboden zu verhindern, verwende man ja nicht Sand oder Asche zur Unterfüllung der Polsterhölzer, da diese beiden Stoffe die Feuchtigkeit gierig ansaugen; auch begünstigt die Asche die Entwicklung des Schwammes, wie oben erwähnt wurde. Am besten ist trockener Lehm, welcher gestampft wird, da dieser die Feuchtigkeit nicht durchläßt. Ist aber die Feuchtigkeit des Baugrundes sehr groß, so sollte diese

durch ein in Zement gelegtes Ziegelpflaster oder durch eine Asphalt-
schichte und bei sehr großer Nässe sogar durch Ziegelpflaster und darüber
Asphalt zurückgehalten werden.

2. Man lege womöglich unter allen ebenerdigen Lokalitäten überwölbte Keller
an oder erhöhe den Fußboden mindestens 50 *cm* über den Erdboden.
3. Ganz ausgezeichnet bewährt sich die Einrichtung, daß man unter dem
Fußboden Luftkanäle anlegt, in welche die Polsterhölzer gelegt werden,
und zwar auf Unterlagen, so daß sie frei von der Luft umspielt werden
können. Fig. 4 zeigt diese Einrichtung im Querschnitt, Fig. 5 im Grund-
riß. Alle diese Kanäle sind untereinander in Verbindung, ebenso mit der
äußeren Luft und mit einem Rauchfange, so daß unter dem Fußboden
und um die Polsterhölzer ein starker Zug entsteht.
4. Zu den Polsterhölzern verwende man nicht schwache und daher sehr
splintreiche Hölzer, sondern man benütze aus stärkerem Holz vierkantig
geschnittene Kernhölzer.
5. Man achte streng darauf, daß keine Ver-
unreinigung des Baues durch die Arbeiter
stattfinde.

Zeigt sich in einem Gebäude der
Schwamm, so kann der Kenner dies schon

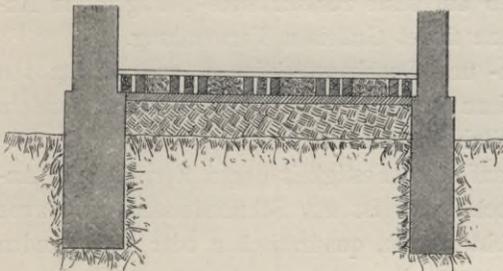


Fig. 4.

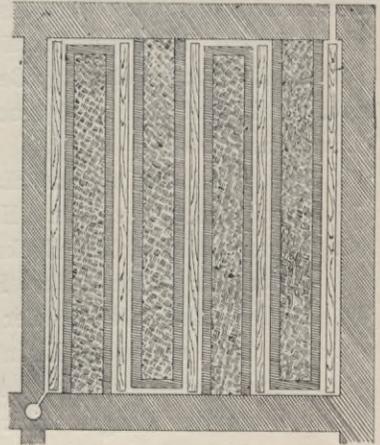


Fig. 5.

sehr bald an dem angenehmen Pilzgeruche, der in den Lokalitäten wahr-
nehmbar ist, erkennen. Mit dem Fortschreiten der Schwammbildung be-
merkt man, daß die Fußbodennägel locker werden und daß der Fußboden
schwankt, und schließlich werden vielleicht die Fußbodenbretter an einigen
stark zerstörten Stellen durchgetreten, auch tritt wohl irgendwo der Schwamm
zutage. Sowie das Vorhandensein des Schwammes konstatiert ist, muß der
Fußboden sofort herausgerissen werden. Alles angegriffene Holzwerk wird
entfernt und am besten verbrannt, damit nicht durch anderweitige Ver-
wendung dieses vielleicht nur schwach ergriffenen Holzes der Schwamm
anders wohin gebracht werde. Der Schutt unter den Polsterhölzern wird
auf 50 *cm* Tiefe herausgehoben und entfernt, dann wird der Mörtel aus den
Fugen des Grundmauerwerkes soviel als möglich herausgekratzt und das
ganze Grundmauerwerk mit scharfen Besen und Bürsten gereinigt. Dann

läßt man den Raum gehörig austrocknen und verputzt hierauf das Grundmauerwerk glatt mit Zementmörtel. Statt des herausgehobenen Schuttes wird nun trockener Lehm eingestampft und unter den Polsterhölzern ein in Zement gelegtes Ziegelpflaster, oder eine Asphaltsschichte und darauf die Luftkanäle hergestellt, in welche die Polsterhölzer auf Unterlagen gelegt werden. Zu den Polsterhölzern nimmt man nur gut trockenes, kernreiches Holz und streicht dieses, sowie auch die Fußbodenbretter auf ihrer Unterseite mit irgend einem schwammabtötenden Mittel mehreremale an. Bewährt hat sich Kreosotöl und Karbolineum. Teer, Kochsalz- und Eisenvitriollösung, Antimerulion und Mycothanaton haben sich nicht bewährt.

III. Das Eisen.

Die Verwendung des Eisens im Bauwesen nimmt immer mehr zu; gegenwärtig werden nicht nur bei großen Bauten, sondern auch oft bei kleineren ganze Dach- und Deckenkonstruktionen, Treppen, Säulen, Träger etc. aus Eisen hergestellt. Wird das Eisen durch einen geeigneten Anstrich gegen Oxydation, d. h. gegen Zerstörung durch Rost geschützt, so besitzen die Eisenkonstruktionen ebensogroße Dauer wie Steinkonstruktionen, sie gewähren große Festigkeit und sind feuersicher. Die wichtigsten Verwendungen des Eisens sind:

1. Säulen, bei welchen das Eisen auf seine rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen wird. Hiezu findet Gußeisen Verwendung.
2. Träger, und zwar für Decken- und Dachkonstruktionen, zum Ersatz von Gurten, für Brücken etc. Hiezu ist Gußeisen nicht verwendbar, sondern es wird Schmiedeeisen oder Stahl verwendet.
3. Schließen, wobei das Eisen auf seine Festigkeit gegen Zerreißen in Anspruch genommen wird. Auch hiezu ist nur Schmiedeeisen, und zwar in Form von Stangen mit rechteckigem, quadratischen oder auch runden Querschnitt verwendbar.
4. Zur Herstellung von Blech, Draht, Nägeln etc. findet gleichfalls Schmiedeeisen Verwendung.

B. Verbindungsmaterialien.

M ö r t e l.

Dieser besteht aus Kalk, Sand und Wasser, welche Stoffe in einem gewissen Verhältnisse zu einer breiartigen Masse gemengt werden, und diese wird in dünnen Lagen in die Fugen zwischen die einzelnen Bausteine gegeben, um diese nach ihrem Erhärten zusammenzuhalten.

I. Kalk.

Um den Kalk zur Mörtelbereitung benützen zu können, müssen die gebrochenen Kalksteine zuerst durch Brennen in Ätzkalk verwandelt werden.

In der Weißglühhitze hört nämlich die Verbindung der Kalkerde mit der Kohlensäure auf, und letztere entweicht. Völlig reiner Kalk besteht aus 56 Teilen Kalkerde und 44 Teilen Kohlensäure, er soll daher durch das Brennen 44⁰/₁₀₀ seines Gewichtes verlieren. Da es aber beim Brennen nicht möglich ist, die Kohlensäure vollständig auszutreiben, so sollte der Gewichtsverlust eigentlich geringer ausfallen, da aber der frisch gebrochene Kalkstein immer auch etwas Wasser enthält, welches beim Brennen ausgetrieben wird, so gleicht sich dies aus, sodaß man nach dem Gewichtsverluste immerhin auf den Grad der Reinheit des Kalkes schließen kann.

Das Brennen des Kalkes kann in Meilern am Felde geschehen, indem man die Steine mit kleiner Kohle schichtet und einen kegelförmigen Haufen formt, der mit Lehm beworfen wird und in welchem ein Kanal zum Anheizen ausgespart wird. Für größeren Betrieb benützt man aber Kalköfen. Man unterscheidet Öfen mit unterbrochenem und Öfen mit ununterbrochenem Betrieb. Die ersteren bestehen aus einem birnförmigen Schacht, der unten durch eine seitliche Öffnung geschürt wird. Von dieser aus zugänglich wird über der Sohle aus großen Kalksteinen eine Art Gewölbe hergestellt, in welchem das Feuer unterhalten wird. Der Raum über dem Gewölbe wird mit Kalksteinstücken ausgefüllt. Bei den Öfen mit ununterbrochenem Betrieb werden die gar gebrannten Steine unten ausgezogen, während von oben immer frische Steine nachgefüllt werden. Auch Ringöfen wie zum Ziegelbrennen finden Anwendung.

Wurde beim Brennen zu wenig Hitze entwickelt, so bleibt im Innern einzelner größerer Steine ein Kern von rohem ungebranntem Kalkstein, welcher beim Löschen des Kalkes als Stein zurückbleibt und Krebs genannt wird. Hat man dagegen zuviel Hitze entwickelt, so erfolgt eine Zusammensinterung der Steine an der Oberfläche, sodaß dieselben beim Löschen kein Wasser aufnehmen können, man sagt dann, der Kalk ist totgebrannt. Der gebrannte Kalk zeigt je nach der Beschaffenheit des Kalksteines sehr verschiedene Eigenschaften. Ganz reiner, von fremden Beimengungen freier Kalk ist nach dem Brennen ganz weiß. In der Regel ist dieser aber infolge der Beimengungen von Ton, Eisenoxyd, Magnesia etc. weißgrau oder gelblich gefärbt.

Je reiner der Kalkstein ist, einen desto fetteren Kalk liefert er, d. h. nach dem Löschen fühlt sich der gelöschte Kalk fett und schlüpfrig an. Zum Löschen dieses ist viel Wasser nötig und es findet eine bedeutende, bis 3¹/₂fache Volumsvermehrung statt. Bei der Mörtelbereitung verträgt fetter Kalk sehr viel Sand. Enthält dagegen der Kalkstein viele fremde Beimengungen, so gibt er m a g e r e n Kalk. Dieser fühlt sich nach dem Löschen sandig an, erfordert zum Löschen wenig Wasser und zeigt dabei eine geringe Volumsvergrößerung, bei der Mörtelbereitung verträgt er wenig Sand.

Ferner ist der Kalk zu unterscheiden als Luftkalk und hydraulischer Kalk. Ein aus Luftkalk bereiteter Mörtel erhärtet nur an der

Luft, während Mörtel aus hydraulischem Kalk auch im Wasser erhärtet. Reiner Kalkstein liefert nur Luftkalk; die Eigenschaft hydraulisch zu sein, erhält der Kalk durch seinen Gehalt an Ton und gleichzeitiges Brennen mit diesem. Der Ton ist eine Verbindung von Kieselsäure und Tonerde. Der Kalk ist bei einem Gehalt von 10⁰/₀ Ton schwach hydraulisch, bei 20⁰/₀ gut, bei 30⁰/₀ sehr gut hydraulisch. Enthält er sogar 40—60⁰/₀ kieselsaurer Tonerde, so heißt er Kalkzement und besitzt ausgezeichnete hydraulische Eigenschaften.

Um den Kalk auf seine hydraulische Eigenschaft zu untersuchen, rührt man den gelöschten Kalk, welcher ein magerer, gelb oder grau gefärbter Kalk ist, mit Wasser zu einem Teig an, fertigt daraus einige Kugeln von 20—25 *mm* Durchmesser und gibt diese nach 30—45 Minuten in ein Glas Wasser. Sind sie nach 24 Stunden so hart und fest geworden, daß sie von dem Fingernagel keinen Eindruck mehr aufnehmen, so ist der Kalk sehr gut hydraulisch. Probekugeln aus nicht hydraulischem Kalke bleiben weich und zerfallen.

Die schwächer hydraulischen Kalke kommen in Stücken in den Handel, wie der gewöhnliche Luftkalk. Die besseren dagegen werden nach dem Brennen zu Pulver zermahlen, welches in Säcken oder Fässern verpackt wird. Der beste Kalkzement ist der englische oder eigentliche Roman-Zement, welcher aus den in der Themse in großer Menge vorkommenden Kalkmergelsteinen hergestellt wird, indem diese gebrannt und dann gemahlen werden. Das Produkt ist dann ein feines, dunkelbraunrotes Pulver, welches in Fässern, luftdicht verschlossen, in den Handel kommt. In frischem Zustande erhärtet es im Wasser in 8—10 Minuten und wird unter Wasser steinhart.

Der Name „Roman“-Zement ist für alle natürlichen Zemente gebräuchlich geworden, welche auch an vielen anderen Orten gebrannt werden.

Gegenwärtig ist man vom natürlichen Vorkommen des hydraulischen Kalkes ganz unabhängig, indem man gelernt hat, durch Mischen und Brennen gewöhnlichen Kalkes mit Ton, künstlichen hydraulischen Kalk zu erzeugen. Dieser hat dem natürlichen gegenüber sogar den Vorteil, daß der Tongehalt stets ein gleicher ist, während bei dem natürlich vorkommenden der Tongehalt und daher die hydraulische Eigenschaft in verschiedenen Schichten des Gesteines sehr wechselt. Dieser künstlich hergestellte hydraulische Kalk kommt unter dem Namen Portland-Zement in den Handel. Dieser Kalk besteht aus etwa 60⁰/₀ Kalkerde und 30—32⁰/₀ Tonerdesilikat. Die übrigen 8—10⁰/₀ sind unwesentliche in den Rohprodukten vorkommende Stoffe. Kalk und Ton in den abgemessenen Quantitäten werden gemahlen und entweder während, oder nach dem Mahlen mit Wasser angefeuchtet. Dann kommt die Masse in einen Tonschneider, wodurch eine innige Durchmischung erzielt wird. Die den Tonschneider verlassende Masse wird in Ziegel zerschnitten, welche getrocknet und dann in Öfen gebrannt werden.

Die gebrannte Masse wird zu feinem Pulver von grauer Farbe zermahlen und in Fässer verpackt. Mit Wasser angemacht, soll guter Portlandzement in 10—20 Minuten, spätestens in 6 Stunden „abbinden“, d. h. erhärten. Bei fortdauernder Berührung mit Wasser erlangt die Masse im Verlaufe einiger Monate allmählich Steinhärte.

II. Mörtelbereitung.

1. Luftmörtel.

Zur Mörtelbereitung muß der gebrannte Kalk (Ätzkalk) gelöscht, d. h. in Kalkhydrat verwandelt werden. Das Löschen des Luftkalkes geschieht in der Regel zu dem bekannten Kalkbrei. Wird weniger Wasser beim Löschen verwendet, so löseth sich der Kalk zu Pulver. Um Kalkbrei zu gewinnen verwendet man einen sogenannten Löschtrog. Das ist ein aus starken Brettern gefertigter Kasten von etwa 2 *m* Länge, 1·5 *m* Breite und 40 *cm* Höhe mit einem Schieber in der einen schmalen Seitenwand. Dieser Kasten wird an die Kalkgrube gestellt, in welcher der gelöschte Kalk aufbewahrt werden soll. Die Kalkgrube wird zweckmäßig mit Ziegeln ausgemauert, die Dimensionen richten sich nach der Menge Kalk, welche aufbewahrt werden soll. Auf dem Boden des Löschtroges werden die Stücke gebrannten Kalkes in einer etwa 10 *cm* hohen Schichte ausgebreitet, und soviel Wasser darauf gegossen, daß die Steine nahezu bedeckt sind. Nach kurzer Zeit beginnt der Kalk zu zerfallen, wobei eine solche Hitze entwickelt wird, daß das Wasser ins Kochen gerät, mit heftigem Gebräuse und Dampfentwicklung. In diesem Momente muß man rasch noch Wasser zugießen und den Kalk mit einem eisernen Rechen durchrühren, bis das Kochen nach und nach aufhört und der ganze Kalk sich in einen ganz dünnen Brei (Kalkmilch) verwandelt hat, worauf man den Schieber aufzieht und den Brei in die Grube ablaufen läßt. Dann wird der Schieber geschlossen, die etwa zurückgebliebenen Kiese herausgeworfen und neue Stücke Kalk in den Trog gebracht. Bei dem Löschen des Kalkes kommt sehr viel auf die richtige Wassermenge und gute Durcharbeitung an. Gießt man, sobald das Kochen begonnen hat, zu wenig Wasser zu, so erhitzt sich der Kalk bedeutend, bakt zusammen und vergrößert dadurch sein Volumen nur unbedeutend. Man sagt dann, der Kalk ist verbrannt. Gießt man dagegen zu viel Wasser zu, so wird der Kalkbrei zu dünn, es sammelt sich dann in der Grube über der Kalkmasse eine grünliche Flüssigkeit an, und man sagt, der Kalk ist ersäuft, wodurch die Eigenschaften des Kalkes sehr leiden. Bei recht gut gebranntem, frischen Kalk brauchen 3 Volumteile dessen 4 Volumteile Wasser, oder nach dem Gewichte 1 *kg* Kalk $2\frac{2}{3}$ *kg* Wasser, und es bildet sich ein Kalkbrei, welcher das $3\frac{1}{2}$ fache Volumen des gebrannten Kalkes besitzt. Älterer gebrannter Kalk, der schon länger an der Luft gelegen und aus dieser Feuchtigkeit aufgenommen hat, nimmt beim Löschen weniger Wasser auf.

Bei Anwendung von weniger Wasser zerfällt der Kalk zu einem feinen Pulver.

Das zum Kalklöschten verwendete Wasser muß möglichst rein und namentlich frei von Kohlensäure sein, auch darf es keine Salze enthalten. Am besten ist Fluß- oder Regenwasser.

In der Kalkgrube wird der Kalkbrei mit der Zeit fetter und speckiger, indem die in dem frischgelöschten Kalk immer noch vorhandenen unaufgeschlossenen Teilchen nach und nach vollständig zerfallen, so daß die Masse gleichartiger und dichter wird. Es soll daher der Kalk vor seiner Verwendung immer eine Zeit in der Grube abliegen. Soll der Kalk längere Zeit in der Grube bleiben, so muß er etwa 30 *cm* hoch mit Sand und darüber mit Brettern überdeckt werden, damit er nicht aus der Luft Kohlensäure aufnehmen und nicht trocken werden kann. Er kann aber dann so mehrere Jahre aufbewahrt bleiben. Hat sich nach dem Löschen über dem Kalkbrei ein grünliches Wasser angesammelt, so muß dieses abgeschöpft werden.

Frisch gelöschten Kalk soll man höchstens zur Mörtelbereitung für Mauerwerk verwenden. Für den Verputz, sowie zu Tünchungen soll nur gut abgelegener Grubenkalk verwendet werden, weil bei frisch gelöschtem Kalk die noch ungelöscht gebliebenen Kalkteilchen sich erst in dem Verputz oder im Anstrich löschen, dabei ihr Volumen vergrößern, so daß der Verputz oder der Anstrich abspringt.

Der zur Mörtelbereitung verwendete Sand muß vor allem rein, d. h. frei von allen erdigen, lehmigen oder humosen Bestandteilen sein. Ferner soll er möglichst scharfkantig sein. Was die Größe der Sandkörner anbelangt, so eignet sich ganz feiner Sand für Putzarbeiten, mittelgrober für Ziegelmauerwerk und ganz grober für Bruchsteinmauerwerk. Man unterscheidet Flußsand und Grubensand. Der erstere ist reiner, aber in der Regel rundlich, während der Grubensand scharfkantig, aber meist verunreinigt ist. Ist letzteres nicht der Fall, so ist der Grubensand vorzuziehen.

Die Menge des Sandzusatzes ist sehr verschieden, indem diese sowohl von der Qualität des Kalkes, als auch von dem Zwecke abhängt zu dem der Mörtel verwendet werden soll. Fetter Kalk verträgt mehr, magerer Kalk weniger Sand, so daß man das richtige Verhältnis eigentlich immer durch Versuche ermitteln sollte. In der Praxis wendet man gewöhnlich folgende Verhältnisse an, wobei stets fetter Kalk vorausgesetzt ist:

1. Für oberirdisches Ziegelmauerwerk auf 1 Teil Kalk, 3 Teile Sand.
2. Für unterirdisches Ziegelmauerwerk auf 1 Teil Kalk, 4 Teile Sand.
3. Für Bruchsteinmauerwerk ebenfalls auf 1 Teil Kalk, 4 Teile Sand.

Das Wasser, welches zum Verdünnen des Kalkbreies bei der Mörtelbereitung verwendet wird, muß rein und frei von Salzen sein, also Regen-, Fluß- oder Brunnenwasser. Der Mörtel für Ziegelmauerwerk muß dünnflüssiger sein, als der Mörtel für Bruchsteinmauerwerk. Besonders bei heißem,

trockenem Wetter, oder wenn die Ziegel ganz frisch, oft noch ganz heiß aus der Ziegelei kommen, saugen diese aus dem Mörtel viel Wasser an sich, so daß dann der Mörtel sehr dünnflüssig sein muß. In diesem Falle sollen aber auch die Ziegel, ehe sie in die Mauer kommen, einige Zeit im Wasser liegen bleiben, weil sie sonst schnell alle Feuchtigkeit aus dem Mörtel an sich ziehen, sodaß dieser trocken wird, ehe er sich mit den Ziegeln verbinden konnte, d. h. ehe aus dem Kalkhydrat durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft wieder kohlensaurer Kalk geworden ist, welcher, wenn auch zunächst nur in einer dünnen Schichte entstehend, doch eine sehr feste Verbindung von Sand, Kalk und Steinen verursacht. Die Ziegel liegen dann nur lose in dem trockenen Mörtel.

Zur Mörtelbereitung wird der Mörteltrog verwendet, ein aus starken Brettern gefertigter Kasten von etwa 2 *m* Länge, 1,5—2 *m* Breite und 0,4 *m* Höhe. In diesen kommt ein Quantum des Kalkbreies, der mit Wasser verdünnt und zu Kalkmilch zerrührt wird, worauf der Sand in kleinen Partien mit der Schaufel in die Kalkmilch geworfen und mit einem eisernen Rechen gehörig durchgearbeitet wird, sodaß jedes Sandkorn von dem Kalk umhüllt erscheint. Guter Mörtel soll in seinem Innern weder weiße Kalkbrocken, noch trockene Sandklumpen zeigen. Jene Art der Mörtelbereitung, wie man sie häufig trifft, wo der Sand mit wenig verdünntem Kalkbrei nur oberflächlich durchgearbeitet und dann dem Maurer zugetragen wird, damit er sich den Mörtel selbst verdünnt, ist nicht gut. Es soll auch immer nur soviel Mörtel bereitet werden, als an einem Tage verbraucht wird.

2. Hydraulischer Mörtel.

Die Bereitung von hydraulischem, d. h. im Wasser erhärtenden Mörtel kann geschehen:

- a) aus natürlichem oder künstlichem hydraulischen Kalk,
- b) aus gewöhnlichem Luftkalk mit hydraulischen Zuschlägen (Zementen).

a) Der in Stücken in den Handel kommende natürliche hydraulische Kalk muß ebenfalls gelöscht werden. In derselben Weise wie der Luftkalk, d. h. zu Kalkmilch, darf aber der hydraulische Kalk nur dann gelöscht werden, wenn er sofort zur Mörtelbereitung verwendet werden soll. Soll aber der gelöschte Kalk, wenn auch nur kurze Zeit, liegen bleiben, so darf er nicht zu Brei gelöscht werden, weil er sonst hart wird; er darf daher nur zu Pulver gelöscht werden. Man schüttet dann nämlich die gebrannten Kalksteine in nicht zu hohe Haufen und bespritzt diese mit einer Gießkanne mit Wasser. Die Steine erhitzen sich und zerfallen. Der Haufen wird mit einer Schaufel umgeworfen, wenn nötig, noch bespritzt, bis alle Steine zu Pulver zerfallen sind. Soll der gelöschte Kalk nicht in nächster Zeit zur Mörtelbereitung verwendet werden, so muß er in einem ganz trockenen Raume, am besten in verschlossenen Fässern oder Kisten aufbewahrt werden.

Die gemahlene hydraulische Kalke und Zemente aber werden gar nicht gelöscht, sondern werden sofort zur Mörtelbereitung verwendet. Bei der Bereitung von hydraulischem Mörtel ist die Verwendung ganz reinen Wassers, sowie ganz reinen scharfkantigen Sandes von besonderer Wichtigkeit. Reiner Zement ohne Sandzusatz erlangt die größte Festigkeit. Er wird oberflächlich angewendet, wo ein Gegenstand der schärfsten Abnutzung ausgesetzt ist. Zum Verputz nasser Mauern nimmt man 1 Teil Zement auf $1\frac{1}{2}$ bis 2 Teile Sand, für Fundamentmauerwerk 1 Teil Zement auf 3—4 Teile Sand.

Man mischt den pulverförmigen hydraulischen Kalk oder Zement trocken mit dem Sand und gießt dann erst das nötige Wasser zu. Beim hydraulischen Mörtel ist es immer besser, mehr Wasser zu nehmen, als zu wenig. Niemals darf mehr Mörtel auf einmal bereitet werden, als in den nächsten 2 Stunden verarbeitet werden kann. Absolut unzulässig ist es, einen bereits erstarrten Zementmörtel mit Wasser wieder aufzurühren. Von besonderer Wichtigkeit ist auch bei der Benützung von hydraulischem Mörtel ein möglichst starkes Annässen der Ziegel, auch ist es sehr gut, die Arbeit während und nach der Vollendung stark mit Wasser zu bespritzen.

Häufig verwendet man auch in der Praxis für Fundamentierungen, Kellerbauten, zum Verputz feuchter Wände etc., gewöhnlichen Luftkalk mit einem Zementzusatz, und zwar 1 Teil Kalkbrei, 1 Teil Zement und 4—7 Teile Sand. Dieser Mörtel erhärtet nicht so schnell, wie reiner hydraulischer Mörtel, ist aber für die angegebenen Zwecke ganz gut verwendbar. Er heißt verlängerter Zement. Ein Gemenge von 1 Teil Portland-Zement und 8—10 Teilen Sand ist als Luftmörtel noch ganz gut verwendbar.

b) Auch mit gewöhnlichem Luftkalk kann hydraulischer Mörtel bereitet werden, wenn zu dem Luftkalk sogenannte hydraulische Zuschläge oder Zemente gegeben werden. Solche Zuschläge sind gewisse natürliche vulkanische Produkte, oder künstlich gebrannter Ton, Asche etc.

Solche Zemente sind:

1. Traßmehl, welches durch Mahlen des vulkanischen Tuffsteines erzeugt wird. Man verwendet 2 Teile Traß und 1 Teil Kalkbrei ohne Wasser, oder 1 Teil Traß, 2 Teile Staubkalk und 1 Teil Sand mit wenig Wasser.
2. Puzzolanerde, ein dem Traß verwandter Stoff, u. zw. 2 Teile Kalkbrei und 3 Teile Puzzolanerde ohne Sand oder 2 Teile Kalkbrei, 1 Teil Puzzolanerde, 1 Teil Sand.
3. Santorinerde.
4. Pulverisierter Bimsstein.
5. Ziegelmehl, u. zw.: 3 Teile Luftkalk, 2 Teile Ziegelmehl und 3 Teile Sand.
6. Steinkohlen-, Braunkohlen- und Torfasche mit Staubkalk und Wasser zu einem dicken Brei angemacht, den man mit Wasserglas durcharbeitet, gibt einen vorzüglichen hydraulischen Mörtel.

3. Betonmörtel.

Dieser besteht aus einem Gemenge von hydraulischem Mörtel und kleinen zerschlagenen Steinen. Dieses Gemenge erhärtet sowohl an der Luft, als auch unter Wasser sehr schnell zu einer zusammenhängenden Masse von großer Festigkeit, so daß der Beton gegenwärtig besonders bei Fundierungen und Wasserbauten viel verwendet wird.

Man stellt zuerst ein Gemenge her, bestehend aus 1 Teil hydraulischem Kalk, u. zw. in der Regel Portland-Zement und 2—3 Teilen Sand. Auf einen Teil dieser Mischung werden zwei Teile kleingeschlagener, etwa 4—6 *cm* großer Steine beigemischt. Die Steine müssen sehr hart sein, scharfkantig und rein. Am besten ist geschlägelter Straßenschotter, welchen man, bevor er mit dem Zement-Sandgemenge gemischt wird, mit Wasser begießt, um die Steine zu reinigen. Die Steine werden mit dem Zement-Sandgemenge gut durchgemischt, so daß jeder Stein gehörig eingehüllt erscheint, dann erst wird das Ganze mit Wasser begossen, durchgerührt und sofort an Ort und Stelle verwendet.

4. Gipsmörtel.

Wird schwefelsaurer Kalk oder Gips gebrannt, dann zu Pulver gemahlen und mit Wasser zu einem Teig angerührt, so erhärtet dieser an der Luft sehr schnell.

Wo man daher ein schnelles Erhärten des Mörtels herbeiführen will, z. B. beim Verputz der Decken, bei Herstellung fein gegliederter Gesimse, gibt man dem gewöhnlichen Kalkmörtel einen Gipszusatz, er erhärtet dann schneller und haftet an Holz und Rohr besser als gewöhnlicher Kalkmörtel. In der Regel nimmt man auf 2—3 Teile fetten Kalkbrei einen Teil Gips. Dieser Mörtel wird in der Weise hergestellt, daß in dem Mörteltrog zuerst die Mischung von Kalk und Sand, und zwar ziemlich trocken vorgenommen wird. Dann wird diese steife, fast trockene Masse auf eine Seite des Mörteltroges geschoben und in dem übrigen Raume mischt man jetzt den Gips mit viel Wasser, worauf das Ganze gründlich durchgearbeitet und der Mörtel sofort verarbeitet wird, weil er sonst noch im Mörteltrog hart wird. Er erhärtet umso schneller, je mehr Gips man zusetzt. Will man, daß der Gipsmörtel besonders rasch hart wird, so gibt man noch $\frac{1}{16}$ des Gewichtes Alaun und $\frac{1}{16}$ Salmiak dazu. Will man dagegen das Erhärten verzögern, so macht man den Gips statt mit reinem Wasser mit dünnem Leimwasser an, wodurch man auch größere Härte erzielt.

Gipsmörtel ist auch dort vorteilhafter als gewöhnlicher Mörtel anzuwenden, wo sich aus faulenden Stoffen freie Salpetersäure bildet, also bei Stallungen, Aborten etc. Die Salpetersäure verbindet sich mit dem Kalk zu salpetersauren Kalk, welcher die Wand mit einem weißen Belag überzieht, begierig Feuchtigkeit aus der Luft anzieht und die Mauern feucht macht. Diese Erscheinung nennt man Mauerfraß, weil durch die beständige

Feuchte die Mauer nach und nach zerstört wird. Verwendet man Gipsmörtel, so ist die Schwefelsäure eine stärkere Säure als die Salpetersäure und kann daher durch letztere nicht ersetzt werden.

Mit Leimwasser angemachter Gips findet bei der Herstellung der Rabitz-Wände Anwendung. Diese bestehen aus einem Drahtgeflecht mit einer Maschenweite von etwa 2 *cm*, welches an oben und unten befestigten Eisenstangen ganz straff befestigt wird. Auf das Netz wird nun ein Mörtel aufgetragen, der so hergestellt wird, daß Gips mit Leimwasser angerührt wird; in diesen Brei werden auch Kuhhaare eingerührt und dann soviel Kalkmörtel, aus 1 Teil Kalk und 3 Teilen Sand bestehend, beigemischt, daß das Ganze einen dicken Brei bildet. Sobald die Masse auf dem Netz, dieses ganz einschließend, erhärtet ist, kommt beiderseits ein Verputz mit einem aus Gips, Kalk und Sand bestehenden Mörtel. Die ganze Wand ist nur 5—6 *cm* dick.

Eine weitere Verwendungsart des Gipses ist die zur Herstellung von Estrichen. Auf eine feste und trockene Unterlage wird einfach grob-gemahlener, mit Wasser angerührter Gips gegossen, und man erhält einen billigen, dauerhaften, feuersicheren Fußboden, der auch für Mäuse unangreifbar ist.

5. Lehmörtel.

Dieser besteht aus Lehm, welcher mit Wasser und verschiedenen Zusätzen, wie Sand, Gerstenspreu, Häckerlingen, Flachsabfällen etc. zu einem Brei angerührt wird. Dieser Mörtel füllt nur die Fugen zwischen den Steinen aus, ohne sie fest zu vereinigen. Er findet daher auch nur Anwendung bei Mauern aus ungebrannten Lehmziegeln, sowie bei Feuerungsanlagen, Feuermauern und ähnlichem, weil er durch große Hitze hart wird. An feuchten Orten ist er absolut nicht verwendbar.

6. Erdmörtel.

Dieser besteht aus gewöhnlicher Gartenerde, welche mit etwas Sand gemengt und mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt wird. Dieser Mörtel dient natürlich nur dazu, die Fugen notdürftig auszufüllen und findet nur Verwendung bei den sogenannten Trockenmauern.

K i t t e.

Ebenso wie der Mörtel werden auch die Kitte in flüssigem oder breiartigem Zustand zwischen zwei Körper gebracht, um diese durch ihr Erhärten zu verbinden. Bei Anwendung jedes Kittes müssen die betreffenden Flächen stets sorgfältig gereinigt werden.

1. Käsekitt wird in der Weise hergestellt, daß frischer, aus der geronnenen Milch ausgeschiedener Käse mit etwa $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes von

zu Staub gelöschtem Kalk zusammengeknetet wird, so daß eine weiche, bildsame Masse entsteht, welche rasch erhärtet; sie muß daher sofort verwendet werden. Um diesen Kitt für Steine zu verwenden, vermengt man den Kalk mit gleichem Gewicht an Ziegelmehl oder feinem Sand, rührt diese Masse mit Wasser zu einem steifen Mörtel an und knetet erst diesen mit dem Käsestoff zusammen.

Zu den Käsekitten gehört auch der Zementkitt, der in der Weise hergestellt wird, daß man Zement mit $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes an feinem Ziegelmehl mischt und mit saurerer Milch zu einem zähen Teig anmacht.

Zum Kitten von Holz kann man 1 Teil gebrannten gepulverten Kalk mit 1 Teil Käse und 1 Teil Eiweiß mengen.

2. Ölkitt wird aus Leinöl oder Leinölfirnis und Bleiglätte, Mennige, Kreide, Ton, Braunstein, Kalk u. dgl. hergestellt. Ein sehr bekannter Ölkitt ist der Glaserkitt, aus Leinölfirnis und Schlemmkreide mit etwas Mennige oder Bleiglätte bestehend. Für Ölkitt für Steine bestehen verschiedene Vorschriften, z. B.:

Gleiche Teile gepulverte Bleiglätte und Quarzsand mit heißem Leinölfirnis, oder:

2 Gewichtsteile Bleiglätte 1 Gt. Sand, 1. Gt. Staubbkalk mit heißem Leinölfirnis, oder:

3 Teile Staubbkalk, $1\frac{1}{4}$ Teil feinsten Quarzsand, $1\frac{1}{4}$ Teil gestoßenes Glas, $1\frac{1}{2}$ Teil feinstes Ziegelmehl, 1 Teil Eisenfeilspäne oder Hammerschlag und 2 Teile Leinöl.

Zum Auskitten von Spalten oder Rissen im Holz kann ein Ölkitt verwendet werden, der aus 1 Gt. Staubbkalk und 2 Gt. Roggenmehl besteht, welche Mischung mit Leinölfirnis zusammengeknetet wird.

3. Harzkitt besteht aus irgend einem Harz, z. B. Pech, Kolophonium, Schellack oder dgl., welches mit irgend welchen Zusätzen als Sand, Ziegelmehl, Kreidepulver, Zement etc. zusammengeschmolzen wird. Die zu kittenden Gegenstände müssen erwärmt und der Kitt ebenfalls heiß in die Fugen gestrichen werden.

Ein Harzkitt für Steine kann hergestellt werden durch Zusammenschmelzen von 1 Gt. Wachs, 8 Gt. Kolophonium und $\frac{1}{4}$ Gt. Gips, oder:

2 Gt. Pech, 1 Gt. Kolophonium, 1 Gt. Mennige und $\frac{2}{5}$ Gt. Ziegelmehl, oder:

Gleiche Teile Pech und Asphalt mit Ziegelmehl.

Um Steine unter Wasser zusammen zu verbinden, kann ein aus 1 Gt. Teer und 2 Gt. Ziegelmehl, welches in den kochenden Teer gerührt wird, bestehender Kitt benützt werden.

Für Fugen in Holzgegenständen schmilzt man 2 Gt. Kolophonium oder Schellack mit 1 Gt. Ziegelmehl zusammen.

Alle Harzkitten widerstehen zwar sehr gut dem Wasser, werden aber in der Wärme weich.

4. Glycerinkitt besteht aus Glycerin und Bleiglätte. Man mischt 5 Teile Glycerin mit 2 Teilen Wasser und rührt auf je 6 cm^3 dieser Flüssigkeit 50 g Bleiglätte ein. Die Masse erstarrt nach einer halben Stunde und widersteht Wasser, Weingeist, Öl, Laugen und Säuren.

5. Leimkitt wird am besten hergestellt aus gutem Tischlerleim, in welchen man Gips einrührt. Dieser Kitt eignet sich sowohl zum Verkitten von Fugen in Holzwerk, als auch zum Kitten von Marmor, Porzellan, Metall auf Glas etc. Um ihn noch besser widerstandsfähig gegen die Feuchtigkeit zu machen, mischt man zu 2 Gt. flüssigem, heißem Leim 1 Gt. Firnis und rührt dann erst den Gips ein.

6. Eisenkitt. Zur Verbindung eiserner Röhren kann man ein Gemisch von 100 Gt. reine, rostfreie Eisenfeilspäne, 1 Gt. Salmiak und $\frac{1}{2}$ Gt. Schwefel mit Essig anfeuchten und die Masse so lange schlagen, bis sie trocken und brüchig geworden ist. Die Fugen des Eisens müssen ganz rein sein, insbesondere frei von Fett und Rost. Die Masse wird in die Fugen mit einem Stemmeisen fest eingetrieben.

Zum Verkitten von Eisen in Stein benützt man entweder geschmolzenen Schwefel oder Blei oder eine Mischung aus 1 Gt. Eisenfeilspäne, 3 Gt. Gips und Leimwasser.

C. Nebenmaterialien.

I. Asphalt.

1. Vorkommen des Natur-Asphaltes.

Unter dem Namen Asphalt werden sehr verschiedenartige Natur- und Kunstprodukte verstanden, welche oft miteinander verwechselt werden. In der Mineralogie werden zur Asphaltgruppe alle Produkte gerechnet, welche der Hauptsache nach aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen und welche in ätherischen Lösungsmitteln löslich sind. Der eigentliche reine Asphalt sieht aus wie Pech, dunkelbraun oder schwarz, hat starken Glanz und muscheligen Bruch. In kochendem Wasser schmilzt er und entzündet sich leicht an einer gewöhnlichen Flamme. Dieser reine Asphalt wird auch Erdpech, Erdharz, kompaktes Bitumen oder Judenpech genannt, er kommt aber sehr selten vor. Er findet sich im toten Meere, wo durch Erdbeben mitunter Stücke vom Grunde losgelöst werden, welche dann auf der Oberfläche schwimmen. Ferner findet er sich auf der Insel Skt. Trinidad, wo er das Becken eines alten Bergsees erfüllt, und ebenso auf der Insel Kuba. Dagegen kommen an vielen Orten der Erde Sandschichten, lockere Sandsteine oder Kalksteine vor, welche von Bergteer durchdrungen sind. Der Bergteer gehört ebenfalls der Asphaltgruppe an, und man nennt die von ihm durchdrungenen Steine deshalb Asphaltsteine.

Der Asphalt bildete schon im Altertume ein sehr wichtiges Baumaterial, besonders wurde er in Babylon benützt, indem die Ziegel mit Asphalt verbunden wurden. Außer zu Bauzwecken wurde der Asphalt auch zu Heilzwecken und in Ägypten zum Einbalsamieren der Leichen verwendet. Das Mittelalter kannte den Asphalt nicht, und findet sich nirgends eine Erwähnung davon. Erst im Jahre 1712 entdeckte der griechische Arzt Eirinis in der Schweiz die Asphaltlagerstätte im Val de Travers und erkannte sofort dessen Verwendbarkeit und Nützlichkeit für Bauzwecke. Er erhielt auch vom Könige von Preußen, der damals Schutzherr von Neuchâtel war, ein Privilegium auf diese Lagerstätte, und bemühte sich, den Asphalt besonders in der Form von Kitt und Anstrichmasse für Holzwerk zu verbreiten. Doch geriet alles wieder in Vergessenheit, bis man im Jahre 1802 in Frankreich und zwar in Seyssel eine Lagerstätte von Asphaltsteinen fand und diese zu Bodenbelägen verwendete.

Die wichtigsten Lagerstätten von Asphaltsteinen, wo jetzt Asphalt gewonnen wird, befinden sich in Frankreich, Italien, in der Schweiz und in Deutschland; Österreich-Ungarn hat keine rentablen Asphaltsteinlager, trotzdem Galizien und Ungarn an bituminösen Produkten sehr reich sind.

2. Gewinnung des Natur-Asphaltes.

Die Asphaltsteine werden so wie andere Steine im Steinbruch gewonnen, ihre weitere Verarbeitung geschieht aber in verschiedener Weise, und zwar:

1. Die Asphaltsteine werden in kleine Stücke zerschlagen und dann in eisernen Kesseln, welche etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt sind, gekocht. Hierbei scheiden sich die bituminösen Stoffe aus den Steinen aus und schwimmen auf dem Wasser, während die Steine und erdigen Bestandteile am Boden des Kessels liegen bleiben. Nach 2—3 Minuten sind alle bituminösen Stoffe ausgeschieden, worauf diese abgeschöpft werden. Die Steine und der Bodensatz werden aus dem Kessel entfernt und neue Asphaltsteine hineingegeben. Der abgeschöpfte Erdteer enthält aber noch Wasser und erdige Bestandteile, weshalb er in einem zweiten Kessel ohne Wasser gekocht wird; hierbei verdampft das Wasser, die erdigen Bestandteile sinken zu Boden und der reine Erdteer kann abgelassen werden. Man gießt ihn in Formen und läßt ihn erkalten, wobei er zu einer schwarzen, glänzenden Masse mit muscheligen Bruch erstarrt, welche in der Wärme wieder weich wird und als Goudron minéral, oder kurz Goudron, in den Handel kommt.
2. Eine andere Verarbeitung der Asphaltsteine erfolgt in der Weise, daß diese zu Pulver zerrieben werden. Zu diesem Behufe werden sie zu nußgroßen Stücken zerschlagen und diese in eigenen Öfen erwärmt, wobei die Steine zerfallen, so daß sie dann leicht zu Pulver zerrieben werden können. Durch die Wärme verflüchtigt sich aber ein Teil des

Bitumens, wodurch die Steine an Wert verlieren, so daß sie jetzt häufiger im kalten Zustande zu Pulver zermahlen werden.

3. In einem Kessel wird eine Quantität Goudron zum Schmelzen gebracht, und wenn die Masse kocht, werden die zermahlenden Asphaltsteine unter ständigem Rühren beigemischt, worauf man die Masse noch durch 1 bis 2 Stunden unter ständigem Umrühren kochen läßt. Hierauf wird die Masse in eiserne Formen gegossen, wo sie nach 6—12 Stunden erstarrt und nun als Asphaltmastix in den Handel kommt, und zwar in Stücken zu 25 *kg*.

3. Künstlicher oder deutscher Asphalt.

Seit dem Aufblühen der Teerindustrie ist die größte Menge des in der Bautechnik verwendeten Asphaltes leider nicht Natur-Asphalt, sondern ein aus Teer mit beigemischten Stoffen hergestelltes Surrogat, welches aber in seinen Eigenschaften dem Natur-Asphalt weit nachsteht.

Bei der fortgesetzten Destillation des Teeres bleibt zuletzt in der Destillierblase eine feste, schwarze Masse, das sogenannte Steinkohlenpech zurück, welches zur Herstellung des künstlichen Asphaltes dient, indem man 16 Gt. Steinkohlenpech, 3 Gt. Erdteer, 48 Gt. pulverisierten Kalkstein, 44 Gt. Quarzsand zusammenschmilzt.

Da dieses Kunstprodukt dem Natur-Asphalt weit nachsteht, so ist es von Wichtigkeit, sich bei Asphalt-Arbeiten nur an ganz bewährte Firmen zu wenden.

4. Verwendung des Asphaltes.

Unter den zahlreichen Verwendungsarten des Asphaltes sollen nur folgende genannt werden:

1. Bodenbeläge. Hierzu verwendet man entweder Asphaltmastix, welcher geschmolzen, mit einem Sandzusatz versehen und dann ausgegossen wird (Asphalt coulé, Gußasphalt), oder man benützt die zu Pulver zermahlenden Asphaltsteine, indem das Pulver erwärmt, ausgebreitet und mit heißen eisernen Stampfern zu einer ebenen Fläche gestampft wird. (Asphalt comprimé.) Oder man benützt dazu aus Asphalt gegossene Platten, welche mit geschmolzenem Asphalt verkittet werden.
2. Asphalt-Isolierungen. Diese haben den Zweck, das Aufsteigen von Feuchtigkeit in die Mauern und unter den Fußboden zu verhüten, was nicht nur als Vorbeugungsmittel gegen den Schwamm, sondern auch in hygienischer Hinsicht sehr wichtig ist. Zu diesem Zweck bringt man über dem horizontal abgeglichenen Grundmauerwerk, ehe man mit dem oberirdischen Mauerwerk beginnt, eine Asphaltschicht an, welche oft auch unter dem ganzen Fußboden über einem Ziegelpflaster oder einer Bétonschicht hergestellt werden sollte. Die Herstellung dieser Isolierungsschicht geschieht am besten in der Weise, daß man geschmolzenen

Asphalt (Mastix) über die Mauern ausgießt, wodurch eine zusammenhängende, für die Feuchtigkeit undurchdringliche Schichte entsteht. Oder man verwendet die zu diesem Zweck hergestellten Asphaltfilzplatten, nämlich mit Asphalt getränkte Filzplatten, welche eventuell noch eine Blei-Einlage haben. Diese Platten müssen so gelegt werden, daß sie sich an den Rändern übergreifen, und diese überragenden Ränder werden mit einem heißen Eisen angedrückt, damit sie sich vereinigen, und etwa noch bleibende Fugen werden mit geschmolzenem Asphalt vergossen, denn die Herstellung einer einzigen zusammenhängenden Schichte ist dabei von größter Wichtigkeit. Oder man benützt zur Herstellung dieser Isolierschichten auch mit geschmolzenem Asphalt getränkte Ziegel, welche mit Asphaltkitt verbunden werden.

Ganz in derselben Weise bringt man auch Isolierungsschichten über den Wölbungen von Steinbrücken an, um das Eindringen des Regenwassers in das Gewölbe zu verhindern.

Finden sich in älteren Gebäuden, welche keine Isolierung haben, feuchte Wände und infolge dessen feuchte Lokalitäten, so können diese letzteren trocken und gesund für die Bewohner gemacht werden, wenn man nicht nur unter den Fußboden eine Isolierschichte anbringt, sondern auch die Wände, nachdem man zuerst den Verputz abgeschlagen hat, mit geschmolzenem Asphalt bestreicht und dann nochmals verputzt.

3. Asphalt-Dacheindeckungen sind wesentlich zweierlei zu unterscheiden, nämlich Dachpappe und Holzzement.

Die Asphalt-Dachpappe ist eine schwedische Erfindung aus dem achtzehnten Jahrhundert, hat sich aber erst seit etwa 70 Jahren bei uns eingebürgert. Dieselbe besteht aus gewöhnlicher Pappe in einzelnen Bogen oder in ganzen Rollen, welche etwa $\frac{1}{4}$ Stunde lang in einem Gemenge von 3 Teilen Steinkohlenteer und 1 Teil Asphalt gekocht wird. Der Teer wird deshalb zugesetzt, damit die Masse dünnflüssiger wird. Viele Fabrikanten verwenden Teer allein, doch ist die Qualität einer solchen Dachpappe eine sehr geringe. Nach dem Herausnehmen der Pappe läßt man diese zwischen zwei Walzen durchgehen, um die überflüssige Masse zu entfernen, dann wird die Pappe auf beiden Seiten mit feinem Quarzsand bestreut, worauf man sie erkalten läßt.

Für die Trockenlegung von Wänden eignet sich ganz besonders die Falzpappe, welche im heißen, weichen Zustand in einer Presse derart  gefaltet wird. Diese Pappe wird an den feuchten Wänden mit Nägeln und Draht befestigt und darüber wird ein Verputz angebracht.

Der Holzzement darf nicht verwechselt werden mit den Kalkzementen. Der erstere ist eine Erfindung des Apfelweinfabrikanten Häusler in Hirschberg und besteht aus harzigen und mineralischen Stoffen. Meistens wird das durch Destillation des Teeres gewonnene Steinkohlen-

pech mit Schwefel und anderen Bestandteilen zusammengeschmolzen. Mit dieser sehr klebrigen Masse werden mehrere Bogen Papier übereinander geklebt.

4. Asphaltröhren für Wasser- und Gasleitungen, Abortschläuche etc. bewähren sich, wo sie keinem sehr großen Drucke ausgesetzt sind, sehr gut. Sie halten einen Druck von 10—12 Atmosphären aus, also etwa wie gebrannte Tonröhren, sind sehr elastisch, leicht, und werden weder oxydiert, noch von Säuren oder Alkalien angegriffen. Sie geben daher auch dem Wasser keinen Beigeschmack.

II. Anstriche.

1. Teeranstriche.

Die Anstriche mit Teer oder verschiedenen Teerprodukten finden zumeist Anwendung für im Freien verwendetes Holz, um dieses gegen die zerstörenden atmosphärischen Einflüsse mit einem schützenden Überzuge zu versehen. Auch Eisenteile, die sich im Freien oder in der Erde befinden, lassen sich durch einen Teeranstrich gut gegen Rost schützen, und selbst Mauern aus ungebrannten Ziegeln lassen sich durch einen Teeranstrich an der Wetterseite gegen Regen schützen.

Zu den Teeranstrichen kann man sowohl Holz-, als auch Steinkohlenteer verwenden. Der Holzteer enthält aber stets Holzessig, welcher das Trocknen des Anstriches verhindert. Es muß daher zuerst die Säure neutralisiert werden, indem man den Holzteer kocht und gebrannten Kalk oder Kreide zufügt, worauf der Teer heiß mit einem Pinsel aufgetragen wird. Ist der erste Anstrich trocken, macht man noch einen zweiten und dritten.

Der Steinkohlenteer muß ebenfalls gekocht und in heißem Zustande aufgetragen werden, damit er dünnflüssig ist und in das Holz besser eindringt. Auch mit diesem werden mehrere Anstriche gemacht.

In neuerer Zeit werden durch Destillation aus dem Steinkohlenteer verschiedene Produkte dargestellt, welche sich besser zum Anstrich für Holzwerk eignen, als gewöhnlicher Teer, weil sie dünnflüssiger sind und daher auch im kalten Zustande sehr gut in das Holz eindringen und doch alle wirksamen Bestandteile des Teeres enthalten. Ein sehr verbreitetes und bewährtes derartiges Produkt ist das Karbolineum, welches zugleich dem Holz eine schöne, braune Farbe gibt.

Von besonderer Wichtigkeit für Holzwerk, welches mit irgend einem Anstriche versehen werden soll, ist es, daß das Holz vollkommen trocken ist, weil sonst der Anstrich eher schadet, als nützt.

2. Farben-Anstriche.

Die Farben-Anstriche sind zu trennen in Wasser-, Leim- und Öl-Farbenanstriche.

1. Die Wasserfarben finden nur Anwendung zur Übertünchung der äußeren und inneren Wände eines Gebäudes. Zu diesem Zwecke verwendet man durch längere Zeit abgelegenen Grubenkalk, welcher mit Wasser zu Kalkmilch zerrührt wird. Hierzu kommt dann ein geringer Zusatz von feinem Sand. Besonders ist dies nötig für sehr glatte, stark angerauchte Wände. Auf diese Weise erzielt man schon eine weiße Tünche. Will man irgend eine Färbung erzielen, so wird zu der Kalkmilch ein Farbstoff gemengt. Gegenwärtig werden zum Tünchen der äußeren Wände eines Gebäudes vielfach die Zementfarben verwendet, die sehr haltbare wetterfeste Anstriche geben, besonders auf neuen Mauern. Auf alten Mauern haften sie sehr schlecht.
2. Die Leimfarben werden von dem Zimmermaler verwendet. Zu ihrer Herstellung wird zerriebene Bergkreide mit schwachem Leimwasser aufgekocht und dann diese Flüssigkeit mit färbenden Substanzen angerührt. Die Leimfarben sind nur im Innern der Gebäude verwendbar, weil sie den Witterungseinflüssen nicht widerstehen. Soll eine Kalkwand mit Leimfarbe angestrichen werden, so muß diese früher mit Milchwasser angestrichen werden, damit die Farben keine Zersetzung erleiden.
3. Die Ölfarben bestehen aus mit Leinölfirnis angeriebenem Bleiweiß und verschiedenen färbenden Substanzen. Die nur aus Firnis und Bleiweiß bestehenden weißen Anstriche werden aber durch Schwefelwasserstoff gebräunt, weshalb man gegenwärtig statt Bleiweiß zumeist Zinkweiß verwendet. Die Zinkanstriche decken aber weniger gut, sodaß man sie öfters wiederholen muß.

Die Ölfarben finden zumeist Verwendung zum Anstrich des Holzwerkes, aber auch für Mauern. Ein Anstrich der Fassade eines Gebäudes mit Ölfarbe ist aber nicht ratsam, weil dadurch jede Ventilation durch die Mauern verhindert wird.

II. Teil. Allgemeine Baukonstruktionen.

A. Mauerwerks-Konstruktionen.

I. Bruchsteinmauerwerk.

Unter Bruchsteinmauerwerk versteht man jedes Mauerwerk, welches aus natürlichen gebrochenen Steinen hergestellt wird. Wegen der unregelmäßigen Form der Steine sind Bruchsteinmauern viel schwieriger als Ziegelmauern herzustellen und erfordern auch mehr Zeit. Auch können Bruchsteinmauern niemals so schwach hergestellt werden wie Ziegelmauern, indem als Minimalstärke für Bruchsteinmauern wohl meist 45 *cm* gelten muß. Da die Bruchsteinmauern ferner nie ganz trockene und daher nicht ganz gesunde und angenehme Wohnungen geben, werden sie zur Herstellung der oberirdischen Mauern eines Wohngebäudes möglichst vermieden. Dagegen finden sie Anwendung zu Fundamenten und im Erd- und Wasserbau.

Bei der Herstellung von Bruchsteinmauern ist besonders darauf zu sehen, daß ein guter Verband erzielt wird. Deshalb sollen die Bruchsteine möglichst lagerhaft sein. Die Herstellung der Mauer geschieht schichtenweise. Zuerst werden die größten Steine auf ihre größte Fläche gelegt, so daß ihre vordere Fläche in die äußere Mauerfläche fällt, dann werden die Zwischenräume zwischen den Steinen mit kleinen Steinen und Kalkmörtel ausgefüllt und es wird jeder Stein mit dem Mauerhammer niedergeschlagen, um ihm ein festes Lager zu verschaffen. Alle Lücken zwischen den einzelnen Steinen müssen sorgfältig mit kleinen Steinresten ausgeschlagen werden. Je nach der Größe der Steine wird eine Schichte von 50—100 *cm* Höhe hergestellt, welche dann oben horizontal mit Mörtel abgeglichen wird, so daß eine ganz ebene horizontale Fläche entsteht. Auf diese werden dann wieder zunächst die größten Steine in ein neues Mörtelbett gelegt, und die Schichte so hergestellt, wie die frühere. Ist die erste Schichte oben schon abgetrocknet, so muß sie vor dem Auftragen neuen Mörtels angespritzt werden. In nicht zu großen Entfernungen müssen immer einzelne lange Steine als „Binder“ durch die ganze Dicke der Mauer gehen. In den Ecken müssen möglichst lange Steine abwechselnd nach beiden Seiten gelegt werden. Bei Fundamenten werden die untersten Schichten aus den größten, schwersten Steinen hergestellt, so daß die einzelnen Steine womöglich durch die ganze Dicke der Mauer reichen.

Geschichtete, schieferige Steine (Tonschiefer, Sand- und Kalksteine) müssen in der Mauer dieselbe Lage bekommen, wie in der Natur, damit sie dem Druck und auch der Verwitterung besser widerstehen.

Der Mörtel für Bruchsteinmauern kann ziemlich steif sein. Bei einer guten Bruchsteinmauer soll an den äußeren Flächen womöglich gar kein Mörtel sichtbar sein, und diese werden auch am besten gar nicht verputzt, sondern nur die Fugen mit Zementmörtel verstrichen oder auch nur mit dem gewöhnlichen Mörtel ganz ausgefüllt.

Auf einen Kubikmeter rohes Mauerwerk rechnet man $1.2 m^3$ Bruchsteine und $0.2 m^3$ Mörtel. Zu $0.2 m^3$ Mörtel benötigt man $0.16 m^3$ Sand und 20 bis 25 *kg* ungelöschten gebrannten Kalk.

2. Ziegelmauerwerk.

Bei der regelmäßigen Form der Ziegel läßt sich leicht ein regelmäßiger, solider Verband herstellen, so daß Ziegelmauern viel rascher hergestellt werden können, als Bruchsteinmauern. Auch kann man viel dünnere Mauern, bis 15, ja selbst bis 7 *cm* Stärke herstellen. Die Mauern setzen sich schnell und gleichmäßig, trocknen schnell aus und geben angenehme und gesunde Wohnräume. Bezüglich des Verbandes gilt vor allem die Hauptregel, daß die einzelnen Ziegel in den verschiedenen Schichten stets so gelegt werden, daß die Stoßfuge zweier Ziegel stets von einem Ziegel in der nächsthöheren Schichte gedeckt wird. Liegt ein Stein überhaupt, mit seiner Länge nach der Längsrichtung der Mauer, so heißt er ein Läufer, und eine ganze Schar (Schichte) solcher Steine Läuferschar. Liegt aber ein Stein seiner Länge nach in der Dicke der Mauer, so heißt er ein Binder, und eine ganze solche Schar Binderschar.

Demgemäß sind folgende Arten von Verbänden zu unterscheiden:

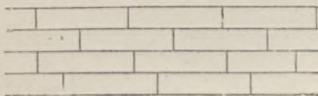


Fig. 6.

1. Der Schornsteinverband (Fig. 6), wo jede Schar aus lauter Läufern besteht. Dieser Verband findet nur Anwendung bei $1/2$ Ziegel starken Mauern.

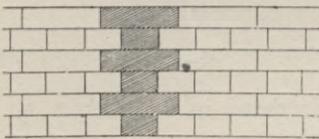


Fig. 7.

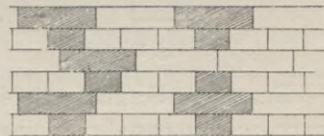


Fig. 8.

2. Der Blockverband (Fig. 7) besteht abwechselnd aus einer Schar Binder und einer Schar Läufer.
3. Der Kreuzverband (Fig. 8) besteht ebenfalls abwechselnd aus einer Schar Läufer und einer Schar Binder, aber es tritt bei den Läufer-scharen ebenfalls Fugenwechsel ein.

4. Der polnische oder gotische Verband (Fig. 9), bei welchem in jeder Schar ein Läufer mit einem Binder wechselt. Dieser Verband findet nur bei Rohbauten Anwendung, welche nicht verputzt werden, oder wenn eine Bruchsteinmauer mit Ziegeln verkleidet wird.

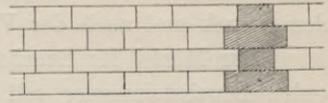


Fig. 9.

Eine weitere Hauptregel ist die, alle Mauern eines Gebäudes möglichst gleichzeitig, immer in gleicher Höhe, aufzuführen, damit der Druck des Gebäudes auf den Baugrund auf allen Stellen gleichmäßig bleibt, weil durch ungleiche Pressung Risse in den Mauern entstehen könnten. Diesen Grundsatz kann man aber nicht immer ganz streng einhalten und es muß dann dafür gesorgt werden, daß die später aufgeführte Mauer mit der schon stehenden in gehörige Verbindung komme, was am besten durch Abtrepung geschieht. (Fig. 10). Die Verzahnung (Fig. 11) soll nur ange-

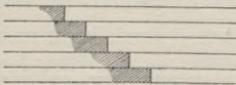


Fig. 10.

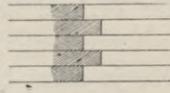


Fig. 11.

wendet werden bei Einbindung von Scheidewauern, oder wenn das Zeitintervall zwischen der Herstellung der beiden Teile nicht groß war, weil sonst durch diese Verzahnung oder Verschmutzung die Setzung der später aufgeführten Mauer nachteilig beeinflußt wird. Bei der Einbindung von Scheidewauern müssen die Schmatzen vertieft angebracht werden, weil hervorstehende Ziegel leicht abgebrochen werden.

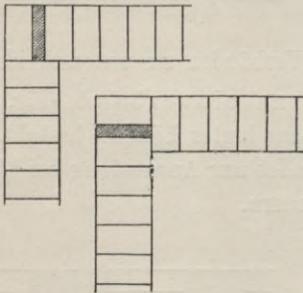


Fig. 12.

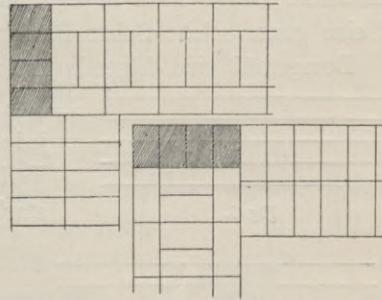


Fig. 13.

Besondere Sorgfalt erfordert der Ziegelverband in den Ecken, wo zwei Mauern zusammenstoßen; einen guten Verband erzielt man hier unter Benützung von $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ Ziegel, die man Quartierstücke nennt.

In Fig. 12 ist eine ein Ziegel, in Fig. 13 eine zwei Ziegel starke Mauer dargestellt. Die übereinander liegenden Schichten sind untereinander gezeichnet. Die Quartierstücke sind schraffiert.

Der Mörtel für Ziegelmauern muß möglichst dünnflüssig sein, weil die Ziegel viel Feuchtigkeit an sich saugen. Bei trockenem, warmen Wetter,

wo die Ziegel staubig sind, dürfen diese nicht so in den Mörtel gelegt werden, weil der Ziegelstaub das innige Anhaften des Mörtels an den Ziegel verhindert. Die Ziegel müssen daher in Wasser eingetaucht werden. Bloßes Bespritzen hilft nichts. Sind die Ziegel ganz frisch gebrannt, so müssen sie sogar eine Zeit lang im Wasser liegen bleiben. Besonders wichtig ist dies bei der Benützung von Zementmörtel. Ehe der Ziegel an seinen Platz gebracht wird, gibt der Maurer eine Quantität Mörtel auf die Stelle und schiebt dann den Ziegel von der Seite her in den Mörtel, sodaß auch etwas Mörtel von unten her in die Stoßfuge dringt, und befestigt dann den Ziegel durch einige leichte Hammerschläge. Sowie aber der Ziegel einmal liegt, darf er nicht mehr verrückt werden, weil der Ziegel sofort einen Teil des Mörtelwassers an sich zieht, womit das Binden des Mörtels beginnt, was durch das Hin- und Herrücken des Ziegels gestört würde. Sowie der Ziegel liegt, wird gleich die Stoßfuge von oben vollständig mit Mörtel ausgefüllt. An den Außenflächen der Mauer aber, welche verputzt werden sollen, werden sowohl die Lager-, als auch die Stoßfugen nicht ganz ausgefüllt, sondern bleiben etwa auf 2—2·5 *cm* Tiefe leer, damit dann später der Verputz besser haftet. Bei Rohbauten, wo die Fugen später sorgsam verkittet werden sollen, geschieht dasselbe. Soll aber die Ziegelmauer ohne Verputz und ohne Verkittung der Fugen belassen werden, so werden die Fugen gleich bis zur äußeren Mauerfläche voll mit Mörtel ausgefüllt.

Auf 1 *m*³ rohes Ziegelmauerwerk rechnet man 280—300 Stück Ziegel und 0·2 *m*³ Mörtel. Zu 0·2 *m*³ Mörtel wird 0·15 *m*³ Sand und 25—30 *kg* ungelöschter gebrannter Kalk benötigt.

3. Quadermauerwerk.

Unter Quadermauerwerk versteht man ein aus größeren regelmäßig behauenen Steinen hergestelltes Mauerwerk. Die Bearbeitung größerer ganz regelmäßiger Quadern geschieht durch den Steinmetz, kleinere Quadern, welche nicht unbedingt genau regelmäßig sein müssen, werden durch die Maurer selbst zugehauen. In der Regel werden nur die äußeren Flächen der Quadern ganz eben bearbeitet, die Lager- und Stoßfugenflächen aber bleiben rau, diese Bearbeitung heißt bossiert. Mitunter bleiben auch die Außenflächen rau und werden nur mit ebenen Rändern versehen, welche man Schläge nennt.

Der Mörtel, welcher aus gutem fetten Kalk und feinem Sand bestehen soll, und welcher dünnflüssig angewendet wird, spielt bei Quadermauern eine untergeordnete Rolle; ein richtiger Verband ist von größerer Wichtigkeit. Einen so ganz regelmäßigen Verband wie bei Ziegelmauern kann man mit Quadern nur äußerst selten herstellen, weil dann alle Quadern gleiche Größe haben müssen, sodaß deren Herstellung sehr kostspielig ist. Man muß daher zumeist nur trachten, Läufer und Binder gehörig abwechseln zu lassen und

jede Stoßfuge durch einen darüber gelegten Stein zu decken. Wenn nicht alle Quadern gleich groß sind, so kann auch diese Überdeckung nicht immer gerade mit der Mitte des oberen Steines erfolgen, doch soll die Überdeckung mindestens 20—25 *cm* betragen. Bei der Bearbeitung der Quadern muß daher darauf gesehen werden, daß die Quadern keine würfelförmige, sondern eine möglichst gestreckte Form haben und daß alle Quadern in einer Schichte genau gleich hoch sind. In den verschiedenen Schichten ist gleiche Höhe nicht nötig. Die Längen und Breiten können verschieden sein. Bei einer reinen Quadermauer muß daher der Steinmetz für jede Schichte einen Plan zeichnen, wie die einzelnen Quadern nebeneinander liegen sollen, und sie müssen numeriert werden. Reines Quadermauerwerk, besonders aus großen Quadern, ist aber selten herzustellen, zumeist wird nur Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk mit Quadern verkleidet, entweder bei Monumentalbauten oder bei Wasserbauten, wo reine Bruchstein- oder Ziegelmauern dem Wellenschlage nicht den erforderlichen Widerstand leisten würden.

Bei der Verwendung von Quadern ist in jedem Falle das „Versetzen“ der Quadern, d. h. sie an ihren Ort bringen, das schwierigste. Bei sehr großen und schweren Quadern müssen dann Hebe-Vorrichtungen (Krahn- und Flaschenzug) benützt werden, um jeden Quader in die Höhe heben und an seinen Platz dirigieren zu können. Ehe der Quader auf sein Lager niedergelassen wird, wird letzteres mit Mörtel bedeckt; die Stoßfugen werden dann mit Lehm oder dickem Kalk verstrichen und mit einem ganz dünnflüssigen Mörtel ausgegossen. Ist dieser fest geworden, so wird der Lehm wieder herausgekratzt und die Fugen mit Zement oder einem Steinkitt verschlossen. Da der Mörtel, wie schon erwähnt wurde, bei dem Quadermauerwerk eigentlich eine untergeordnete Rolle spielt, so legt man schwere, große Quadern häufig ohne Mörtel nebeneinander und verbindet sie entweder mit Steinklammern oder Schwalbenschwänzen. Für die ersteren werden entsprechende, etwas größere Vertiefungen in die Quadern

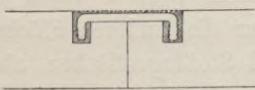


Fig. 14.

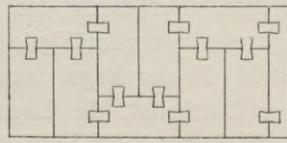


Fig. 15.

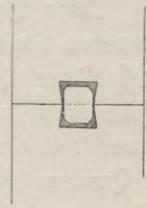


Fig. 16.

gemeißelt, diese werden mit Gipsbrei, geschmolzenem Schwefel oder Blei ausgegossen und dann sofort die Klammern hineingedrückt (Fig. 14). Die Schwalbenschwänze, welche aus Eisen oder Bronze hergestellt sind, werden in genau passende Vertiefungen versenkt (Fig. 15); übereinander liegende Quadern, deren seitliche Verschiebung verhindert werden soll, z. B. bei Pfeilern oder Verkleidungen werden durch Dübel oder Dollen verbunden. Diese werden aus Stein, Eisen oder gekochtem Eichenholz (um das Quellen zu verhindern) hergestellt und mit Zement oder mit Gips, Schwefel oder Blei vergossen (Fig. 16).

4. Gemischtes Mauerwerk.

Hierunter ist ein Mauerwerk zu verstehen, bei welchem verschiedene Bausteine benützt werden. Jene Art dieses Mauerwerkes, bei welcher die verschiedenen Materialien, zumeist Bruchsteine und Ziegel regellos in bunter Mischung vermauert werden und welche man „rein gemischtes Mauerwerk“ nennt, erfordert keine besondere Besprechung, indem eine solche Mauer nach den Regeln für Bruchsteinmauern herzustellen ist. Wichtiger dagegen sind die „Verkleidungen“.

a) Bruchsteinmauerwerk, verkleidet mit Quadern. Diese Art des Mauerwerkes ist besonders wichtig für verschiedene Wasserbauten, um die Bruchsteinmauer gegen den Wellenschlag zu schützen und widerstandsfähiger zu machen. Bei der Herstellung solchen Mauerwerkes dürfen natürlich nicht die beiden Mauern einfach nebeneinander in die Höhe geführt werden, sondern sie müssen in gehörige Verbindung miteinander

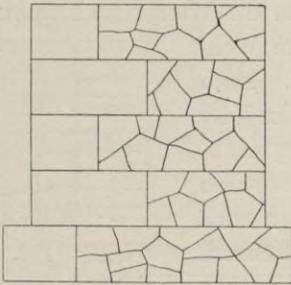


Fig. 17.

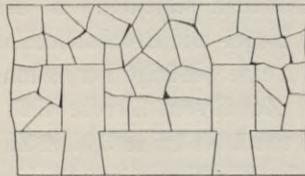


Fig. 18 (Grundriß).

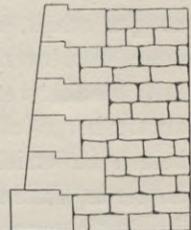


Fig. 19 (Querschnitt).

gebracht werden. Dies erzielt man dadurch, daß die ganze Mauer schichtenweise hergestellt wird (Fig. 17). Zuerst werden in jeder Schichte die Quadern versetzt, wobei man Läufer und Binder abwechseln läßt; natürlich müssen hier ebenfalls alle Quadern der Schichte gleich hoch sein. Hierauf wird hinter den Quadern mit Bruchsteinen, u. zw. bis zur Höhe der Quaderschichte gemauert, und die ganze Schichte horizontal abgeglichen. Dann werden die Quadern der zweiten Schichte versetzt, mit Bruchsteinen hintermauert u. s. w. Das Bruchsteinmauerwerk muß sehr sorgfältig hergestellt und alle Lücken mit kleinen Steinen ausgekittet werden, damit nicht zu viel Mörtel die Fugen erfüllt, weil sich sonst durch das starke Schwinden des Mörtels das Bruchsteinmauerwerk zu stark setzt, wobei die in dieses hineinreichenden Binder der Quadern abgebrochen werden könnten. Das Bruchsteinmauerwerk wird mit gewöhnlichem Luftkalk oder hydraulischem, die Quadern mit hydraulischem oder Zementmörtel hergestellt. Ist die Mauer sehr starken Stößen durch Eis oder Wellenschlag ausgesetzt, so müssen die Quadern durch Klammern oder Schwalbenschwänze miteinander verbunden werden, oder auch in der Weise, daß man die Binder schwach schwalbenschwanzförmig bearbeitet, wodurch die

Läufer am Herausgleiten verhindert werden (Fig. 18). Oder es werden die Quadern in der in Fig. 19 im Durchschnitt dargestellten Weise zugerichtet.

- b) Ziegelmauerwerk mit Quadern verkleidet. Auch dieses Mauerwerk findet bei Wasserbauten oder auch bei Monumentalbauten Anwendung. Es wird ebenfalls schichtenweise hergestellt. In jeder Schichte werden zuerst die Quadern versetzt und dann mit Ziegeln hintermauert. Über das Versetzen der Quadern gilt ganz dasselbe wie früher. Jede Schichte muß horizontal abgeglichen werden (Fig. 20).

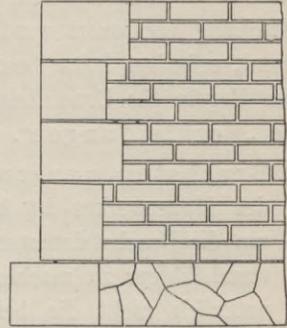


Fig. 20.

- c) Bruchsteinmauerwerk mit Ziegeln verkleidet. Diese Art Mauerwerk wendet man häufig an, wenn Wohnhäuser ganz aus Bruchsteinen erbaut werden; man verkleidet dann die Wände nach innen mit Ziegeln, wodurch man trockenere, gesündere Wohnungen erhält, als bei reinen Bruchsteinmauern. Auch dieses Mauerwerk stellt man schichtenweise her. In jeder Schichte aber werden Ziegel- und Bruchsteinmauer gleichzeitig hergestellt, um eine gehörige Verbindung zwischen beiden zu erzielen. Zu diesem Zwecke läßt man auch immer in Abständen von 1 bis 1.5 m 3 bis 4 Ziegelscharen durch die ganze Dicke der Mauer durchgehen (Fig. 21).

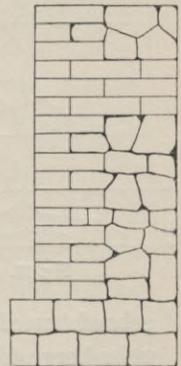


Fig. 21.

- d) Die Sockelplatten-Verkleidung wendet man mitunter auch bei Ziegel- oder Bruchsteinmauern, zu meist aber bei Lehmstein- oder Kalkziegelmauern an zum Schutze gegen das anspritzende Regenwasser.

Es werden nämlich an den Fuß der Mauer Steinplatten von etwa 50 cm Höhe oder darüber gestellt, welche einfach aneinander stoßen. Die äußere Fläche ist glatt behauen, die innere aber ganz rau. Die

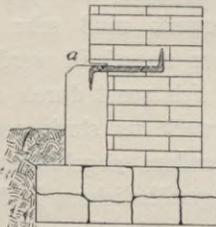


Fig. 22.

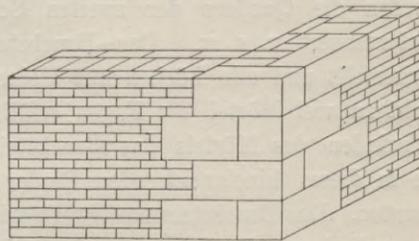


Fig. 23.

Platten müssen etwa 12—15 cm unter die Erdoberfläche reichen und werden durch Klammern mit der hinterliegenden Mauer vereinigt. Die Fugen zwischen je zwei Platten werden mit Zement verkittet (Fig. 22).

Zwischen den Platten und dem darüber liegenden Mauerwerk muß ein kleiner Raum *a* bleiben, damit bei der Setzung die Platten nicht zerdrückt werden.

- e) Die Armierung der Ecken mit Quadern findet häufig Anwendung zur Erhöhung der Festigkeit durch einen soliden Verband, und zwar sowohl bei Bruchstein-, als auch bei Ziegelmauerwerk, besonders in Gegenden, wo Quadern leicht zu beschaffen sind (Fig. 23).

5. Kalkziegelmauerwerk.

Der Bau mit Kalksandziegeln geschieht so, wie mit gebrannten Ziegeln, nur ist folgendes zu beachten. Vor allem sind diese Ziegel nicht für Grundmauerwerk zu benützen, sondern das Fundament ist aus Bruchsteinen bis 1 *m* oder 0·5 *m* über die Erdoberfläche herzustellen. Will man schon unmittelbar über der Erdoberfläche mit Kalksandziegeln bauen, so müssen Sockelplatten gegeben werden. Ferner muß man beachten, daß die Ziegel wohl fest und hart sind, aber doch viel leichter zerbrechen, als gebrannte Ziegel, es muß daher das Daraufklopfen mit dem Hammer unterbleiben. Die Ziegel werden nur in den Mörtel gelegt und mit der Hand fest gedrückt. Die Mörtelfuge wird sehr dünn gemacht, etwa 3 *mm*, es muß also zum Mörtel feinkörniger Sand verwendet werden. Ein Anfeuchten der Ziegel ist nicht notwendig, weil ja Ziegel und Mörtel aus demselben Materiale bestehen, so daß also auch nach dem Trockenwerden des Mörtels die Mauer sozusagen ein einziges gleichmäßiges Stück bildet. Aus diesem Grunde eignen sich die Kalksandziegel sehr gut für nicht belastete Gewölbe. Diese Ziegel lassen sich aber nicht so gut zuhauen, wie gebrannte Ziegel, man muß daher bei kleinen Bögen entweder keilförmige Ziegel verwenden, oder man benützt zwar gewöhnliche Kalksandziegel, stellt aber die Fugen keilförmig her.

6. Der Lehmsteinbau.

Beim Bau verschiedener ländlicher Gebäude werden häufig die ungebrannten Lehmsteine ihrer Billigkeit wegen verwendet. Solchen Mauern muß man aber ein Fundament von Bruchsteinen oder gebrannten Ziegeln in Kalkmörtel bis etwa 0·5 bis 1 *m* über dem Erdboden geben, um sie vor der Grundfeuchtigkeit, wie auch vor dem anspritzenden Regenwasser zu schützen. Zum Schutze gegen die Grundfeuchtigkeit ist auch eine Isolierungsschicht aus gebrannten Ziegeln in Zementmörtel oder eine Asphaltsschicht oder wenigstens eine Lage Dachpappe ratsam. Auch ist es gut, solche Gebäude mit einer Umpflasterung zu versehen. Als Mörtel für Lehmsteine nimmt man dünnen Lehmmörtel, welchem Flachsabfälle oder gehacktes Stroh beigemischt werden. Die Steine müssen mit dem Hammer festgeklopft werden. Die Fugen auf den Außenflächen bleiben auf etwa 2 *cm* Tiefe leer. Tür- und Fensteröffnungen werden am besten mit gebrannten Ziegeln ausgemauert

und überwölbt. Die äußeren Flächen der Lehmsteinmauer bedürfen selbstverständlich besonders auf der Wetterseite eines Schutzes gegen den Regen. Ein Verputz mit Kalkmörtel hält jedoch schlecht, fällt fortwährend ab und erfordert beständige Reparaturen. Um ihn besser haftend zu machen, müssen die Mauern vor dem Verputzen vollständig trocken sein und werden vorher mit einem Besen gereinigt und hierauf stark angenäßt. In die Fugen schlägt man kleine Stückchen von gebrannten Ziegeln oder Dachziegeln und mengt auch dem Putzmörtel Ziegelmehl bei. Sehr gut eignet sich zum ersten Anwurf ein Gemenge von einem Teil gelöschtem Kalk, drei Teilen Lehm und zwei Teilen Sand. Ist der erste Anwurf trocken, kommt darüber ein zweiter aus gewöhnlichem Kalkmörtel, welcher glatt gerieben wird. Häufig verputzt man aber die Wände nur mit demselben Lehmmörtel, den man auch zum Bau benützt und schützt die Wände an der Wetterseite durch einen dreimaligen Teeranstrich, über welchen man dann einen Anstrich von Weißkalk gibt. Die inneren Flächen des Gebäudes werden nur mit Lehmmörtel verputzt und mit Kalk getüncht. Selbstverständlich können Lehmsteinmauern nur bei trockener Witterung hergestellt werden. Sollte Regenwetter die Arbeit längere Zeit unterbrechen, so müssen die unvollendeten Mauern durch Bedecken mit Brettern oder Stroh vor dem Regen geschützt werden.

7. Trockenmauern.

Hierunter versteht man Mauern aus Bruchsteinen, welche ohne Mörtel hergestellt werden. Damit die einzelnen Steine ein besseres, festeres Lager erhalten, werden die Fugen am besten mit Moos, mitunter auch mit Erde ausgefüllt. Solche Mauern werden zwar nicht im Hochbau, dagegen sehr häufig im Wasser- und Straßenbau verwendet. Wo sehr viele Bruchsteine vorhanden sind, kommen die Trockenmauern bedeutend billiger als Mörtelmauern, trotzdem sie weit stärker als letztere hergestellt werden müssen. Haben die Trockenmauern eine gehörige Stärke und sind sie sorgfältig aus großen Steinen mit gutem Verbande hergestellt, so vermögen sie sehr gut dem Seitendrucke der Erde Widerstand zu leisten. Ein besonderer Vorteil der Trockenmauern ist der, daß sie das in die Hinterfüllung eingedrungene Regenwasser überall durchlassen. An der Vorderfläche erhalten die Trockenmauern in der Regel einen starken Anzug (Böschung) von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Höhe und auf der Rückseite einige Abstufungen. Häufig werden die äußeren Fugen mit hydraulischem Mörtel verschlossen.

8. Trümmermauerwerk.

Diese Art Mauerwerk findet wohl heutzutage sehr selten Anwendung, dagegen wurde solches in alten Zeiten vielfach angewendet. Hiebei wird die vordere und hintere Mauerfläche aus Ziegeln oder Bruchsteinen auf-

gemauert und der Zwischenraum mit einem Gemenge von gutem Mörtel und scharfkantigen Steinstückchen ausgefüllt, welches eingestampft wird. Die Mauer wird schichtenweise in Schichten von 1 bis 1.5 *m* hergestellt und man läßt stellenweise Binder durch die ganze Dicke der Mauer durchgehen.

9. Betonmauerwerk.

Die Herstellung des Betons oder Betonmörtels wurde bereits bei der Mörtelbereitung besprochen. Betonmauerwerk kann man eine Mauer nennen, welche ganz aus Beton besteht, welcher zu einer einzigen zusammenhängenden Masse erhärtet, und zwar sowohl an der Luft, als auch unter Wasser.

Am häufigsten wird der Beton zu Fundamentierungen angewendet. Ist die Baugrube trocken, so wird deren Sohle sorgfältig geebnet, der Beton schichtenweise etwa 8—10 *cm* hoch ausgebreitet und eingestampft. Es muß aber ununterbrochen Schichte über Schichte eingestampft werden, damit keine Trennung zwischen den einzelnen Schichten erfolgt und sich diese zu einem einzigen zusammenhängenden Stücke vereinigen. Muß die Arbeit aus irgend einem Grunde länger als durch drei Stunden unterbrochen werden, so ist die Oberfläche schon so hart geworden, daß eine neue Schichte sich mit der alten nicht mehr vereinigen würde. Es muß daher zuerst die Oberfläche mit einem eisernen Rechen aufgekratzt, aufs Neue festgestampft und dann erst eine neue Schichte daraufgegeben werden. Ist die Baugrube mit Wasser erfüllt, so braucht dieses nicht ausgeschöpft zu werden, sondern der Beton wird direkt in das Wasser geschüttet, kann aber dann natürlich nicht festgestampft werden. Zum Schütten benützt man einen hölzernen trichterförmigen Kasten ohne Boden, welcher mit Rädern *r* versehen ist und auf hölzernen oder eisernen Schienen langsam fortbewegt wird. Am unteren Rande hat der Kasten zwei Walzen *w*, welche den herausfallenden Beton ebnen und festdrücken (Fig. 24). In fließendem Wasser muß aber verhütet werden, daß der Beton nicht vor seinem Erhärten fortgeschwemmt wird. Zu diesem Zwecke umgibt man die Baugrube mit einer Spundwand aus Brettern oder Pfosten, die aber nicht wasserdicht zu sein braucht, da sie nur die Strömung verhindern soll. Auch füllt man bei starker Strömung den Beton in schütterere Säcke, welche dann neben- und übereinander versenkt werden. Es erfolgt ebenfalls vollständige Vereinigung.

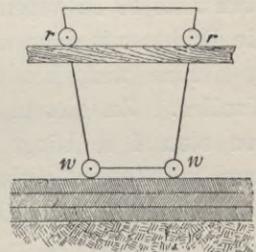


Fig. 24.

Auch oberirdische Mauern stellt man jetzt häufig aus Beton her, z. B. für Wasserbassins etc. In diesem Falle müssen, sobald die Betonschüttung die Erdoberfläche erreicht hat, sogenannte Formkästen aus Brettern aufgestellt werden, zwischen welche der Beton eingestampft wird. Diese Formkästen bestehen aus einzelnen Tafeln, welche durch Querhölzer mit durchgesteckten Keilen zusammengehalten werden. Die Tafeln bestehen aus

aneinandergefügten Brettern mit Querleisten. (Fig. 25 u. 26.) Auch Eckstücke müssen natürlich vorhanden sein. Ist die Schichte nach 1 bis 2 Tagen genügend fest geworden, so werden die Formkästen durch Herausschlagen der Keile und Querhölzer auseinander genommen und höher aufgestellt. Die von den Querhölzern verbleibenden Öffnungen werden nachträglich ausgefüllt. Gewölbe können aus Beton hergestellt werden, indem ein verschaltes Lehrgerüste hergestellt wird wie zum Baue eines Gewölbes aus Ziegeln oder Steinen, und der Beton wird auf die Schalung gestampft, welche nach dem Erhärten samt dem Lehrgerüste entfernt wird. In derselben Weise durch Aufstampfen des Betons auf eine ebene, auf einem Lehrgerüste befindliche Schalung kann man auch ganz gerade Decken herstellen. was besonders bei feuerfesten Decken

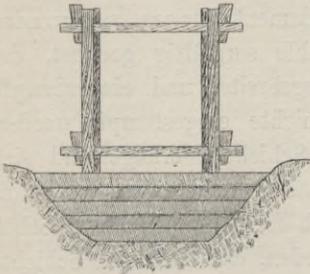


Fig. 25.

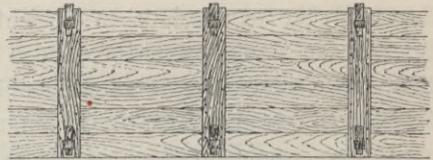


Fig. 26.

mit Traversen geschieht. Nach dem System Monier legt man sowohl bei gewölbten als auch geraden Betondecken, nachdem man den Beton bis zur Hälfte der Dicke der Decke hergestellt hat, ein großmaschiges Drahtnetz darüber und stampft dann die weitere Hälfte der Decke, sodaß das Netz in der Mitte der Decke eingeschlossen wird. Hiedurch wird die Tragfähigkeit der Decken außerordentlich erhöht. Das Netz besteht aus stärkeren etwa 5 bis 10 *mm* starken Längsdrähten, welche etwa 10 *cm* voneinander entfernt sind, und etwas schwächeren 3 bis 7 *mm* starken Querdrähten, welche etwa 5 bis 10 *cm* voneinander entfernt sind. In den Kreuzungspunkten sind die Drähte mit dünnem Draht zusammengebunden.

Eine weitgehende Anwendung findet der Beton zur Herstellung von Kanälen. Zu diesem Zwecke werden Rohre mit eiförmigem Querschnitt von etwa 1 *m* Länge in Formen aus Beton gestampft und diese Röhren dann mit Zement verbunden.

Größere Betonarbeiten übergibt man am besten einer der zu diesem Zwecke bestehenden zahlreichen Firmen zur Ausführung.

10. Pisébau.

Die Piséwände bestehen aus einem einzigen zusammenhängenden Stück, welches durch Einstampfen des Pisé zwischen Formtafeln hergestellt wird. Man unterscheidet Lehm pisé und Kalksand pisé.

Zu Lehm pisé kann mit Ausnahme von trockenem Sand und zu fettem Lehm jede Erdart verwendet werden. Die besten Pisémauern liefert

der sandige Lehm. Dieser darf aber weder zu trocken noch zu naß sein und wird am besten in frisch gegrabenem Zustande verwendet. Es darf daher auch nicht zu viel auf einmal gegraben werden, damit er nicht zu stark austrocknet.

Die Lehm-*Pisé*wände müssen ein aus Steinen oder gebrannten Ziegeln gemauertes Fundament von 0.50 bis 1.0 *m* über dem Erdboden erhalten, auf welchem dann erst die *Pisé*wand durch Stampfen zwischen Formtafeln errichtet wird. Die Fenster- und Türöffnungen werden durch eingefügte hölzerne Rahmen hergestellt. Das Einstampfen geschieht stets schichtenweise, und es muß auf gute Vereinigung der Schichten gesehen werden. Sollte der gegrabene Lehm zu rasch trocknen, so daß keine gehörige Vereinigung der Schichten erfolgen würde, so muß er mit einer Brause mit Wasser angefeuchtet werden. Kommen Scheidewände vor, so müssen diese zuerst hergestellt werden und etwas in die später herzustellenden Umfangswände hineinreichen, damit sie mit diesen sich gut vereinigen.

Die Lehm-*Pisé*wände können auch, wenn sie vollkommen trocken geworden sind, nicht früher als ein Jahr nach ihrer Herstellung, abgeputzt werden. Zu diesem Zwecke werden die *Pisé*wände zuerst mit Einkerbungen versehen, damit sie rauh werden und der Verputz besser haften. Nachdem sie mit einem Besen gereinigt worden, werden sie mit einem Gemenge aus 1 Teil Kalkbrei, 3 Teilen Lehm und 2 Teilen Sand beworfen, worauf dann der glatte Abputz mit Kalkmörtel kommt. Statt die *Pisé*wände zwischen Formtafeln aufzustampfen, werden auch mitunter zwei $\frac{1}{2}$ Ziegel starke Mauern aus ungebrannten Lehmziegeln aufgemauert und zwischen diese das *Pisé* eingestampft.

Zu Kalksand-*Pisé* nimmt man Sand und für trockene Lagen Luftkalk, für feuchte dagegen hydraulischen Kalk. Der Sand muß ganz rein von erdigen Teilen und scharfkantig sein. Der Kalk soll wenigstens ein Jahr in der Grube abgelagert sein. Auf 1 Teil Kalk kommen 8 bis 12 Teile Sand, auch können Steinchen bis zur Nußgröße beigemengt sein. Dieses Gemenge wird gehörig durchgearbeitet und zwischen Formtafeln eingestampft. Ein gemauertes Fundament ist nicht nötig, die Fundamente werden auch aus *Pisé* hergestellt, und zwar aus 1 Teil Luftkalk, 1 Teil Portlandzement und 6 bis 8 Teilen Sand bestehend. Dieses Gemenge kann auch zur Herstellung von Gewölben benützt werden. Im übrigen geschieht die Arbeit, so wie bei Betonmauern. Damit sich die Schichten gehörig vereinigen, muß jede schon etwas hart gewordene Schichte oben aufgekratzt werden, ehe man eine neue einstampft. Um russische Rauchfänge herzustellen, wird ein zylindrisches, 16 *cm* im Durchmesser haltendes Holzstück im Formkasten aufgestellt und mit *Pisé* umstempft. Das Holzstück wird vorsichtig immer höher gezogen und so die Röhre immer höher hinauf verlängert. Für Tür- und Fensteröffnungen werden hölzerne Rahmen aufgestellt und eingestampft. Das Dachgebälke wird ohne weiteres auf die Lehm- oder Kalksand-*Pisé*mauer, sowie

auf eine Steinmauer gelegt. Die Pisébauten kommen sehr billig. Es ist dazu nur ein Maurer nötig zum Aufstellen der Formkästen und Beaufsichtigung der übrigen Arbeiter, welche die Masse herstellen und einstampfen und welche gewöhnliche Tagelöhner sein können.

In Schweden werden vielfach Arbeitshäuser aus Kalksandpisé hergestellt. Die Wände werden voll aufgestampft und die Tür- und Fenster-Öffnungen nach dem Erhärten mit einer Säge herausgeschnitten.

II. Rabitz-Wände.

Für dünne Scheide-Wände, welche möglichst wenig Platz einnehmen sollen oder welche auf keiner Mauer stehen können, sind die Rabitz-Wände sehr empfehlenswert, welche nur 5 bis 6 *cm* dick und doch sehr fest sind. Sie bestehen aus einem weitmaschigen Drahtnetz und Gipsmörtel. Siehe hierüber Näheres bei „Gipsmörtel“.

12. Mauerstärken.

- a) **Mauern bei Hochbauten (aus guten Ziegeln).** Die Stärke der Mauern wird häufig nicht in Zentimetern, sondern in Ziegellängen ausgedrückt. Beträgt das Normalformat*) der Mauerziegel $29 \times 14 \times 6.5$ *cm*, so ist eine Mauer von 1 Ziegellänge 30 *cm* stark zu rechnen, $\frac{1}{2}$ Ziegellänge 15 *cm*, $1\frac{1}{2}$ Ziegellänge 45 *cm* u. s. w. Hinsichtlich der Mauerstärken ist folgendes zu beachten.*)
1. Jedes neu zu erbauende Haus soll seine eigenen, selbständigen, hinreichend starken Umfangsmauern besitzen. Man findet aber sehr häufig, daß zwei nebeneinanderstehende Häuser nur eine gemeinschaftliche Trennungsmauer haben.
 2. Hauptmauern, welche das Gebäude nach der Länge abschließen, müssen im obersten Stockwerke, falls die Zimmertiefe 6.5 *m* nicht überschreitet, wenigstens $1\frac{1}{2}$ Ziegellängen (45 *cm*) bei einer Zimmertiefe über 6.5 *m*, aber wenigstens 2 Ziegellängen (60 *cm*) stark sein. Nach unten müssen die Hauptmauern stärker sein, und zwar beträgt die Stärkezunahme je nach der Deckenkonstruktion entweder in jedem Geschoße oder durch 2 Geschoße je $\frac{1}{4}$ Ziegellänge. Das erstere ist bei Dippelböden, das zweite bei jeder anderen Deckenkonstruktion zu nehmen. Unter dem Erdgeschoße (Fundamente) muß die Verstärkung mindestens $\frac{1}{2}$ Ziegellänge betragen. Haben die Hauptmauern keine Deckenkonstruktionen zu tragen, oder bei einstöckigen Gebäuden, bei Scheuern, Schupfen u. s. w. genügt eine Stärke von $1\frac{1}{2}$ Ziegellängen (45 *cm*).
 3. Mittelmauern, im Innern des Gebäudes, parallel zu den Hauptmauern, welche ebenfalls die Deckenkonstruktion tragen und auch die

*) Siehe: „Bauordnung für das Königreich Böhmen“ v. 8. Jänner 1889, § 53, 54, 55.

Rauchfänge enthalten, sind bei drei Stock hohen Gebäuden in einer Stärke von 2, bei zwei Stock hohen Gebäuden in einer Stärke von $1\frac{1}{2}$ Ziegellängen herzustellen, wenn sie auf beiden Seiten Deckenaufgaben haben. Bei nur einseitiger Deckenaufgabe können die Mittelmauern selbst bei 3 Stock hohen Gebäuden nur $1\frac{1}{2}$ Ziegellängen stark sein, ebenso Stiegenmauern, Lichthofmauern.

4. Stirnmauern, wenn sie das Gebäude gegen die freie Luft abschließen, sind $1\frac{1}{2}$, wenn sie das Gebäude gegen Nachbargebäude abschließen, 1 Ziegellänge stark zu machen.
 5. Scheidemauern, welche verschiedene Wohnungen von einander trennen, werden 1 Ziegellänge, Scheidemauern zwischen einzelnen Zimmern derselben Wohnungen in den oberen Stockwerken $\frac{1}{2}$, in den unteren 1 Ziegellänge stark gemacht, zwischen Zimmer und Vorhallen 1 Ziegellänge.
 6. Mauern mit Rauchfängen müssen zu beiden Seiten der Rauchfangröhre $\frac{1}{2}$ Ziegellänge stark sein. Bei Ventilationsschläuchen zu beiden Seiten $\frac{1}{4}$ Ziegellänge, bei den Luftkanälen für Abortschläuche gegen die Nachbarräume 1 Ziegellänge.
 7. Feuer- und Giebelmauern, welche den Dachraum abschließen, erhalten bei freien Giebeln 1 Ziegellänge, bei Giebeln gegen Nachbarhäuser (Feuermauer) $\frac{1}{2}$ Ziegellänge zur Stärke. (Die Feuermauer muß 15 cm über die Dachfläche emporragen.)
 8. Kellermauern werden, da sie zugleich die Fundamentmauern des Gebäudes sind, $\frac{1}{2}$ Ziegellänge stärker gemacht, als die Mauern des Erdgeschosses.
 9. Werden die Haupt- oder Mittelmauern aus Bruchsteinen hergestellt, so ist mit Rücksicht auf die Festigkeit, lagerhafte Form und Bearbeitungsfähigkeit der Steine, die Stärke dieser Mauern entsprechend zu vergrößern.
- b) **Freistehende Mauern** erhalten $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{8}$ ihrer Höhe zur Stärke.
- c) **Stütz- und Futtermauern**

1. als Mörtelmauern. Bei einer Höhe bis zu 2 m erhalten diese eine obere Stärke (Kronenbreite) von 0.45 m, die Vorderseite wird auf $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Höhe abgeböschet. Es ist also dann die untere Stärke $0.45\ m + \frac{1}{5}\ h$. Die Stärken betragen somit:

Bei 2 m	Höhe	Kronenbreite	0.45 m	untere	Breite	0.85 m
„ 3 m	„	„	0.80 m	„	„	1.40 m
„ 4 m	„	„	1.20 m	„	„	2.00 m
„ 5 m	„	„	1.50 m	„	„	2.50 m usw.

Diese Dimensionen gelten für Bruchsteine.

Bei Ziegelmauern gibt man $\frac{1}{10}$ der Höhe als obere Stärke, $\frac{1}{5}$ der Höhe als untere und hiezu noch an der Vorderseite $\frac{1}{6}$ Anzug. Die Zunahme der Stärke wird rückwärts durch 15 cm breite Abstufungen erzielt. Für eine Mauer von 3 m Höhe ergibt sich also: obere Stärke

0·30 *m*, untere 0·60 + 0·50 = 1·10 *m*, wobei aber die Rückwand nicht vertikal, sondern mit 2 Abstufungen zu je 15 *cm* angelegt wird.

2. Mauern, welche am Wasser stehen, erhalten 0·4 ihrer Höhe als Kronen-Stärke. Sind sie geböschet, so kommt also am Fuße noch die Stärke der Abböschung dazu.

3. Trockenmauern erhalten $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ derjenigen Stärke, welche sie erhalten müßten, wenn sie mit Mörtel ausgeführt würden.

d) **Piséwände.**

1. Lehm *pisé*. Die Stärke der Wände hängt ab von der Höhe und der Tiefe des Gebäudes.

Bei ebenerdigen Gebäuden:

Tiefe,	Höhe,	Stärke,	Höhe,	Stärke,	Höhe,	Stärke.
7·5	2·5	0·45	4	0·60	5	0·70
9·0	„	0·60	„	0·75	„	0·80
11·0	„	0·75	„	0·90	„	1·00
14·0	„	0·95	„	1·05	„	1·15

Bei mehrstöckigen Gebäuden bedeuten diese Zahlen die Stärke der Wände im obersten Stockwerke nach der Höhe des Stockwerkes. Nach unten ist in jedem Stockwerke die Stärke um 0·16 *m* zu vergrößern.

Giebelwände erhalten 0·45 *m* Stärke. Bei mehrstöckigen Gebäuden kommt nach unten in jedem Stockwerke 0·16 *m* mehr.

2. Kalksand *pisé*. Bei der Verwendung von Luftkalk werden die Wände ungefähr um $\frac{1}{4}$ stärker gemacht als ebensolche Ziegelmauern. Verwendet man aber hydraulischen Kalk, so genügt dieselbe Stärke wie für Ziegelmauern.

e) **Betonmauern.** Finden diese zur Herstellung von Gebäuden Verwendung, so genügt für alle Außenmauern eine Stärke von 0·25, für innere eine Stärke von 0·20 *m*.

13. Gesimse.

Gesimse heißen die aus der äußeren Fläche einer Mauer vorspringenden, verschieden gegliederten Teile.

1. Das Hauptgesimse, welches das Gebäude nach oben gegen das Dach zu abschließt. Die Höhe des Gesimses muß mit der Höhe des Gebäudes in einem gewissen Verhältnisse stehen. In der Regel gibt man dem Gesimse $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{15}$ der Gebäudehöhe. Das Hauptgesimse, wenn es auch wie immer gegliedert ist, zerfällt in 3 Teile:

a) der stützende Teil oder das Untergesimse,
 b) der schützende Teil oder die Hängeplatte
 und c) der krönende Teil oder das Obergesimse (Fig. 27). Die Größe *mn*, um welche das Gesimse aus der Wand hervortritt, nennt man seine

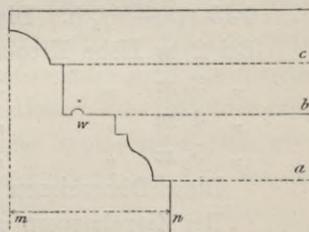


Fig. 27.

Ausladung. Ist diese nicht bedeutend, so stellt man das Gesimse ganz aus Ziegeln her, eventuell kann man die Gesimsziegel verwenden. Ist aber die Ausladung bedeutend, so muß wenigstens die Hängeplatte aus Steinplatten hergestellt werden. Diese Platten müssen so groß sein, daß ihr Schwerpunkt über der Mauer liegt. Die Eck-Platten, und bei großer Ausladung sogar alle Platten müssen mit dem hinterliegenden Mauerwerk, oder noch besser mit der dahinter liegenden Deckenkonstruktion durch eiserne Klammern (Gesimsanker) verbunden werden.

Die Hängeplatte erhält in der Regel eine sogenannte Wassernase *w*, um zu verhindern, daß sich das Regenwasser über das ganze Gesimse und die Mauer herunterzieht.

Wird das ganze Gesimse aus Quadern hergestellt, so wird die Profilierung rein ausgehauen. Wird es aber aus Ziegeln gefertigt, so werden diese nur ganz roh zugehauen und die Profilierung im Verputz hergestellt (Fig. 28). Das Gesimse wird mit Mörtel beworfen und eine aus Eisenblech geschnittene Schablone solange längs des Gesimses hin- und hergezogen, bis die Profilierung ganz rein und scharf heraustritt. Diese Manipulation nennt man das Ziehen des Gesimses. Zur Führung der Schablone wird eine Latte horizontal an die Mauer genagelt.

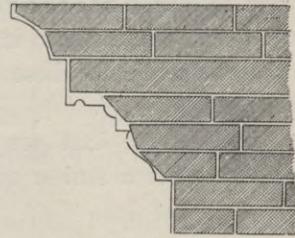


Fig. 28.

2. Bandgesimse, welche den Zweck haben, die Trennung der einzelnen Stockwerke nach außen anzuzeigen. Diese bestehen in der Regel aus einer breiten Platte mit einigen Gliedern unter dieser. Sie werden durch herausgelegte, roh zugehauene Ziegel und durch Ziehen hergestellt (Fig. 29).

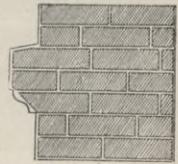


Fig. 29.

3. Gesimse an den Verdachungen der Fenster werden ebenfalls durch roh zugehauene Ziegel ausgelegt und dann mit der Schablone profiliert (Fig. 30). Sollen Verzierungen aus Gips, Terrakotta oder dgl. angebracht werden, so bleiben für diese Vertiefungen in der Mauer, in welche die Verzierungen nachträglich eingesetzt werden.

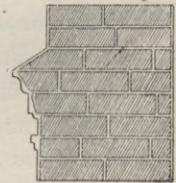


Fig. 30.

14. Gewölbe.

a) Benennungen.

Die Gewölbe können verschiedenen Zweck haben. Entweder dienen sie bei Hochbauten als feuersichere Decken für die einzelnen Räume, oder sie dienen dazu, Mauern zu tragen, welche kein Fundament haben, z. B. die Mauern über den Fenster- und Türöffnungen, Scheidewänden über größeren Räumen u. s. w. Im Weg- und Straßenbau dienen sie vielfach zur Überbrückung von Wasserläufen.

Zum näheren Verständnis des folgenden müssen zuerst die bei Gewölben üblichen Benennungen erklärt werden. Die beiden Mauern W und W^1 , auf welche sich das Gewölbe stützt, in Fig. 31, heißen die Widerlagsmauern oder die Widerlager. Ihre Stärke ab ist die Widerlagsstärke, die Höhe ac die Widerlagshöhe, die beiden Punkte a und d , wo das Gewölbe anfängt, sind die Anläufe oder Kämpfer, und ihre Entfernung ad die Spannweite oder Spannung des Gewölbes. Der höchste Punkt f des Gewölbes ist der Schluß, und die Stärke fg des Gewölbes an diesem Punkte die Schlußstärke. Die vertikale Höhe ef des Schlusses über den Kämpfern heißt die Pfeilhöhe des Gewölbes. Jener Teil des Gewölbes, welcher am Anlaufe einen Raum von $30-40^\circ$ einnimmt, heißt der Fuß des Gewölbes. Der untere konkave Bogen ist der Unterbogen, der obere konvexe der Oberbogen. Das gewöhnliche Mauerwerk in den Winkeln bei h und i heißt die Nachmauerung. Geht diese bis zum Schlusse g , so heißt sie volle Nachmauerung.

Wenn eine Last von oben auf das Gewölbe wirkt (Fig. 32), so wird sich dieses bei a senken und daher die Fugen nach innen öffnen, oben aber

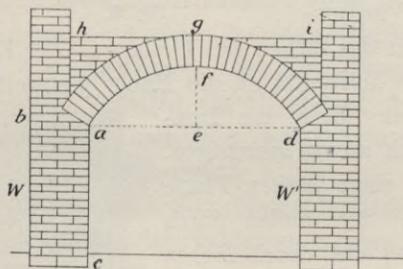


Fig. 31.

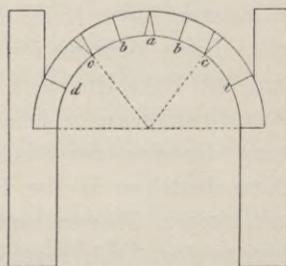


Fig. 32.

zusammenpressen. Vom Punkte a aus nimmt das Bestreben der Fugen, sich nach innen zu öffnen, nach beiden Seiten hin ab bis zu den Punkten b , wo sich die Fugen ganz neutral verhalten und sich weder nach innen noch nach außen öffnen. Von b aus aber haben die Fugen das Bestreben, sich nach außen zu öffnen und nach innen zusammenzupressen. Im Punkte c erreicht dieses Bestreben sein Maximum. Von hier aus nimmt es wieder ab bis zu den Punkten d , die sich wieder neutral verhalten, und von da öffnen sich die Fugen wieder nach innen. Der Punkt c ist daher der schwächste Punkt des Gewölbes und heißt die Bruchfuge; ein Gewölbe, wenn es zum Einsturz kommt, bricht immer zuerst an dieser Stelle. Die Nachmauerung muß bis über diesen Punkt hinaufreichen. Die Bruchfuge liegt bei einem Winkel von $40-60$ Grad.

Man unterscheidet folgende Arten von Gewölben nach Verschiedenheit des Querschnittes.

1. Das volle Gewölbe, dessen Querschnitt ein Halbkreis ist; daher ist hier die Pfeilhöhe gleich der halben Spannweite, $cd = \frac{ab}{2}$ und die Tangenten im Anlaufe sind vertikal (Fig. 33).
2. Das gedrückte, elliptische Gewölbe. Bei diesem ist der Querschnitt eine halbe Ellipse, daher ist die Pfeilhöhe kleiner als die halbe Spannweite, $cd < \frac{ab}{2}$. Die Tangente am Anlaufe ist vertikal (Fig. 34).
3. Das segmentförmige Gewölbe. Dessen Querschnitt ist ein Teil eines Kreisbogens. Es ist daher auch bei diesem die Pfeilhöhe kleiner, als die halbe Spannweite, aber die Tangente am Anlaufe ist nicht mehr vertikal (Fig. 35).

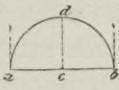


Fig. 33.

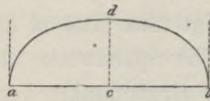


Fig. 34.

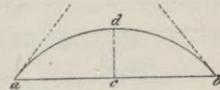


Fig. 35.

4. Das scheinrechte Gewölbe, bei welchem die Pfeilhöhe gleich Null ist, d. h. der Querschnitt ist eine gerade Linie.
5. Das überhöhte Gewölbe, bei welchem die Pfeilhöhe größer ist als die halbe Spannweite, und die Tangente am Anlaufe ist wieder vertikal (Fig. 36).

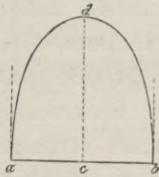


Fig. 36.

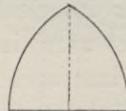


Fig. 37.

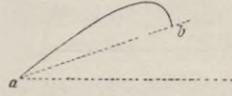


Fig. 38.

6. Das gotische Gewölbe, welches aus zwei sich in einer Spitze schneidenden Kreisbögen besteht (Fig. 37).
7. Das steigende Gewölbe, bei welchem die Verbindungslinie der Kämpfer nicht in einer Horizontalen liegt (Fig. 38).

b) Herstellung der Gewölbe.

1. Lehrbögen.

Zur Herstellung der Gewölbe sind sogenannte Lehrgerüste notwendig. Diese bestehen aus den Lehrbögen, welche dem Querschnitte des Gewölbes entsprechend aus einem oder mehreren Brettern ausgeschnitten und auf einer geeigneten Unterstützung vollkommen vertikal aufgestellt werden. In der Regel müssen mehrere solcher Lehrbögen hintereinander aufgestellt werden, welche dann verschalt werden. Zur Herstellung dieser Lehrbögen legt man auf einen ebenen Platz nach Erfordernis ein oder mehrere Bretter nebeneinander, um auf diesen den Gewölbebogen zu zeichnen.

Auf diesen sogenannten Reißboden wird die Spannweite genau aufgetragen. Sollen die Lehrbögen verschalt werden, so muß man aber natürlich die Spannweite weniger der doppelten Stärke der Schalung auftragen. Bei Gewölben von halbkreisförmigem Querschnitt wird diese Linie halbiert und hier ein Nagel eingeschlagen und dann mit Hilfe einer Schnur der Kreisbogen beschrieben. Bei segmentförmigen Gewölben wird auch die Pfeilhöhe aufgetragen und zwar um die Stärke der Verschalung weniger, und dann mit Hilfe dieser 3 Punkte der Mittelpunkt des Kreises gefunden. Mit einer Schnur wird dann wieder der Kreisbogen beschrieben. Bei gedrückten elliptischen Gewölben wird ebenfalls zuerst die Spannweite ab aufgetragen

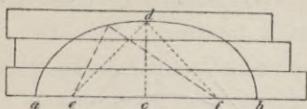


Fig. 39.

(Fig. 39) und auf die im Halbierungspunkte errichtete Senkrechte die Pfeilhöhe cd . Dann trägt man von d aus nach beiden Seiten die halbe Spannweite auf, wodurch man e und f , die Brennpunkte der Ellipse erhält. In diesen

Punkten werden Nägel eingeschlagen, eine Schnur von der Länge edf oder ab entsprechend angebunden und die Ellipse gezeichnet.

Statt der elliptischen Bögen werden zumeist die sogenannten Korbbögen angewendet, welche einer halben Ellipse sehr ähnlich sind, aber in Wirklichkeit aus 3 Kreisbögen von verschiedenem Halbmesser bestehen. Um einen solchen Korbbogen zu zeichnen, zieht man eine Gerade und trägt auf diese die Spannweite ab auf (Fig. 40), welche man in c halbiert. Dann errichtet man über ac das gleichseitige Dreieck acd . Ferner errichtet man in c eine Senkrechte auf ab , welche man auch nach unten verlängert. Nach oben trägt man auf diese die Pfeilhöhe ce auf, ebenso trägt man diese auf die Dreieckseite cd bis f auf, dann verbindet man e mit f und verlängert diese Linie, bis sie die zweite Dreieckseite ad in g trifft. Nun zieht man durch g eine Parallele zu cd , welche die Gerade ab in k und die verlängerte Senkrechte ce in h schneidet. Das Stück ck überträgt man auch auf die andere Seite bis l . Es ist jetzt h der Mittelpunkt für den Kreisbogen gi , weiter sind k und l die Mittelpunkte für die Kreisbögen ag und bi .

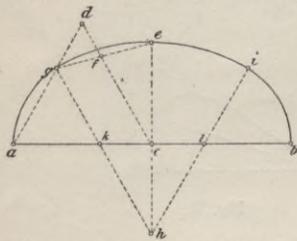


Fig. 40.

verlängert diese Linie, bis sie die zweite Dreieckseite ad in g trifft. Nun zieht man durch g eine Parallele zu cd , welche die Gerade ab in k und die verlängerte Senkrechte ce in h schneidet. Das Stück ck überträgt man auch auf die andere Seite bis l . Es ist jetzt h der Mittelpunkt für den Kreisbogen gi , weiter sind k und l die Mittelpunkte für die Kreisbögen ag und bi .



Fig. 41.

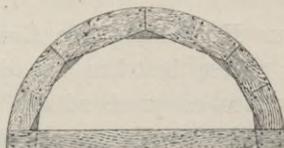


Fig. 42.

Nach den so gezeichneten Bogenlinien werden die Bretter ausgeschnitten, und wenn mehrere nötig sind, werden sie entsprechend miteinander verbunden, wie in den Fig. 41 und 42 dargestellt ist.

2. Ausführung der Tonnen-Gewölbe.

Hierunter versteht man ein Gewölbe, welches zwischen zwei Widerlagsmauern eingespannt ist und dessen Querschnitt ein Halbkreis, Segment, oder eine halbe Ellipse ist, oder es kann auch ein scheinrechtes Gewölbe sein. Das Tonnengewölbe kann auf verschiedene Weise hergestellt werden.

a) Kufenwölbung.

Wenn die Widerlagsmauern bis zu dem Punkte aufgeführt sind, wo das Gewölbe beginnen soll, so wird entweder in diesen durch Verwendung zugehauener Ziegel eine Vertiefung hergestellt, in welche das Gewölbe, welches erst später hergestellt wird, eingreift oder es wird gleichzeitig mit der Widerlagsmauer der Fuß des Gewölbes entweder freihändig herausgewölbt oder als gewöhnliche Mauer herausgemauert. Das Gewölbe selbst wird erst später, bis sich die Widerlagsmauern gesetzt haben, hergestellt. Es müssen dann zuerst die Lehrbögen aufgestellt werden, und zwar in Entfernungen von 0.8 bis höchstens 1 m von einander (Fig. 43). Zur Unterstützung der

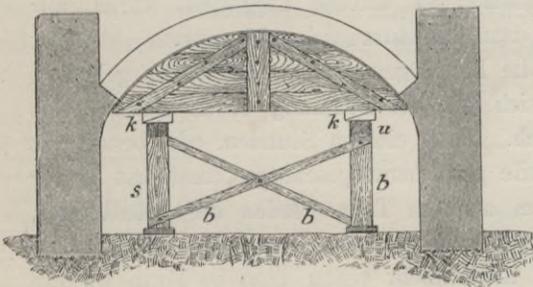


Fig. 43.

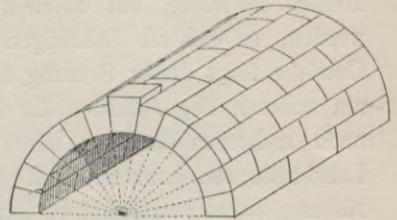


Fig. 44.

Lehrbögen werden zuerst auf untergelegte Bretter oder Ziegel Säulen *s* aufgestellt, welche miteinander durch Querbänder *b* verbunden werden. Diese Säulen tragen zwei horizontale Balken *u*, auf welche die Lehrbögen gestellt werden, und zwar auf untergelegte, etwa 3 cm starke Doppelkeile *k*, damit man nach der Fertigstellung des Gewölbes durch Herausschlagen der Keile die Lehrbögen etwas senken kann. Die Lehrbögen müssen vollkommen vertikal und so stehen, daß ihre höchsten Punkte in einer Horizontalen liegen, was man mit den Doppelkeilen erzielen kann. Die Lehrbögen werden schließlich mit gleich starken, möglichst schmalen Brettern verschalt.

Beim Wölben beginnt man stets von beiden Seiten an den Anläufen und schreitet gleichmäßig gegen den Schluß des Bogens vor. Der Schluß darf niemals durch eine Fuge, sondern muß immer durch einen keilförmigen Stein gebildet werden, wenn das Gewölbe aus Quadern hergestellt wird. In diesem Falle müssen auch alle Quadern keilförmig nach einer Schablone zugerichtet sein, damit sie genau den Bogen geben, und die Fugen müssen normal oder senkrecht stehen auf dem jeweiligen Bogenelement. Bei Kreisbögen haben daher die Fugen die Richtungen der Halbmesser (Fig. 44).

Die Lagerfugen laufen parallel mit der Achse der Tonne, die Stoßfugen stehen auf diese senkrecht und selbstverständlich muß Stoßfugenwechsel eintreten.

Bei Ziegelgewölben gilt bezüglich der Lage der Fugen ganz dasselbe. Nur Gewölbe von sehr kleinem Radius stellt man aus keilförmigen oder zugehauenen Ziegeln her. Sonst werden gewöhnliche Ziegel verwendet und die Fugen keilförmig gestaltet, indem die Ziegel unten etwas mehr aneinandergepreßt werden (Fig. 45 und 46). Ist man bis zum Schlusse gelangt, so

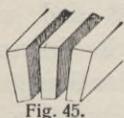


Fig. 45.



Fig. 46.

werden zwei keilförmig zugehauene Ziegel mit dem Hammer hineingetrieben, was man das Spannen des Gewölbes nennt (Fig. 46). Ist das ganze Gewölbe fertig,

so werden die Fugen noch von oben mit einem recht dünnflüssigen fetten Mörtel vergossen, welcher mit einem Besen in die Fugen getrieben wird, dann erst wird die Nachmauerung hergestellt.

Beim Ausrüsten des Gewölbes, d. h. bei der Entfernung des Lehrgerüsts muß man sehr vorsichtig und langsam zu Werke gehen, denn schon sehr häufig sind Gewölbe, die sonst ganz tadellos hergestellt waren, nur durch unvorsichtiges Ausrüsten zum Einsturz gebracht worden. Zuerst müssen die Keile, auf welchen die Lehrbögen stehen, nur etwas gelockert werden, so daß die Lehrbögen sich mit der Schalung etwas setzen. Das Gewölbe folgt dieser Setzung nach. Nach einigen Stunden, oder besser erst am anderen Tage, werden die Keile ganz herausgeschlagen, und erst wieder nach mehreren Stunden oder am anderen Tage werden die Schalbretter, Lehrbögen etc. ganz entfernt. Weil sich also das Gewölbe nach der Ausrüstung etwas setzt, hat es jetzt nicht mehr genau dieselbe Form wie die Lehrbögen, sondern die Pfeilhöhe ist etwas kleiner geworden. Soll daher das Gewölbe eine bestimmte Form nach dem Setzen haben, so muß man darauf bei der Konstruktion der Lehrbögen Rücksicht nehmen und diese etwas überhöhen, u. zw. bei Quadern für jeden Meter Spannweite um 6·6 mm, bei Ziegelgewölben aber um das zwei- bis dreifache.

Ist ein Tonnengewölbe sehr kurz, nur so lang als die Dicke einer Mauer, welche auf dem Gewölbe stehen soll, so heißt so ein Tonnengewölbe Gurtbogen oder kurz Gurte. Ein Gurtbogen wird genau so hergestellt, wie ein längeres Tonnengewölbe, es sind aber nur zwei Lehrbögen nötig, welche mit kurzen Brettchen verschalt werden. Sowie die Gurte geschlossen ist, wird sofort die Nachmauerung vorgenommen bis zur Höhe des Schlusses. Ist der Mörtel soweit trocken geworden, daß er nicht mehr aus den Fugen herausgepreßt werden kann, was bei Ziegelgewölben in der Regel schon am anderen Tage der Fall ist, so wird der Gurtbogen ausgerüstet, damit er sich setzen und dabei der Mörtel vollständig erhärten kann. Erst bis dies beides vollständig geschehen ist, darf der Gurtbogen belastet, d. h. die Mauer darauf aufgeführt werden. Das Stehenlassen des Lehrgerüsts während dessen ist nicht ratsam.

Bei der Einwölbung der Fenster- und Türöffnungen finden gewöhnlich für den Sturz des Fenster- oder auch Türstockes scheidrechte Gewölbe Anwendung. Das Lehrgerüste für diese besteht aus einem einfachen starken Brett, welches in der Mitte noch durch eine Säule unterstützt wird (Fig. 47). Die Fugen müssen so gestellt werden, daß sie einem Kreissegment von 60° Zentriwinkel entsprechen. Bloß in der Mitte im Schluß werden zwei keilförmig behauene Ziegel genommen, bei den übrigen macht man nur die Fugen keilförmig. Bei Gurten von sehr geringer Spannweite, dann bei den über dem Fenster- und Türsturz angebrachten Entlastungsbögen, welche den Druck der Mauer auf den Sturz verhindern sollen, macht man das Lehrgerüst sehr einfach aus trocken übereinandergelegten Ziegeln, von denen die obersten zugehauen und mit Mörtel abgeglichen sind. Nach dem Festwerden des Mörtels im Ge-

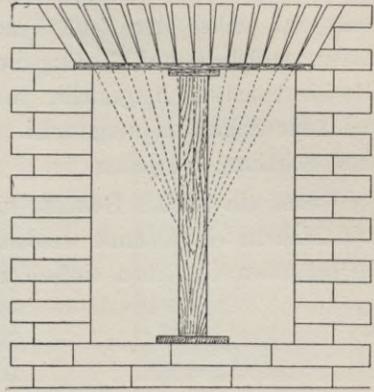


Fig. 47.

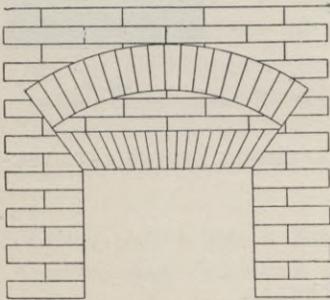


Fig. 48.

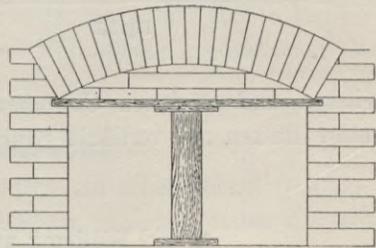


Fig. 49.

wölbe werden dann diese Ziegel weggenommen, und der unter den Entlastungsbögen so entstehende Raum wird erst später, bis sich der Entlastungsbogen gesetzt hat, ausgemauert (Fig. 48 und 49).

b) Wölbung auf Rutschlehrbögen.

Die Kufenwölbung hat den Nachteil, daß bei längeren Tonnengewölben die Aufstellung der vollständigen Lehrgerüste viel Zeit und Geld kostet und daß eine durchlaufende Bruchfuge vorhanden ist. In neuerer Zeit wendet man daher bei Gewölben von geringer Spannweite das Wölben auf Rutschlehrbögen an, wobei nur 1—3 Lehrbögen ohne Verschalung nötig sind. Besonders finden die Rutschlehrbögen Anwendung bei

der Herstellung flacher Ziegelgewölbe zwischen Traversen (Fig. 50). Es werden dann 2 bis 3 Lehrbögen aus starken Pfosten knapp hintereinander auf die Fußflanschen der Traversen gelegt und unmittelbar über den Bögen gewölbt, und zwar werden die Ziegel so gelegt, dass die Lagerfugen senkrecht zur Achse der Tonne und die Stoßfugen parallel mit der Achse laufen, natürlich muß Stoßfugenwechsel eintreten. Hat man 2 bis 3 solcher Gewölbsschichten hergestellt, so werden die Lehrbögen weiter vorgezogen und neue Schichten hergestellt. So kann man ein beliebig langes Gewölbe ohne Schalung herstellen.

Soll ein solches Gewölbe nicht zwischen Traversen, sondern zwischen zwei Mauern eingespannt werden, so werden zur Führung der Lehrbögen bei schmalen Gewölben einfach zwei Latten an die Mauer angenagelt. Bei

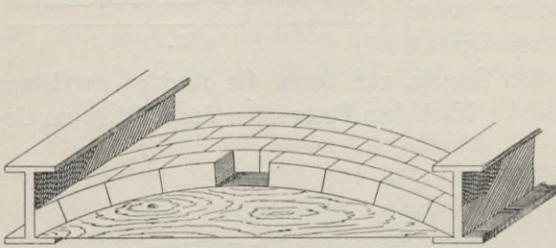


Fig. 50.

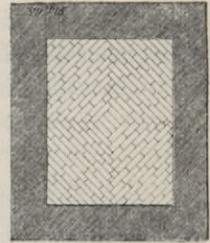


Fig. 51.

breiteren und stärkeren Gewölben legt man zu diesem Zwecke zwei vierkantige Balken auf vertikale Säulen.

c) Wölbung auf Schwalbenschwanz.

Eine dritte Art der Herstellung eines Tonnengewölbes, besonders eines flachen Gewölbes, ist die Wölbung auf Schwalbenschwanz. Bei dieser Art der Wölbung bilden die Lagerfugen mit der Achse der Tonne einen Winkel von 45° (Fig. 51). Bei diesem Gewölbe wirkt der Druck, d. h. der Schub des Gewölbes gleichmäßig gegen alle vier Mauern und nicht nur gegen zwei, wie bei der gewöhnlichen Wölbung. Diese Wölbungsart ist daher die zweckmäßigste. Geschickte Maurer stellen ein solches Gewölbe, welches gleichmäßig aus den vier Ecken begonnen werden muß, ohne Lehrgerüst ganz freihändig her.

d) Das Kreuzgewölbe,

welches durch die Durchdringung zweier Tonnengewölbe entsteht, die sich rechtwinkelig schneiden und die gleiche Spannweite und Pfeilhöhe haben

(Fig. 52). Die Durchschnitlinien heißen Grate oder Gratbögen, die dazwischenliegenden Gewölbeteile Kappen. Zur Herstellung eines Kreuzgewölbes müssen unter die Grate die Gratlehrbögen kommen, zwischen diese werden die übrigen Lehrbögen für die Kappen aufgestellt und verschalt. In jeder Kappe liegen die Lagerfugen parallel zur Achse (Fig. 53).

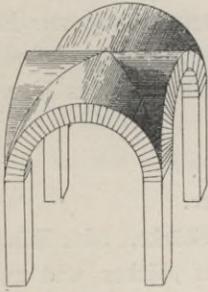


Fig. 52.

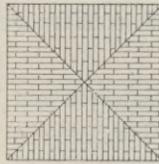


Fig. 53.

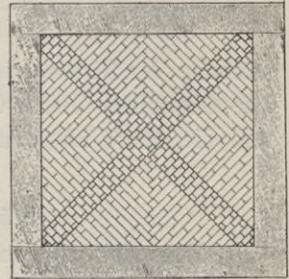


Fig. 54.

Zweckmäßiger ist die Wölbung der Kappen auf „Schwalbenschwanz“, wobei die Grate als stärkere, nach oben vorspringende Gurten hergestellt werden (Fig. 54). In diesem Falle genügt auch die Aufstellung von Gratlehrbögen allein; für die Kappen sind Lehrbögen und Schalung nicht nötig, sondern die Kappen werden freihändig gewölbt, wozu aber geübte Maurer notwendig sind. Das Kreuzgewölbe dient zur Einwölbung quadratischer Räume.

e) Das Spiegelgewölbe

besteht aus 4 halben Tonnen, welche durch ein scheidrechtes Gewölbe verbunden sind. Es haben also alle vier Mauern, zwischen denen das Gewölbe eingespannt ist, als Widerlager zu dienen. Dieses Gewölbe wird zur Einwölbung von Sälen, Vestibülen etc. benützt.

3. Das Kuppelgewölbe.

Hierunter versteht man ein Gewölbe, dessen Oberfläche man sich entstanden denken kann, durch Drehung eines Halbkreises, einer halben Ellipse etc. um eine vertikale Achse. Am häufigsten finden zur Einwölbung runder Räume solche Kuppelgewölbe Anwendung, deren Oberflächen einen Teil einer Kugel bilden. Zur Herstellung des Kuppelgewölbes werden die Lehrbögen radial aufgestellt und das Gewölbe dann ohne Schalung in ringförmig geschlossenen Schichten hergestellt. Die Hälfte eines Kuppelgewölbes nennt man Chorgewölbe, und wenn dieses sehr klein ist, bildet es eine Nische. Denkt man sich ein Kuppelgewölbe durch vier vertikale Ebenen geschnitten, welche sich in der Anlaufsebene schneiden, so entsteht ein

sogenanntes böhmisches Platzel- oder Kappengewölbe (Fig. 55 und 56), welches zur Einwölbung viereckiger Räume Verwendung findet. Die Einwölbung geschieht in der Regel ohne Lehrgerüst auf Schwalbenschwanz.

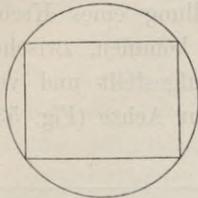


Fig. 55.

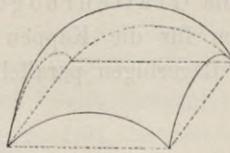


Fig. 56.

Einwölbung der Nischen, in denen sich die Tür- und Fensteröffnungen befinden. Die Oberfläche dieses Gewölbes ist ein Teil der Mantelfläche eines Kegels, und die Achse ist nicht horizontal, sondern geneigt.

4. Das konische Gewölbe

findet häufig Anwendung zur Einwölbung der Nischen, in denen sich die Tür- und Fensteröffnungen befinden.

c) Stärken der Gewölbe und Widerlager.

Entweder gibt man dem Gewölbe eine gleiche Stärke, oder häufig macht man Gewölbe von größerer Spannweite am Anlauf stärker und zwar doppelt so stark als am Schluß. Bei Quadergewölben findet diese Abnahme der Stärke gleichmäßig statt; bei Ziegelgewölben aber erzielt man sie durch mehrere Absätze.

Über die Stärke der Gewölbe bestehen folgende praktische Regeln:

1. Gewölbe als Decken von Wohnräumen.

Tonnengewölbe, welche nicht sehr belastet sind und keine bedeutenden Erschütterungen zu erleiden haben, erhalten bis zu einer Spannweite von 7.6 m eine Schlußstärke von $\frac{1}{2}$ —1 Ziegellänge. Die Tonnengewölbe in den Kellern und ebenerdigen Lokalitäten erhalten stets 1 Ziegellänge als Stärke. Kreuzgewölbe werden bei einer Spannweite bis 6 m in den Graten 1 Ziegellänge, in den Kappen $\frac{1}{2}$ Ziegellänge stark gemacht. Bei größeren Spannweiten bis 9 m verdoppelt man diese Stärken am Anlauf.

Kuppel- und böhmische Platzelgewölbe werden je nach der Spannweite $\frac{1}{2}$ —1 Stein im Schluß stark gemacht.

2. Gurten

werden je nach der Spannweite im Schluß $1\frac{1}{2}$ —2 Ziegellängen stark gemacht.

Die Entlastungsbögen über den Fenster- und Türöffnungen erhalten bei mehrstöckigen Gebäuden folgende Stärken im Schluß:

Bei einer Spannweite bis 2 m	1 Ziegellänge
„ „ „ von 2 bis 3.5 m	$1\frac{1}{2}$ „
„ „ „ „ 3.5 bis 5 „	2 „

Für die Berechnung der Gewölbestärke benützt man auch noch folgende praktische Regel.

Bedeutet S die Spannweite des Gewölbes und d das arithm. Mittel aus der Anlaufs- und Schlußstärke, so ist bei einer Spannweite bis zu $7.6\ m$ und wenn das Gewölbe mit einer Nachmauerung versehen ist:

a) bei ganz unbelasteten Gewölben $d = \frac{S}{48}$

b) bei belasteten Gewölben $d = \frac{S}{24}$ und

c) bei stark belasteten Gewölben $d = \frac{S}{12}$

Wird die Spannweite größer als $7.6\ m$, so berechnet man die Gewölbestärke nach $\frac{S}{12}$ und schlägt für je $0.3\ m$ größere Spannung als $7.6\ m$ noch $2\ cm$ an der Stärke zu, z. B.

$$S = 9\ m, \text{ so ist } d = \frac{9}{12} = 0.75\ m$$

$$\text{hiez u: } 9 - 7.6 = 1.4 = \text{rund } 5 \times 0.3, \text{ also } \frac{5 \times 2\ cm = 0.10\ m}{d = 0.85\ m}$$

Wird das Gewölbe gleichmäßig stark gemacht, so muß es $85\ cm$ stark sein. Will man es aber am Schlusse schwächer und am Anlaufe doppelt so stark als am Schlusse machen, so ist $d = \frac{x+y}{2}$ und $2x = y$, wenn x die Schluß- und y die Anlaufstärke ist, daher

$$2d = x + y \quad | \quad 2d = 3x \text{ und } x = \frac{2}{3}d$$

$$2x = y \quad | \quad y = \frac{4}{3}d, \text{ in obigem Beispiel somit}$$

$$x = 57\ cm \text{ und } y = 113\ cm.$$

Eine andere Formel ist folgende:

Bezeichnet man bei halbkreis- oder segmentförmigen Gewölben den Radius mit r , oder bei elliptischen und Korbbögen die doppelte Pfeilhöhe, so ist die Schlußstärke des Gewölbes $d_s = 0.07\ r + 0.30\ m$, z. B. für ein halbkreisförmiges Gewölbe von $12\ m$ Spannweite, dessen Radius also $6\ m$ ist, ist $d_s = 0.07 \times 6 + 0.30\ m = 0.42 + 0.30 = 0.72\ m$ oder für einen Korbbogen von $3.5\ m$ Pfeilhöhe ist

$$d = 0.07 \times 7 + 0.30 = 0.49 + 0.30 = 0.79\ m.$$

Für die Stärke der Widerlagsmauern sind verschiedene Umstände maßgebend, vor allem die Spannweite und Form der Gewölbe, dann aber auch das Material und die Belastung der Widerlagsmauern. Bei Hochbauten gibt man den Widerlagsmauern in der Regel eine Stärke von $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{9}$ der Spannweite. Die Kellermauern, welche stets eine Stärke von mindestens $1\frac{1}{2}$ bis 3 Ziegellängen haben, genügen in der Regel auch als Widerlager für die Kellergewölbe. Hat eine Mauer nach beiden Seiten als Widerlager für ein Gewölbe zu dienen, so hebt sich der horizontale Schub der beiden Gewölbe gegenseitig auf, sodaß die Widerlagsstärke nur mit Rücksicht auf ein Gewölbe zu berechnen ist. Je geringer die Pfeilhöhe des Gewölbes ist, desto größer muß die Widerlagsstärke sein. Bei sehr flachen Gewölben muß

daher die Widerlagsstärke bis $\frac{1}{4}$ der Spannweite betragen. Ist die Höhe der Widerlagsmauern größer als 3 *m* und sind sie nicht durch daraufstehende Mauern sehr stark belastet, so muß die nach obiger Regel berechnete Stärke noch um $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ vergrößert werden.

15. Pflasterungen.

Soll ein Pflaster in einem oberen Stockwerke hergestellt werden, so darf es niemals auf eine hölzerne Decke gelegt werden, wenn sich die einzelnen Platten nicht voneinander trennen sollen, das Pflaster muß auf ein Gewölbe zu liegen kommen. Dies gilt für jedes Pflaster, sowie auch für alle harten Estriche. Ist der zu pflasternde Raum großer Nässe ausgesetzt, z. B. in Waschküchen, so muß das Gewölbe durch eine Beton- oder Asphalt-schichte überdeckt sein.

a) Steinpflaster.

Das gewöhnliche Steinpflaster besteht aus Quadersteinplatten, welche etwa 50 *cm* lang und breit, oder rechteckig und 10—15 *cm* dick hergestellt werden. Die Oberfläche und die Seitenflächen werden eben zugerichtet, die Unterseite bleibt ganz rau. Unter das Pflaster wird eine etwa 8—15 *cm* hohe Schuttschichte gegeben, welche geebnet und gestampft wird. Auf diese kommt dann eine 2—3 *cm* hohe Mörtelschichte, und zwar in der Regel hydraulischer Mörtel, in welchen die Platten knapp nebeneinander gelegt werden. Zuletzt werden die Stoßfugen von oben mit einem ganz dünnflüssigen Mörtel vergossen. Soll das Pflaster absolut wasserdicht sein, so wendet man gefalzte Steinplatten an, welche in Zement gelegt werden.

Ein feineres Steinpflaster erhält man aus regelmäßig zugerichteten, geschliffenen und verschieden gefärbten Kalkschieferplatten (Kehlheimer oder Sohlenhofer Platten). Gelegt werden diese Platten so wie die ordinären Steinplatten, die Stoßfugen werden aber mit Gips verkittet.

Zumeist verwendet man gegenwärtig zu Steinpflasterungen die aus Zement mit Sandzusatz künstlich hergestellten Zementplatten, welche so wie alle anderen Steinplatten in hydraulischen Mörtel gelegt werden. Zum Schluß gießt man einen ganz dünnflüssigen Mörtel über das Pflaster, welcher mit stumpfen Besen in die Stoßfugen getrieben wird. Der überflüssige Mörtel muß durch Abwaschen des fertigen Pflasters beseitigt werden, ehe er ganz hart geworden ist, da man sonst das Pflaster niemals mehr ganz rein bekommen kann.

b) Ziegelpflaster.

Dieses wird entweder aus den zu diesem Zwecke hart gebrannten Pflasterziegeln oder aus gewöhnlichen Mauerziegeln hergestellt.

Die Legung der Pflasterziegel erfolgt ganz so, wie die der Steinplatten.

Aus gewöhnlichen Mauerziegeln kann man entweder flaches (liegendes) oder hochkantiges (stehendes) Ziegelpflaster herstellen. In beiden

Fällen kommt unter das Pflaster eine 8—15 *cm* hohe, geebnete und gestampfte Schuttschichte und auf diese eine 2—3 *cm* starke Mörtellage. Beim flachen Ziegelpflaster werden die Ziegel in diese Mörtellage mit ihrer breiten Fläche gelegt, knapp aneinander, und die Stoßfugen werden erst nach Vollendung des Pflasters von oben mit einem ganz dünnflüssigen Mörtel ausgefüllt, den man über das Pflaster gießt und mit einem stumpfen Besen in die Fugen treibt. Beim hochkantigen Ziegelpflaster aber werden die Ziegel auf ihre schmalen Seiten gestellt, und auch zwischen die Ziegel Mörtel gegeben. Zuletzt werden gleichfalls die Stoßfugen von oben noch vollständig mit darüber gegossenem Mörtel ausgefüllt. Das hochkantige Ziegelpflaster wendet man an, wenn das Pflaster stärkerer Abnützung oder stärkerem Drucke ausgesetzt sein wird.

Zuletzt wird das fertige Ziegelpflaster mit einem trockenen Ziegel abgerieben, damit der darübergegossene Mörtel abgewetzt wird.

c) Vikat-Zementpflaster oder Zement-Estrich.

Dieses Pflaster findet bei Hochbauten sehr häufige Anwendung für Gänge, Waschküchen, Speisekammern, Aborte etc., es darf absolut nicht auf eine elastische Holzdecke, sondern muß auf ein Gewölbe kommen, wenn es nicht sehr bald Sprünge bekommen soll. Aus demselben Grunde ist auch für dieses Pflaster eine sehr feste Unterlage notwendig, und zwar gibt man darunter in der Regel ein hochkantiges Ziegelpflaster, oder man gibt eine etwa 8—10 *cm* hohe Betonschichte, welche auch nur aus 3 Teilen sehr grobem Sand und 1 Teil Zement bestehen kann. Auf dieser festen Unterlage wird das Zementpflaster in der Weise hergestellt, daß ein aus 1 Teil Zement, 2 Teilen reinem, scharfem Sand und dem nötigen Wasser bestehender Brei in einer Höhe von 1—2 *cm* ausgebreitet wird. Um dieses Gemenge gleichmäßig ausbreiten zu können, legt man auf die Unterlage Latten von der Höhe der Zementschichte, zwischen welche man das Gemenge schüttet und mit einer Latte abstreicht. Das ganze Pflaster wird also felderweise, aber ununterbrochen hergestellt. Ist das Gemenge ausgebreitet und etwas abgetrocknet, so wird die Oberfläche unter wechselndem Bespritzen und Bestreuen mit trockenem Zementpulver mit eisernen Reibern solange gerieben, bis sie blauschwarz und zugleich vollkommen hart wird. Es besteht dann das Pflaster aus einer einzigen zusammenhängenden Steinplatte. Die Fläche darf aber noch durch einige Tage nicht betreten werden, und wird mehrmals mit einer Brause mit Wasser bespritzt.

d) Asphaltpflaster

wird für Straßen oder für dieselben Zwecke angewendet, wie das Zementpflaster. Das Asphaltpflaster kann als Gußasphalt (Asphalt coulé) oder als Stampfasphalt (Asphalt comprimé) hergestellt werden. Ersterer findet mehr Anwendung im Innern der Gebäude, letzterer für Straßenpflaster. In beiden

Fällen erfordert das Asphaltpflaster eine feste Unterlage in Form eines hochkantigen Ziegelpflasters oder einer etwa 15 *cm* hohen Betonschichte.

Bei der Verwendung von Gußasphalt wird Asphaltmastix in Stücke zerschlagen und unter Zusatz von 5—6% Goudron in einem Kessel geschmolzen. Ist der Mastix vollkommen geschmolzen und solange gekocht, bis gelblichgrüne Dämpfe entweichen, so wird in kleinen Partien etwa 60% reiner, scharfkantiger Quarzsand beigemischt, den man früher in einem zweiten Kessel auf 50° erwärmt hat. Der Sand wird in kleinen Partien auf den kochenden Asphaltmastix geschüttet; ist er von letzterem verschluckt, so wird die Masse tüchtig umgerührt und neuer Sand daraufgeschüttet, bis das ganze Quantum des Sandes beigemischt ist, worauf man noch eine Weile fortkochen läßt. Wäre die Masse noch zu dünn, so muß noch Sand beigemischt werden, wäre sie zu dick, so muß Teer beigegeben werden. Die Masse soll eine solche Konsistenz haben, daß ein hineingestoßener Stock beim Herausziehen ganz rein bleibt und die Öffnung sich nur langsam schließt. Die Masse muß nun in möglichst heißem Zustand ausgegossen werden, weshalb die Öfen zum Kochen des Asphaltes möglichst nahe bei dem Orte der Pflasterung aufgestellt werden müssen. Um die Masse gleichmäßig in einer gewissen Höhe ausbreiten zu können, werden auf die Unterlage eiserne Stangen von der gewünschten Höhe gelegt, etwa 1 *m* von einander, und zwischen diese der Asphalt gegossen und ausgebreitet. Ist ein Feld gegossen, so wird unmittelbar daneben ein zweites hergestellt, wobei auf möglichst gute Vereinigung der Ränder gesehen werden muß, damit keine Fugen bleiben. Auf die noch heiße Asphaltsehichte schüttet man schließlich scharfkantigen, feinen, erhitzten Sand, welcher eingewalzt oder mit hölzernen Schlägeln eingetrieben wird.

Bei Herstellung des Asphaltpflasters aus Stampfasphalt werden die gemahlten Asphaltsteine in einem Kessel erhitzt, auf der Unterlage ausgebreitet, mit erwärmten eisernen Stampfern festgestampft und dann noch mit einer erwärmten Walze geglättet.

Gegenwärtig werden auch Asphaltplatten hergestellt, welche ähnlich wie ein Steinpflaster gelegt und mit geschmolzenem Asphalt verkittet werden.

Die Herstellung von Asphaltpflasterungen übergibt man am besten einer verlässlichen Firma, welche das Material liefert und die Arbeit durch ihre Leute ausführen läßt.

e) Lehm-Estriche.

Auf dem Lande findet sich häufig auf dem Dachboden ein Lehm-Estrich, ebenso bestehen die Tennen in Scheuern aus einem Lehm-Estrich. Diese beiden Arten von Lehm-Estrichen werden aber in verschiedener Weise hergestellt.

Zur Herstellung eines Lehm-Estriches auf dem Dachboden wird der grabene Lehm mit viel Wasser angefeuchtet und unter Beimischung von

gehacktem Stroh tüchtig durchgetreten, so daß ein steifer Brei entsteht. Dieser wird mit den Händen mit einer gewissen Gewalt auf die Schalung geworfen, wobei er sich ausbreitet und komprimiert.

Zur Herstellung von Tennen aber wird der frisch gegrabene Lehm mit einem gleichen Quantum schwarzer Gartenerde vermengt, auch wird viel Häcksel beigemischt, dann das Gemenge angefeuchtet und durchgetreten, worauf es ausgebreitet wird, 15—20 *cm* hoch, und nun wird die Schichte geebnet und geschlagen, und zwar so lange, bis sich nach einigen Tagen keine Risse mehr zeigen. Dann wird Rindsblut oder dicker Teer darauf gegossen und abermals so lange gestampft, bis die Tenne ganz hart geworden ist. Diese ganze Arbeit dauert 4—6 Wochen.

B. Holz-Konstruktionen.

I. Holz-Verbindungen.

a) Verlängerungen.

1. Der gerade oder schräge Stoß darf nur bei Balken angewendet werden, welche ihrer ganzen Länge nach, oder gerade unter dem Stoß unterstützt sind. (Fig. 57, *a* gerader, *b* schräger Stoß,)

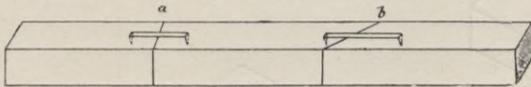


Fig. 57.

2. Die Überblattungen, und zwar die einfache rechtwinklige (Fig. 58), die schräge (Fig. 59), die rechtwinklig verzahnte (Fig. 60) und die schrägverzahnte Überblattung (Fig. 61).

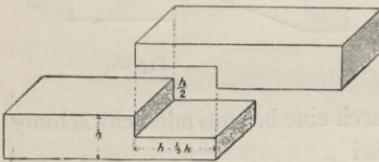


Fig. 58.

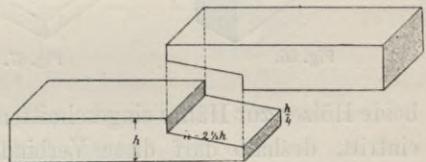


Fig. 59.

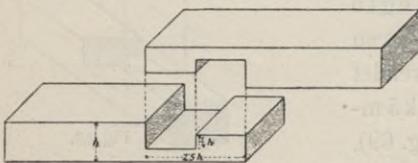


Fig. 60.

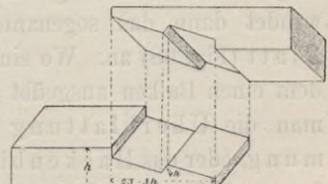


Fig. 61.

3. Die Verlängerung vertikaler Balken geschieht durch Aufpfropfung (Fig. 62), Anblattung (Fig. 63) oder Verzapfung (Fig. 64) und gleichzeitige Verbindung durch Schraubenbolzen.



Fig. 62.

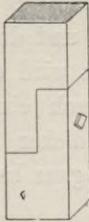


Fig. 63.

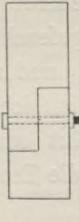


Fig. 64.

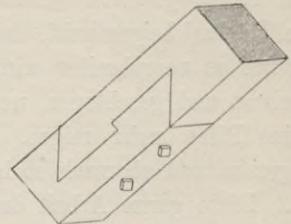
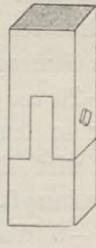


Fig. 65.

4. Die Verlängerung schräger Balken geschieht durch verzahnte Überblattung und Schraubenbolzen (Fig. 65).

b) Verbindungen zweier Balken unter einem Winkel.

1. Die Überblattungen werden angewendet, wenn zwei sich kreuzende Hölzer fest aufeinander liegen sollen, oder als Eckverbindung. Bei der einfachen rechtwinkligen Überblattung (Fig. 66 und 67) werden

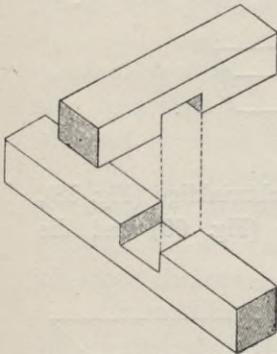


Fig. 66.

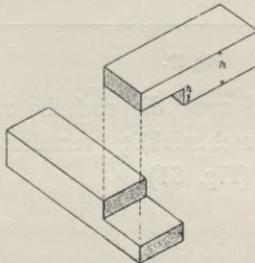


Fig. 67.

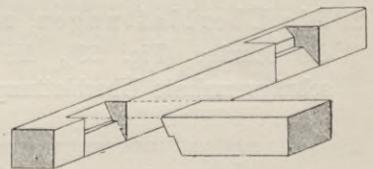


Fig. 68.

beide Hölzer zur Hälfte eingeschnitten, wodurch eine bedeutende Schwächung eintritt, deshalb darf diese Verbindung bei Konstruktionen, welche eine große Last zu tragen haben, nicht angewendet werden; man wendet dann das sogenannte eingelegte Blatt (Fig. 68) an. Wo ein starker Zug von dem einen Balken ausgeübt wird, da wendet man die Überblattung mit Verkämmung, oder das Hackenblatt an (Fig. 69),

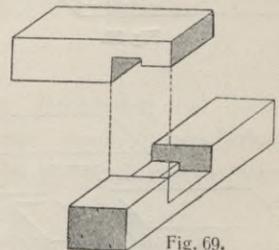


Fig. 69.

ferner die schwalbenschwanz- oder keilförmige Überblattung

(Fig. 70 und 71), welche auch mit gleichzeitiger Verkämmung hergestellt werden kann (Fig. 72), ferner die schiefe Überblattung oder der Tiroler Schnitt (Fig. 73). Denkt man sich diese schiefe Überblattung verdoppelt, so entsteht die sogenannte Verzinkung (Fig. 74), welche bei hölzernen Wänden Anwendung findet.

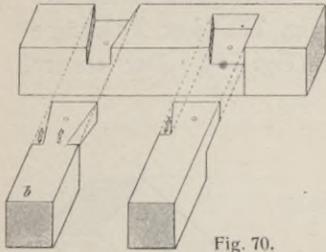


Fig. 70.

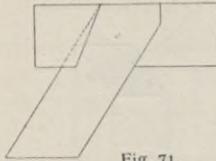


Fig. 71.

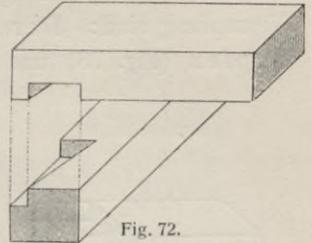


Fig. 72.

2. Die Verkämmungen werden angewendet, wenn horizontale Balken übereinander gelegt werden sollen, so daß sie nicht verrückt werden können. Sie lassen sich eigentlich von den Überblattungen schwer trennen, denn die schon erwähnte Überblattung mit Verkämmung, dann die schwalbenschwanzförmige Überblattung mit Verkämmung könnte man auch zu den Verkämmungen zählen. Bei den Verkämmungen findet eine geringere Schwächung der Hölzer statt, weil diese nicht so tief eingeschnitten sind. Es liegen daher die Oberflächen beider Balken, des unteren und des oberen nicht in einer Ebene.

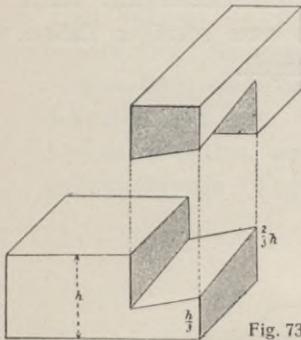


Fig. 73.

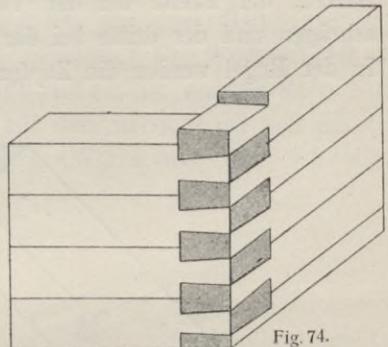


Fig. 74.

Man unterscheidet die gerade Verkämmung (Fig. 75 a), die Kreuzverkämmung (Fig. 75 b) und die schwalbenschwanzförmige Verkämmung (Fig. 75 c). Letztere findet besonders am Ende

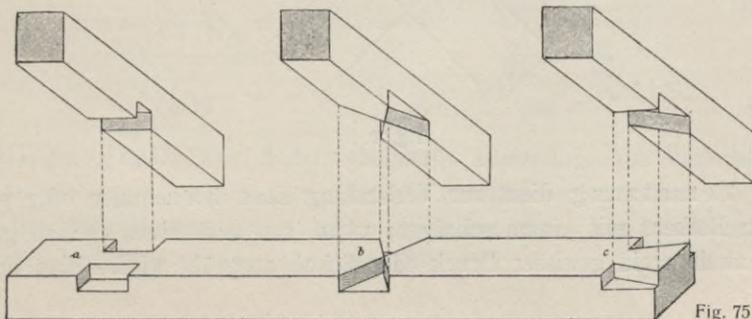


Fig. 75.

der Balken Anwendung. Eine Verkämmung als Eckverbindung, welche sehr fest ist und dem Zuge in beiden Richtungen gut widersteht, ist das französische Schloß (Fig. 76).

3. Die Verzapfungen finden Anwendung zur Verbindung zweier Hölzer in jeder beliebigen Neigung gegeneinander. Die wichtigsten Arten der Verzapfung sind: Der einfache Zapfen (Fig. 77), der schräge Zapfen (Fig. 78) und der Scheerzapfen (Fig. 79). Der erstere

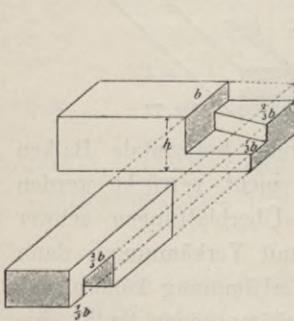


Fig. 76.

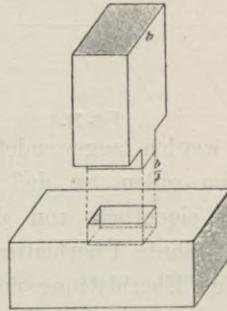


Fig. 77.

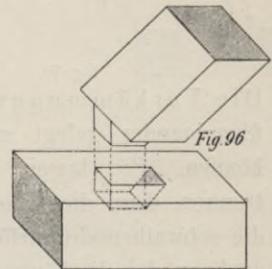


Fig. 78.

findet Anwendung bei der Verbindung eines horizontalen mit einem vertikalen Balken, der zweite bei der Verbindung eines horizontalen mit einem schrägen und der dritte bei der Verbindung von zwei schrägen Balken. In der Regel werden die Zapfen auch noch vernagelt.

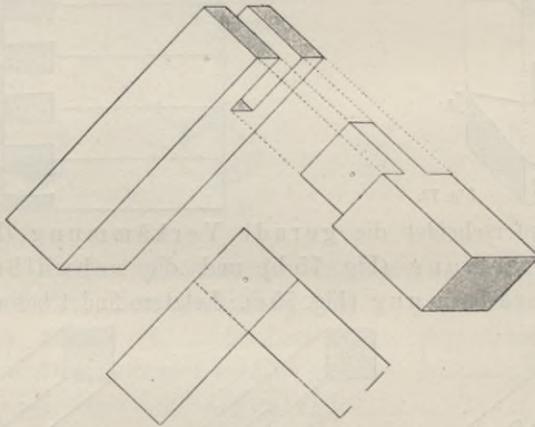


Fig. 79.

4. Die Versatzung dient zur Verbindung eines horizontalen oder vertikalen Balkens mit einem schrägen, wenn von dem einen Balken gegen den zweiten ein gewisser Druck oder Schub ausgeübt wird. Man unter-

scheidet einfache (Fig. 80 a) und doppelte Versatzung (Fig. 80 c). Sehr häufig findet gleichzeitig Verzapfung mit schrägem Zapfen statt (Fig. 81), oder es werden die beiden Balken durch Schraubenbolzen verbunden (Fig. 80 b und c).

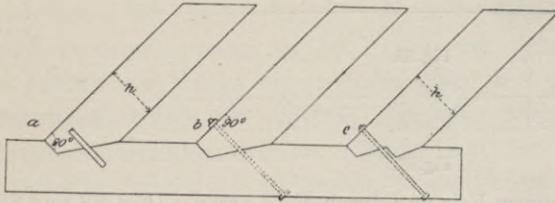


Fig. 80.

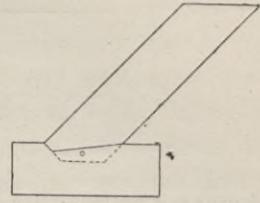


Fig. 81.

5. Die Aufklauung ist eine Verbindung zwischen einem horizontalen und einem schräg darüber liegenden Balken (Fig. 82 bis 85).

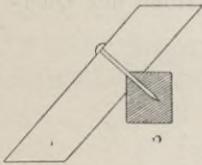


Fig. 82.

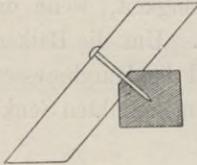


Fig. 83.

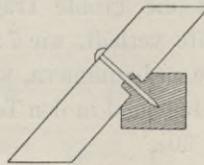


Fig. 84.

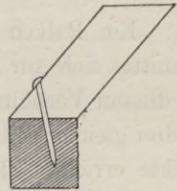


Fig. 85.

6. Die Winkelbänder werden angewendet, um zwei Balken in ihrer senkrechten Stellung zu einander zu erhalten. Die Winkelbänder am oberen Ende einer Säule heißen Kopfbänder, am unteren Ende Fußbänder (Fig. 86). Die Verbindung mit dem horizontalen und mit dem vertikalen Balken geschieht durch schräge Verzapfung oder schwalbenschwanzförmige Überblattung.

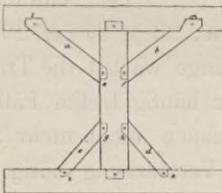


Fig. 86.

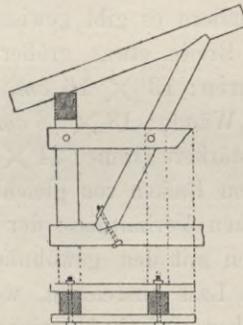


Fig. 87.

7. Die Zangenhölzer finden gleichfalls Anwendung zur Verhütung von Verschiebungen. Sie werden über die festzuhaltenden Balken von beiden Seiten, also doppelt gelegt, mit den Balken etwas verkämmt und durch Schraubenbolzen zusammengezogen (Fig. 87).

d) **Verbreiterungen.**

Größere Holzflächen als Bretterwände werden hergestellt: durch gerades oder schräges Fugen, dann durch Spunden oder Falzen,

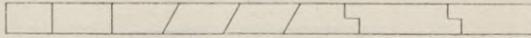


Fig. 88.

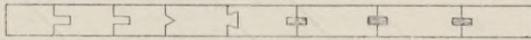


Fig. 89.

und zwar mit halbem oder ganzem Falz und durch F e d e r u n g (Fig. 88 und 89).

2. Hölzerne Träger.

a) Tragfähigkeit der Balken.

Ein Balken hat die größte Tragfähigkeit, wenn die Höhe des Querschnittes sich zur Breite verhält, wie 7 : 5. Um die Balken in diesem Verhältnisse zu bezimmern, wird der Durchmesser in drei gleiche Teile geteilt und in den Teilungspunkten Senkrechte errichtet (Fig. 90).

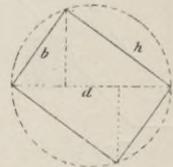


Fig. 90.

Es ist dann

$$d : b = b : \frac{1}{3}d \text{ woraus } b^2 = \frac{1}{3}d^2$$

$$d : h = h : \frac{2}{3}d \text{ „ } h^2 = \frac{2}{3}d^2$$

$$\frac{b^2}{h^2} = \frac{\frac{1}{3}d^2}{\frac{2}{3}d^2}$$

$$b : h = \sqrt{1} : \sqrt{2}$$

$$b : h = 1 : 1.4$$

$$b : h = 5 : 7.$$

Gewöhnlich wird aber nicht jeder Balken streng in dieser Weise zugezimmert, sondern es gibt gewisse übliche Dimensionen für die Bauhölzer, wo dann die Breite etwas größer ist, z. B. $8 \times 10 \text{ cm}$, $11 \times 13 \text{ cm}$, schwache Sparren; $13 \times 16 \text{ cm}$, stärkere Sparren; $16 \times 16 \text{ cm}$ Säulen; $16 \times 18 \text{ cm}$, Wände; $18 \times 18 \text{ cm}$ Säulen; $18 \times 21 \text{ cm}$, schwache Träme; $21 \times 23 \text{ cm}$, stärkere Träme; $24 \times 24 \text{ cm}$ Säulen; $23 \times 27 \text{ cm}$, $26 \times 29 \text{ cm}$.

Bei einem Balken von gleichbleibender Länge wächst die Tragfähigkeit im quadratischen Verhältnisse der Höhe. Sehr häufig treten Fälle ein, wo einfache Balken mit den gewöhnlichen Dimensionen nicht mehr als Träger einer gewissen Last ausreichen, wo also eine Verstärkung nötig ist. Legt man zwei Balken einfach übereinander ohne jede Verbindung, so wächst die Tragfähigkeit der beiden Balken nicht mehr im quadratischen, sondern nur im einfachen Verhältnisse der Höhe. Die Tragfähigkeit beider Balken zusammen ist daher nur gleich der Summe der Tragfähigkeiten der beiden Balken. Werden beide Balken belastet, so daß eine Biegung der Balken eintritt, so dehnen sich die Fasern auf der unteren Seite des oberen Balkens

aus, während sie auf der oberen Seite des unteren Balkens zusammengedrückt werden. Dadurch entsteht eine Reibung zwischen beiden Balken, welche den Widerstand gegen die Biegung und somit die relative Festigkeit der beiden Balken vergrößert, so daß diese größer ist als die Summe der Festigkeiten der beiden Balken. Je mehr diese Reibung vergrößert wird durch Aneinanderpressen beider Balken mit Schraubenbolzen und je mehr ein Gleiten der Balken übereinander unmöglich gemacht wird, umso größer wird die Festigkeit, so daß bei geeigneter Konstruktion beide Balken sich beinahe so verhalten, wie ein einziger von der ganzen Höhe. Diese feste Verbindung kann auf verschiedene Weise erzielt werden, wodurch man die verstärkten Träger erhält.

b) Die verdübelten Balken.

Diese werden aus zwei übereinander gelegten Balken zusammengesetzt, welche mit eisernen Schraubenbolzen zusammengepreßt sind, und zwischen diesen sind in entsprechende Ausschnitte eichene Keile (Dübel) eingetrieben. Muß der Träger eine größere Länge haben und hat man nicht zwei hinreichend starke Balken von der nötigen Länge, so kann der Träger auch

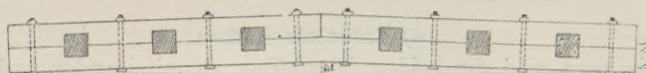


Fig. 91.

aus mehreren, aber immer aus einer ungeraden Anzahl Stücken zusammengesetzt werden, damit unter und über jeden Stoß ein Balken kommt. Neben jeden Stoß müssen zwei Bolzen kommen. So ist in Fig. 91 und 92

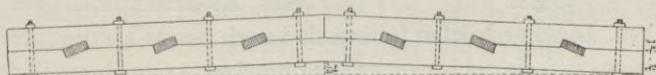


Fig. 92.

der Träger aus je drei Teilen zusammengesetzt. Die Höhe des ganzen Trägers beträgt $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{15}$ der freien Länge des Trägers, und seine Tragfähigkeit ist dann $\frac{9}{10}$ derjenigen eines vollen Balkens von gleicher Höhe. Die Schraubenbolzen werden 1 m von einander entfernt angebracht. Um eine Biegung

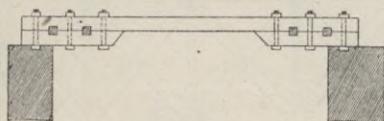


Fig. 93.

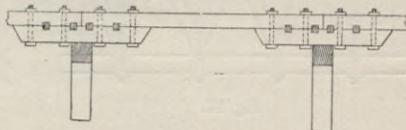


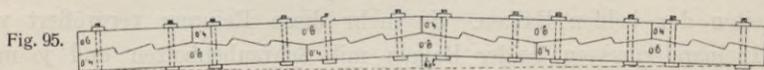
Fig. 94.

des Trägers nach unten zu verhüten, werden die Balken in der Mitte um $\frac{1}{60}$ der freien Länge nach oben gebogen.

Mitunter bei geringer Länge und geringerer Belastung findet eine solche Verstärkung der Balken nur an den Enden statt, welche Verstärkungen dann Sattelhölzer heißen (Fig. 93 und 94).

c) **Die verzahnten Balken.**

Auch diese werden entweder nur aus zwei oder bei großer Länge aus einer ungeraden Anzahl von Stücken zusammengesetzt, welche durch Schraubenbolzen fest miteinander verbunden werden (Fig. 95).



Die Höhe der Zähne beträgt $\frac{1}{10}$ der Höhe des ganzen Trägers und die Länge der Zähne ist gleich der Höhe des Trägers. Wo zwei Teile zusammenstoßen, muß in der Mitte der beiderseitigen Zähne ein Bolzen angebracht werden und dürfen überhaupt je zwei Bolzen nicht weiter als zwei Zahnlängen von einander entfernt sein. Jedes einzelne Stück erhält in der Mitte 0,6, an den Enden 0,4 der ganzen Trägerhöhe. Der Träger erhält in der Mitte eine Biegung nach oben von $\frac{1}{60}$ der ganzen Länge. Weil es schwer ist, die Zähne genau ineinander passend herzustellen, läßt man häufig etwas Raum und legt dazwischen dünne Bleiplatten, oder auch eichene, in Öl gekochte Brettchen oder treibt dazwischen eichene Keile ein, und zwar Doppelkeile, welche von beiden Seiten eingetrieben werden.

d) **Verbolzte Balken.**

Bei diesen sind die beiden Langhölzer so miteinander verbunden, daß sie nicht unmittelbar aufeinander liegen, sondern daß zwischen beiden ein Zwischenraum bleibt, in welchem sich kurze Klötzchen befinden, welche mit den Langhölzern verkämmt sind. Durch jedes Klötzchen muß ein Schraubenbolzen gehen. Diese verbolzten Balken sind noch besser als die verdübelten oder verzahnten, so daß sie auch gegenwärtig häufiger Anwendung finden (Fig. 96).

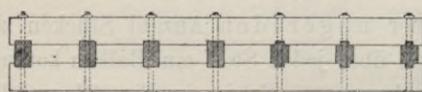


Fig. 96.

e) **Gitterträger oder Fachwerksträger.**

Diese finden meist bei Brücken Anwendung und können in verschiedener Weise hergestellt werden, siehe z. B. Fig. 97, 98 und 99.

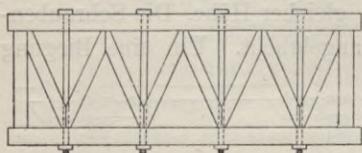


Fig. 97.

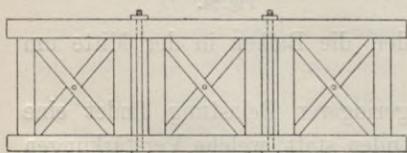


Fig. 98.

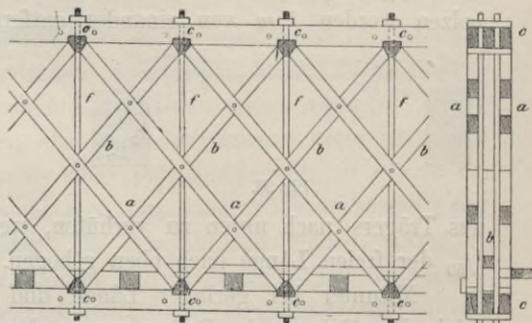


Fig. 99.

3. Häng- und Sprengwerks-Konstruktionen.

Sollen Balken für große Spannweiten zum Tragen von Lasten benützt werden, z. B. bei Brücken, Decken- und Dach-Konstruktionen, so können selbst einfache Balken von den gewöhnlichen Querschnitts-Dimensionen Verwendung finden, wenn sie zwischen ihren Auflagepunkten noch unterstützt werden. Kann diese Unterstützung nicht durch Säulen stattfinden, was ja bei Brücken, Decken- und Dach-Konstruktionen nicht möglich ist, so wendet man dazu die Häng- und Sprengwerks-Konstruktionen an. Befindet sich die stützende Konstruktion über dem Balken, welcher gestützt werden soll, so entsteht das Hängwerk, befindet sich die Konstruktion unter dem zu stützenden Balken, so entsteht das Sprengwerk.

a) Konstruktion der Hängwerke.

Soll ein Träger nur in einem einzigen Punkte unterstützt werden, so entsteht ein einsäuliges Hängwerk oder ein einfacher Hängebock, welcher aus folgenden Teilen besteht (Fig. 100). Dem Träger a , der hier Hängebalken heißt, der Hängesäule b und den beiden Hänge-

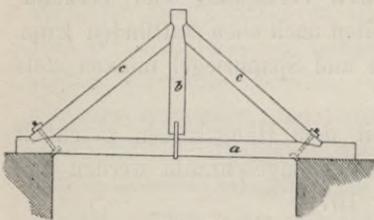


Fig. 100.

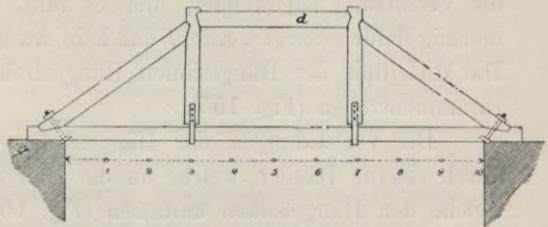


Fig. 101.

streben c . Bis zu einer Spannweite von 11.5 m , bei Brücken aber nur $7.5\text{—}8.5\text{ m}$, genügt eine Hängesäule, wird aber die Spannweite größer, so müssen mehrere Hängesäulen angebracht werden, u. zw. sollen die Säulen im allgemeinen bei zwei Hängesäulen nicht weiter von einander entfernt sein als 5.0 m , bei drei Hängesäulen nicht weiter als 4.5 m und bei mehr Hängesäulen nicht weiter als 4 m .*)

Bei einem zweisäuligen Hängwerke oder doppeltem Hängebocke (Fig. 101) teilt man die freie Länge des Hängebalkens in 10 Teile und stellt die Säulen

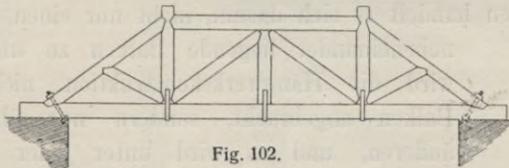


Fig. 102.

im 3. und 7. Teilpunkte auf. Der Balken d heißt Spannbalken oder

*) Diese Zahlen gelten unter der Voraussetzung, daß alle Teile des Hängwerkes nur einfache, gewöhnliche Balken sind; werden dagegen entsprechend starke oder zusammengesetzte Balken verwendet, so können die Hängesäulen auch weiter auseinander sein.

Spannriegel. Für größere Spannweiten werden drei- und mehrsäulige Hängewerke angewendet (Fig. 102 und 103).

Über die Beschaffenheit und Verbindung der einzelnen Teile eines Hängewerkes ist folgendes zu bemerken. Bei der Herstellung aller Verbindungen ist große Genauigkeit erforderlich. Die Hängestrebene werden mit dem Hängebalken durch einfache oder doppelte Versatzung und außerdem durch Schraubenbolzen verbunden (Fig. 104). Die Mittellinie der Hängestrebene muß stets auf die Unterstützung des Hängebalkens treffen; wäre dies nicht der Fall, so muß der Hängebalken an den Enden eine Verstärkung durch Sattelhölzer erhalten. Zur Verbindung der Hängesäulen mit den Hängestrebene und Spannriegeln wird ebenfalls

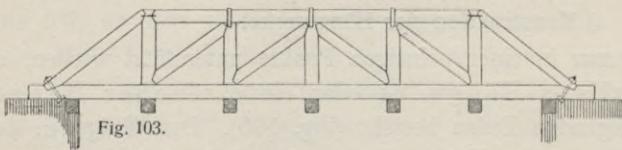


Fig. 103.

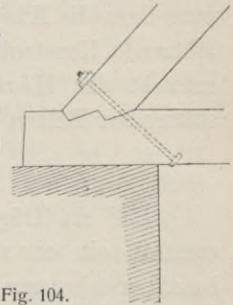


Fig. 104.

die Versatzung angewendet, und es muß durch Verzapfung oder Verklammerung dafür gesorgt werden, daß kein Ausgleiten nach oben stattfinden kann. Die Mittellinie der Hängesäulen, Hängestrebene und Spannriegel müssen stets zusammentreffen (Fig. 105).

Die Verbindungen der Hängesäulen mit dem Hängebalken geschieht durch eiserne Bänder, welche an die Hängesäulen angeschraubt werden und welche den Hängebalken umfassen (Fig. 106, 107).

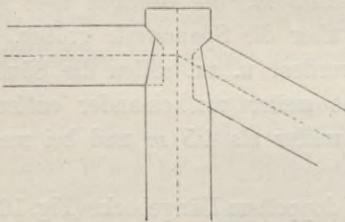


Fig. 105.

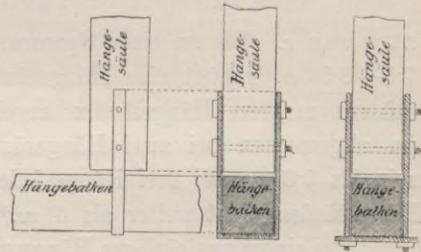


Fig. 106.

Fig. 107.

Bei Brücken handelt es sich darum, nicht nur einen, sondern mehrere nebeneinander liegende Balken zu unterstützen, dann wird die Hängewerkskonstruktion nicht über jedem Balken angebracht, sondern nur über den beiden äußeren, und es wird unter jeder Hängesäule ein Unterzug angebracht, welcher mit der Säule durch ein eisernes Band verbunden wird und auf welchem die übrigen Balken nebeneinander liegen (Fig. 108). (Andere Verbindungen der Hängesäule mit dem Hängebalken und dem Unterzuge siehe Brückenbau.)

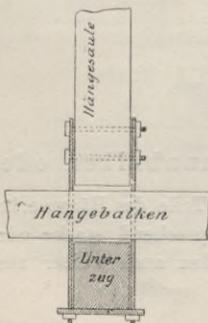


Fig. 108.

Am vorteilhaftesten ist es, wenn die Hängestreben mit dem Hängebalken einen Winkel von $41^{\circ} - 40'$ bilden. Bezeichnet man mit L die Entfernung des Stützpunktes der Streben von der Säule, so ergibt sich für diesen Fall die Höhe H der Hängesäule bis zum Verbindungspunkte mit der Strebe nach der Formel $H = L \sqrt{1/2} = 0.7 L$. Für die Berechnung des Querschnittes der Streben hat man die Formel $h = (16 + 1.5 H) \text{ cm}$ oder $h = (16 + 1.0 H) \text{ cm}$, worin h die Höhe des Querschnittes der Streben in cm bedeutet, und H die Höhe der Hängesäule in Metern. Die Breite wird 2 bis 4 cm geringer gemacht. Die erstere Formel kommt in Anwendung bei größeren, die zweite bei kleineren Konstruktionen. Es ist jedoch nicht immer möglich, die Hängestreben unter dem angegebenen Winkel anzubringen, doch soll der Winkel, den die Streben mit dem Hängebalken bilden, nicht größer als 45° und nicht kleiner als 22° sein.

Der Hängebalken wird bei kleineren und nicht stark belasteten Hängewerken als einfacher, bei größeren, belasteten Hängewerken, z. B. bei Brücken, als verbolzter, verzahnter oder verdübelter Balken verwendet. Auch im ersteren Falle, also als einfacher Balken kann der Hängebalken auch aus zwei Stücken zusammengesetzt werden, wenn man keinen Balken von der erforderlichen Länge hat. Die beiden Teile werden dann durch schräg verzahnte Überblattung u. zw. stets unter der Hängesäule mit einander verbunden, und unter den Stoß kommt noch ein Sattelholz. Die Querschnitts-Dimensionen der Hängebalken und übrigen Teile des Hängewerkes müssen bei größeren Hängewerken, beispielsweise bei Brücken, berechnet werden. Bei den Hängewerken der Dachstuhl-Konstruktionen erhält der Hängebalken in der Regel $18/21$ bis $21/24 \text{ cm}$ Querschnitt, die Hängesäulen $18/18$ bis $20/20$.

b) Konstruktion der Sprengwerke.

Bei dem Sprengwerk findet die Unterstützung des Balkens von unten statt. Bei dieser Konstruktion ist für die Streben, welche einen großen Seitendruck ausüben, ein sehr festes Widerlager nötig, daher finden die Sprengwerke im Hochbau nur wenig, dagegen sehr häufig Anwendung beim

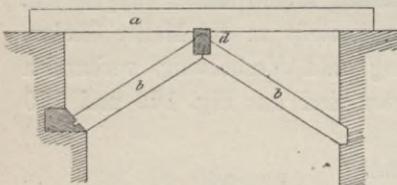


Fig. 109.

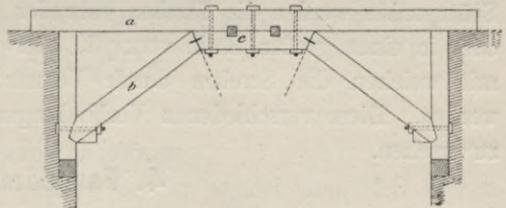


Fig. 110.

Brückenbau. Nach der Zahl der Unterstützungen unterscheidet man einfache, doppelte und mehrfache Sprengwerke oder Sprengböcke. Das einfache Sprengwerk (Fig. 109) besteht aus dem zu stützenden Balken, dem Sprengbalken a und den Sprengstreben b . Beim doppelten Sprengwerk (Fig. 110

und 111) ist noch zwischen den Sprengstreben der Spannriegel *c* zu unterscheiden. In Fig. 112 ist ein dreifaches Sprengwerk dargestellt.

Beim einfachen Sprengwerk kommt unter den Sprengbalken ein Unterzug *a*, mit dem die Streben durch Aufklauung verbunden werden. Auch beim doppelten und mehrfachen Sprengwerke kommen zumeist unter den Sprengbalken Unterzüge und erst unter diese der Spannriegel. Spannriegel und Streben werden einfach aneinander gestoßen, aber so, daß durch den Stoß der Winkel halbiert wird. Zwischen die Stoßflächen legt man dünne Bleiplatten oder gußeiserne Schuhe. Die Streben werden mit dem Spannriegel entweder verklammert, oder es wird durch doppelte Zangen-

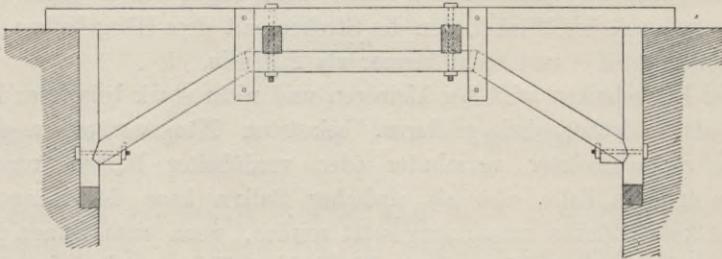


Fig. 111.

hölzer eine Verschiebung verhindert. Liegt der Spannriegel unmittelbar unter dem Sprengbalken, so werden beide mit einander verdübelt oder verbolzt.

Die Streben müssen so angebracht sein, daß sie mit der Horizontalen keinen größeren Winkel als 45° und keinen kleineren als 22° bilden. Im

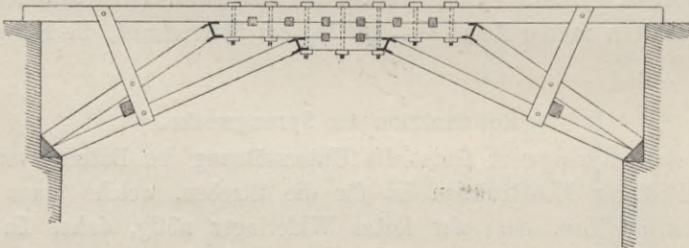


Fig. 112.

Stützpunkte werden die Streben entweder einfach in die Mauer eingelassen, oder in einen großen Stein verzapft, oder man stellt an die Mauer Säulen, mit welchen die Streben durch Versatzung und Verbolzung verbunden werden. Diese verschiedenen Verbindungsarten sind aus Fig. 109 und 110 zu ersehen.

4. Fangdämme.

Wenn man unmittelbar am oder gar im Wasser selbst bauen muß, z. B. Ufermauern, Brückenpfeiler u. dgl., so muß der Bauplatz mit einem wasserdichten Damm umgeben werden, der auch fest genug sein muß, um dem Druck des ihn umgebenden Wassers zu widerstehen, wenn innerhalb des eingedämmten Bauplatzes dann das Wasser ausgepumpt wird. Diese

wasserdichten Umdämmungen des Bauplatzes heißen Fangdämme. Diese können wohl sehr verschiedenartig konstruiert werden, doch lassen sich hauptsächlich zwei Arten unterscheiden, nämlich einfache und Kasten-Fangdämme.

a) **Einfache Fangdämme.**

Ein einfacher Fangdamm kann angewendet werden bis zu einer Tiefe des Wassers von $1\cdot5\ m$, ein solcher ist in Fig. 113 schematisch dargestellt. Es werden in einer Reihe in einer Entfernung von $1\cdot25$ — $1\cdot5\ m$ voneinander unten zugespitzte runde Pfähle eingetrieben. Diese werden dann alle in gleicher Höhe über dem Wasserspiegel abgeschnitten, mit Zapfen versehen und nun auf die Pfähle ein Holm aufgezapft. Jeder Pfahl wird durch eine Strebe, d. h. durch einen schräg eingeschlagenen Pfahl gestützt. Dann werden 4 — $5\ cm$ starke Bretter unten zugeschärft, schräg gegen den Holm gelehnt und 50 — $60\ cm$ tief in den Boden eingetrieben. Diese Bretter

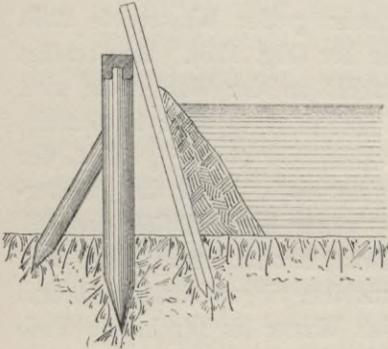


Fig. 113.

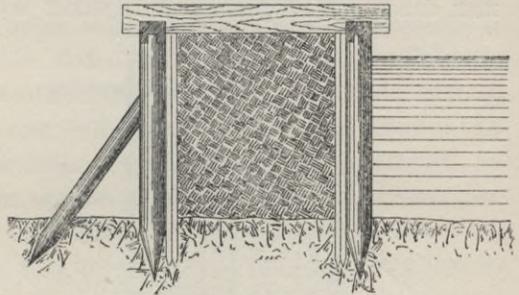


Fig. 114.

werden dicht nebeneinander und in einer doppelten Lage eingetrieben, so daß die Bretter der oberen Lage die Fugen der unteren decken. Häufig schlägt man die Bretter nicht dicht nebeneinander ein, sondern läßt zwischen je zweien einen Zwischenraum, welcher etwas kleiner ist, als die Breite eines Brettes, so daß er durch das darüber eingeschlagene Brett gedeckt wird. Gegen die Bretter wird auf der Wasserseite noch feste schwere Erde am besten Letten, geworfen und festgeschlagen. Auch Pferdemist eignet sich hiezu ganz besonders gut.

b) **Kasten-Fangdämme.**

Ist die Wassertiefe größer als $1\cdot5\ m$, so wendet man den Kasten-Fangdamm an (Fig. 114). Bei diesem werden zwei Reihen von Pfählen in einer gewissen Entfernung voneinander eingetrieben, in jeder Reihe bekommen die Pfähle eine Entfernung von $1\cdot25$ — $1\cdot5\ m$ voneinander, diese werden in gleicher Höhe über dem Wasserspiegel abgeschnitten, mit Zapfen versehen und auf jede Pfahlreihe ein Holm aufgezapft. Die gegen die

Baugrube gekehrte Pfahlreihe wird durch Streben gestützt. Quer über die beiden Holme werden in Entfernungen von 2—2,5 *m* voneinander Zangenhölzer gelegt, welche mit den Holmen überblattet oder aufgekämmt werden, um diese zusammenzuhalten. Neben den Holmen werden unten zugespitzte 5—6 *cm* starke Bretter in einer doppelten Lage senkrecht eingetrieben, so daß sie noch 50 bis 60 *cm* tief in den Boden dringen und die eine Lage die Fugen der anderen deckt. Der Raum zwischen den zwei Bretterwänden wird mit einer fetten schweren Erde, am besten Letten, ausgefüllt, oder auch mit Pferdemit; dieses Material wird schichtenweise festgestampft. Die Stärke dieses Dammes, d. h. also die Entfernung der zwei Bretterwände oder Pfahlreihen voneinander wird bis zu einer Wassertiefe von 2,5 *m* gleich der Wassertiefe gemacht. Bei größerer Tiefe aber macht man die Stärke gleich der halben Wassertiefe, mehr 1,25 *m*, z. B. für 4 *m* Wassertiefe erhält der Damm eine Stärke von $\frac{4}{2} + 1,25 = 2 + 1,25 = 3,25$ *m*.

Der Druck des Wassers gegen den Fangdamm ist an dessen Fuße am größten und nimmt nach oben zu ab. Bei sehr großer Wassertiefe stellt man daher den Fangdamm in folgender Weise her (Fig. 115). Man schlägt

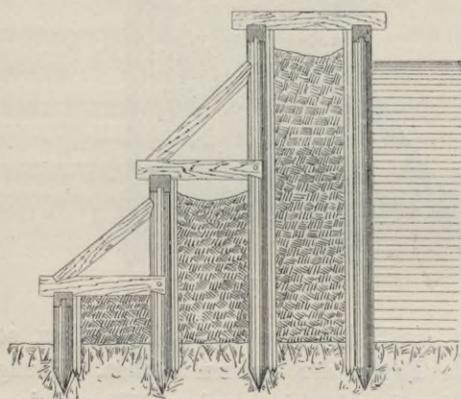


Fig. 115.

zuerst an der Wasserseite zwei Pfahlreihen in einer Entfernung voneinander gleich $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Wassertiefe, stellt die Bretterwände her und füllt deren Zwischenraum aus. Dann wird aus dem eingeschlossenen Raume das Wasser bis zur halben Tiefe ausgeschöpft oder ausgepumpt. Nun stellt man eine dritte Pfahlreihe und Bretterwand her, halb so hoch wie die anderen und in derselben Entfernung von der

zweiten, wie diese sich von der ersten befindet. Die Zangenhölzer dieser dritten Wand werden mit den Pfählen der zweiten Wand durch schwalbenschwanzförmige Überblattung verbunden. Außerdem werden gegen die zweite Wand Streben angebracht und durch Versatzung mit Zangen und Pfählen verbunden. Nun wird auch der zweite Raum ausgefüllt, dann das Wasser vollständig ausgepumpt und noch eine vierte Wand wieder halb so hoch wie die dritte errichtet und der Zwischenraum ausgefüllt.

Scharfe Ecken müssen bei den Fangdämmen vermieden werden, man stumpft daher die Ecken ab. Soll ein Bauwerk mitten im Wasser ausgeführt werden, so muß die ganze Baustelle von einem geschlossenen Fangdamme umgeben werden. Bei einem Bau am Ufer dagegen wird die Baustelle nur gegen die Wasserseite durch einen Fangdamm abgeschlossen,

jedoch muß dieser möglichst tief in das Ufer hineinreichen, auch muß man an der Anschlußstelle noch Erde vor dem Fangdamm anschütten, um ein Durchdringen des Wassers zu verhindern.

Ist der Fangdamm vollendet, so muß aus dem von ihm eingeschlossenen Raum das Wasser entfernt werden, entweder durch Ausschöpfen oder Auspumpen. Am besten eignet sich hierzu die unter dem Namen „Bau-Schiffs- oder Schachtpumpe“ (Modell Siegmund) bekannte und von jeder Maschinenfabrik beziehbare zweizylindrige Saugpumpe. Diese ist auf einer kurzen Pfoste montiert, so daß sie leicht übertragen und beliebig aufgestellt werden kann. Sie wird von zwei Männern bedient.

5. Spundwände.

Diese haben den Zweck, entweder eine Baugrube während des Baues nur soweit abzuschließen, daß eine Strömung des Wassers im Innern des eingeschlossenen Raumes verhindert wird, z. B. bei Betonfundierungen, um das Herausschwemmen des Zementes zu verhüten, oder sie dienen dazu, nach vollendetem Baue das Fundament gegen Unterwaschung zu schützen.

Die Spundwände bestehen aus 6—10 *cm* starken Pfosten oder bis 20 *cm* starken Pfählen, welche unten zugeschärft und hierauf senkrecht in einer Reihe nebeneinander in den Boden eingetrieben werden. Entweder läßt man diese Pfähle oder Pfosten nur stumpf aneinander stoßen oder sie werden gespundet, d. h. durch Feder und Nut mit einander verbunden. Da durch die Spundung eine wasserdichte Wand nur selten zu erzielen ist, dadurch aber das Einrammen sehr erschwert und die Kosten sehr vergrößert werden, so ist es zweckmäßiger, die Pfähle nur einfach aneinander stoßen zu lassen. Mitunter schlägt man auch die Pfähle nicht dicht nebeneinander ein, sondern läßt zwischen je zweien einen Zwischenraum, welcher durch eine zweite Reihe ebenso eingeschlagener Pfähle gedeckt wird. Die einzelnen Spundwandpfähle werden unten an den beiden Breitseiten zugeschärft. Für sehr festen und steinigen Boden versieht man jeden Pfahl mit einem, in eine scharfe Schneide endigenden eisernen Schuh. Das Einrammen einer Spundwand erfordert große Aufmerksamkeit, damit kein Pfahl seitlich ausweicht und alle in der vorgeschriebenen Linie bleiben. Zu diesem Zwecke wird vor dem Einrammen eine sogenannte Lehre aufgestellt, d. h. ein provisorisches Gerüst, welches die Spundwandpfähle während des Einrammens in der vorgeschriebenen Linie erhält und welches dann wieder entfernt wird (Fig. 116). Dieses Gerüst besteht aus Pfählen, welche in Entfernungen von etwa 3 *m* voneinander eingeschlagen werden, und zwar immer zwei Pfähle knapp einander gegenüber, so daß zwischen ihnen nur Platz bleibt für zwei starke Latten, welche Zwingen heißen und welche ihrerseits zwischen sich nur soviel Zwischenraum lassen, daß man die Spundwandpfähle leicht einschieben kann. Die Zwingen sind mit den Pfählen durch Schraubenbolzen verbunden, welche natürlich entfernt werden müssen, wenn man mit

den Spundwandpfählen zwischen die Gerüstpfähle kommt. Zwischen den Zangen stellt man eine ganze Reihe von Spundwandpfählen auf, und zwar knapp nebeneinander, bezw. so, daß die Federn und Nuten ineinander greifen. Hierauf beginnt man mit dem Einrammen, wobei aber nicht jeder einzelne Pfahl nacheinander gleich bis zur nötigen Tiefe vollständig eingerammt wird, sondern sämtliche Pfähle der ganzen Reihe werden gleichzeitig eingetrieben. Statt der festen Zangen wendet man häufig lose Zangen an, d. h. zwei schmale Pfosten, welche von beiden Seiten an die Spundwandpfähle angelegt

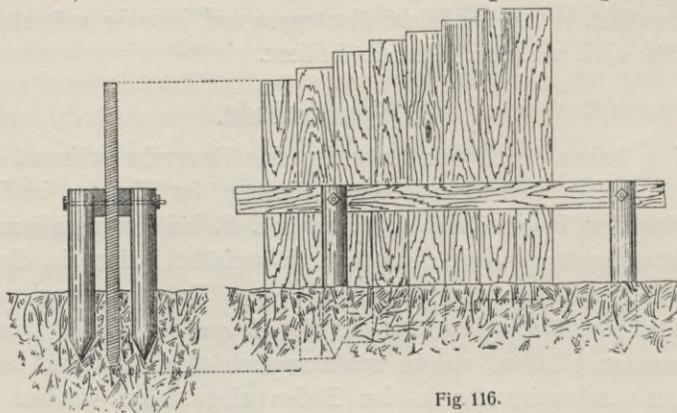


Fig. 116.

und verbolzt werden (Fig. 117). Auch bei festen Zangen wird oft noch das obere Ende der Spundwandpfähle durch solche lose Zangen festgehalten.



Fig. 117.

Die nach der Entfernung der Bolzen bleibenden Löcher werden durch eingetriebene Holzpflocke geschlossen, besonders wenn die Pfähle mit Feder und Nut ineinandergreifen. Bei längeren Spundwänden werden in Entfernungen von 3 bis 6 m stärkere Haupt- oder Richtpfähle gegeben, ebenso kommen solche an die Ecken. Diese Hauptpfähle werden zuerst und gleich auf die nötige Tiefe eingerammt. Sind sämtliche Spundwandpfähle eingerammt, so werden sie in gleicher Höhe abgeschnitten, mit einer Feder versehen und darauf ein mit einer Nut versehener Holm gesetzt.

6. Bohlwerke.

Einen ähnlichen Zweck, wie die Spundwände haben die Bohlwerke oder Bollwerke. Diese sollen meist Erdböschungen gegen Beschädigung durch das Wasser schützen. Zur Herstellung eines Bohlwerkes werden zunächst runde Pfähle von 20—25 cm Durchmesser, bei Bohlwerken über 3 m Höhe bis 30 cm stark, in Entfernungen von 1,25 bis 1,50 m in einer geraden Linie senkrecht eingerammt. Dann werden sämtliche Pfähle in gleicher Höhe abgeschnitten, mit einem Zapfen versehen und ein Holm

daraufgesetzt. Hinter die Pfähle werden an diese 8 bis 10 *cm* starke Pfosten in horizontaler Lage angelegt und an den Pfählen mit hölzernen oder eisernen Nägeln befestigt (Fig. 118). Die Pfosten werden entweder nur aneinander

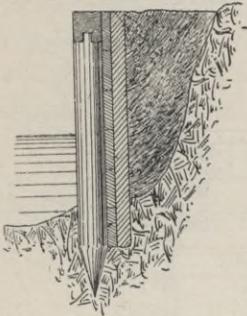


Fig. 118.

gestoßen oder gefalzt oder gespundet. Diese Pfostenwand muß aber mindestens 0.5 *m* tief in die Sohle eingreifen, um eine Unterwaschung des Bohlwerkes zu verhüten; wäre das nicht möglich, so muß besonders an fließenden Gewässern vor das Bohlwerk eine Spundwand geschlagen werden. Unmittelbar hinter die Pfosten wird eine 15 bis 18 *cm* dicke Wand aus Lehm oder Ton gestampft, worauf der weitere Raum mit gewöhnlicher Erde ausgefüllt wird.

Bohlwerke von mehr als 3 *m* Höhe müssen bei jedem dritten oder vierten Pfahl durch einen Erdanker gesichert werden. Dieser besteht aus einem parallel mit dem Bohlwerkspfahl hinter diesem

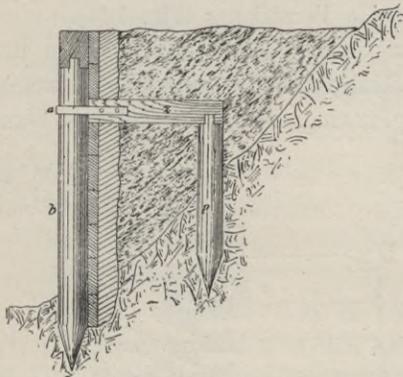


Fig. 119.

eingetriebenen Ankerpfahl und einem horizontal liegenden, diese beiden Pfähle verbindenden Zuganker (Fig. 119 u. 120). Der Zuganker *z* wird mit dem Bohlwerkspfahl *b* am besten durch ein 5 *cm* breites und 6 *mm* starkes eisernes

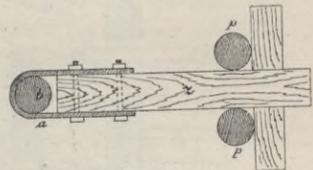


Fig. 120.

Band *a* verbunden, welches an dem Zuganker mit Schraubenbolzen befestigt ist. Mit dem Ankerpfahl *p* wird der Zuganker *z* entweder durch Verzapfung verbunden (Fig. 119), oder besser ist es, wenn man zwei Ankerpfähle eintreibt, zwischen denen der Zuganker durchgeht und hinter diesen Pfählen wird er durch ein mit ihm verkämmtes Querholz festgehalten (Fig. 120). Bei Bohlwerken über 3 *m* Höhe ist es übrigens auch gut, die Bohlwerkspfähle nicht vertikal, sondern etwas geneigt, mit einem Anzug von $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{6}$ der Höhe einzutreiben.

7. Hölzerne Wände.

a) Blockwände.

Diese bestehen aus horizontal aufeinander gelegten und entsprechend miteinander verbundenen runden oder behauenen Balken. Rundhölzer werden zur Eckverbindung von beiden Seiten auf $\frac{1}{4}$ ihres Durchmessers eingeschnitten und außerdem durchbohrt und man läßt in der Ecke eine vertikale

Eisenstange durchgehen (Fig 121). Dann werden auch noch die Stämme von Meter zu Meter mit hölzernen Nägeln verdübelt.

Behauene Hölzer werden in den Ecken entweder durch gewöhnliche Überblattung verbunden, dann muß aber auch eine eiserne Stange durch-

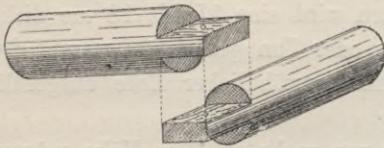


Fig. 121.

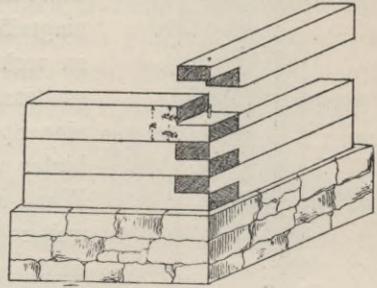


Fig. 122.

gehen (Fig. 122), oder man benützt die Überblattung oder Aufkämmung mit vorstehenden Köpfen (Fig. 123) oder die Verzinkung (Fig. 124).

Tür- und Fensteröffnungen werden durch Säulen, welche oben und unten verzapft werden, hergestellt. Die Säulen erhalten eine Nut, in welche die seitlichen horizontalen Balken mit Zapfen eingreifen. Eine hölzerne Wand

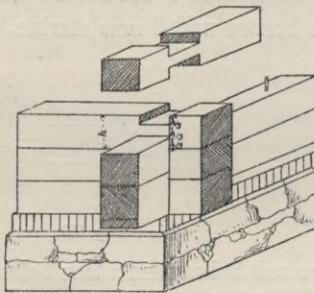


Fig. 123.

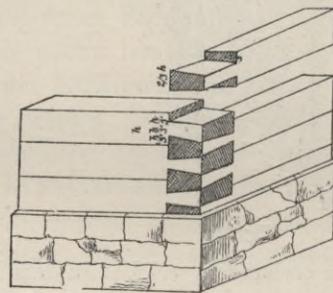


Fig. 124.

soll niemals unmittelbar auf die Erde gestellt werden, sondern sie muß einen gemauerten Sockel erhalten, 0·5 bis 1 m über die Erdoberfläche. Damit das

Regenwasser nicht unter die Balken eindringen kann, wird die obere vordere Kante des Sockels abgestumpft und die Balken bis zur Kante gelegt. Noch besser ist es, auf den Sockel zuerst eine Ziegel-Roll-Schichte (auf



Fig. 125.

der schmalen Kante stehend) zu legen und erst auf diese den Balken, den man etwas vorragen läßt (Fig. 125, siehe auch Fig. 122, 123 und 124). Außerdem gibt man auch noch zwischen den gemauerten Sockel und den untersten Balken eine Isolierschichte, wenigstens eine Lage Dachpappe.

b) Fach- oder Riegelwände.

Diese bestehen aus einem hölzernen Gerippe, dessen leere Zwischenräume mit Lehmsteinen, Kalksandziegeln oder gebrannten Ziegeln ausgemauert werden. Die Fachwände erhalten einen gemauerten Sockel mit einer Isolierschichte wie Blockwände. Auf diesen Sockel kommt zunächst die sogenannte Schwelle, d. i. ein möglichst breiter und womöglich eichener Balken (s in Fig. 126). In den Ecken sind diese Balken durch

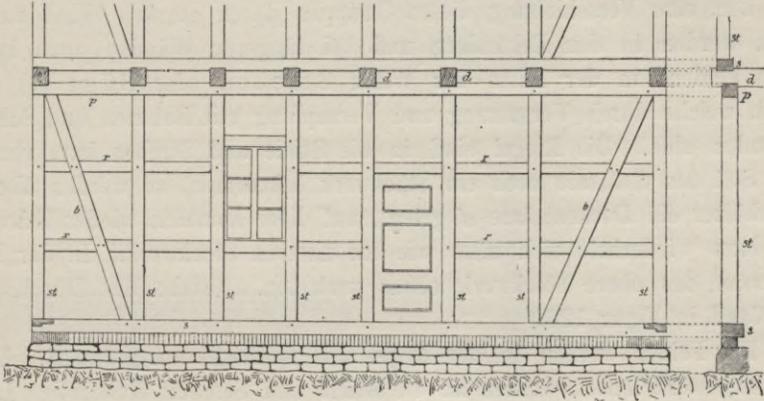


Fig. 126.

Eckverkämmung (französisches Schloß) verbunden. Dimensionen der Schwelle:
 bei leichten Gebäuden 13 cm hoch; 15 bis 21 cm breit
 „ mittleren „ 15 bis 16 „ „ 20 „ 26 „ „
 „ stark belasteten „ 18 „ 25 „ „ 28 „ 36 „ „

In den Schwellen sind die Säulen, Pfosten oder Stiele verzapft (st), u. zw. zunächst in den Ecken, dann zur Begrenzung der Fenster- und Türöffnungen und in den Zwischenräumen zwischen Fenster und Türen, sodaß je zwei Stiele nicht weiter als 1 bis 1.5 m voneinander entfernt sind; wo Streben angebracht sind, kann die Entfernung bis 2 m betragen. Die Stiele können quadratischen oder rechteckigen Querschnitt haben. Die Querschnitt-Dimensionen richten sich nach ihrer Höhe und der auf ihnen ruhenden Last und können aus folgender Tabelle entnommen werden.

Stielhöhe	Höhe des ganzen Gebäudes bis zum Dach						
	m						
	6.0	8.0	9.5	11.0	12.0	14.0	16.0
m	Querschnitt der Stiele in cm ²						
2.5	400	490	550	620	650	700	770
3.0	460	550	600	680	730	800	880
3.5	510	610	670	760	800	880	980
4.0	550	660	740	840	900	960	1080
5.0	650	780	870	960	1000	1110	1200

Die Stiele tragen oben den Rahmen oder die Pfette p , in welche sie verzapft sind. Bei kleineren Gebäuden erhält der Rahmen eine Höhe von 15 bis 16 *cm*, bei mittleren 17 bis 18 *cm*, bei schwer belasteten 19 bis 21 *cm*, die Breite schwankt zwischen 13 bis 25 *cm*.

Die Felder zwischen den Stielen werden durch die Riegel r in kleinere Abteilungen zerlegt, diese erhalten 10 bis 15 *cm* Höhe und 15 *cm* Breite und sollen höchstens 1 bis 1,3 *m* voneinander entfernt sein.

Um eine Verschiebung dieses Gerippes durch starken Wind zu verhüten, werden in den Eckfeldern und bei längeren Wänden auch in einzelnen Feldern in der Mitte der Wand Streben oder Büge (b) angebracht, welche durch Versatzung und Verzapfung mit Rahmen und Schwelle verbunden sind. Die Riegel sind in die Stiele und Streben kurz verzapft.

Soll das Gebäude noch ein Stockwerk bekommen, so werden über die Rahmhölzer die Deckenträme d gelegt, auf diese kommen wieder Schwellen und dann wiederholt sich alles wie im unteren Stockwerk. In der Regel läßt man das obere Stockwerk etwas vortreten. (Siehe den Durchschnitt der Wand in Figur 126.)

Die Felder werden in der Regel auf $\frac{1}{2}$ Ziegel ausgemauert. Damit das Mauerwerk haftet, werden an die Stiele und Streben dreikantige Latten genagelt und die Ziegel entsprechend ausgehauen. Nach außen werden die Riegelwände in der Regel gar nicht verputzt; im Innern aber werden die Stiele, Riegel und Streben verrohrt und dann die ganze Wand verputzt. Aus diesem Grunde läßt man auch das Mauerwerk an der inneren Seite etwas über das Holzwerk vortreten.

Sehr zweckmäßig sind Riegelwände zur Herstellung von Scheidewänden auf freiliegenden Balken, welche nur an den Enden Unterstützung haben.

In diesem Falle muß aber ein Hängebock konstruiert werden, und man nennt so eine Wand Sprengwand (Fig. 127). Die Stiele und Riegel dürfen mit den Streben nicht überblattet werden, um letztere nicht zu schwächen. Man läßt sie einfach anstoßen und befestigt sie mit starken Nägeln an den Streben oder fertigt ganz kurze Zapfen an, mit denen sie in die Streben eingreifen. Um das Gewicht der Sprengwand zu vermindern, mauert man häufig die Felder nicht aus, sondern verschalt die Wand beiderseits mit Brettern, welche verrohrt und verputzt werden.

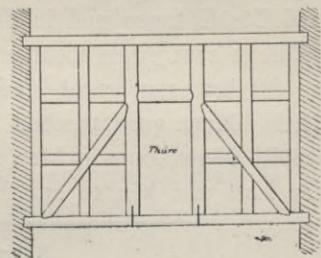


Fig. 127.

e) Bohlenwände.

Diese bestehen aus einer Riegelwand mit Schwellen, Stielen und Rahmen, aber ohne Riegel und Streben. Die Stiele erhalten auf den einander zugekehrten Seiten eine Nut, in welche kurze Pfostenstücke ein-

geschoben werden. Häufig werden die Pfostenstücke untereinander verfalzt (Fig. 128).

d) **Bretterwände.**

Diese werden zumeist als Riegelwände hergestellt, statt aber die Felder auszumauern, werden beide Seiten mit Brettern verschalt und der Zwischenraum bleibt leer oder kann mit trockenem Moos, Sägespänen od. dgl. ausgefüllt werden. Als ganz dünne und sehr leichte Scheidewände können aber auch Bretterwände in folgender Weise hergestellt werden. Auf den Fußboden und an die Decke werden zwei Leisten l genagelt (Fig. 129) und an

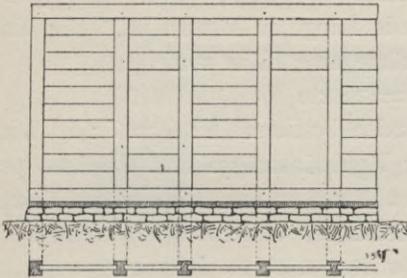


Fig. 128.

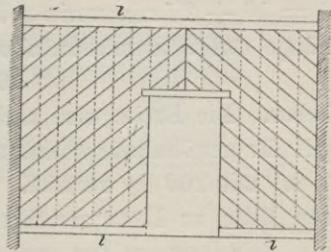


Fig. 129.

diese unmittelbar die Bretter, u. zw. senkrecht. Auf diese Bretter kommt eine zweite Lage, u. zw. entweder so, daß jede Fuge durch ein darüber genageltes Brett verdeckt wird, oder besser, indem die zweite Lage schräg genagelt wird. Noch einfacher kann die Bretterwand hergestellt werden, wenn nur eine Lage Bretter senkrecht angenagelt wird und die Fugen durch darüber genagelte Latten gedeckt werden.

8. Hölzerne Decken-Konstruktionen.

a) **Tramböden oder Sturzdecken.**

Diese bestehen aus vierkantig behauenen Balken, welche Sturzträme oder kurzweg Träme heißen, und welche in Entfernungen von 0·7 bis 1 *m* von Mitte zu Mitte gelegt werden, u. zw. auf den Mauerabsatz, welcher durch die Verstärkung der Mauer in jedem Stockwerk nach unten entsteht. Jeder Balken sollte eigentlich eine Auflage erhalten, welche gleich ist seiner ein- und einhalbfachen Höhe; da aber dann der Tram oft durch die ganze Mauer durchgehen würde, so soll die Auflage mindestens 15 *cm* betragen. Unter die Balken legt man sehr häufig schmale Bretter (Mauerlatten), welche den Zweck haben, die Last der Decke gleichmäßig auf die Mauer zu verteilen, außerdem kann man auf den Mauerlatten bequem die Einteilung machen, wie die Balken zu legen sind. Die Mauerlatten haben aber den Nachteil, daß der Balken seine Auflage verliert, wenn sie verfaulen. Statt der Mauerlatten legt man mitunter auch vierkantige behauene stärkere Hölzer, welche dann Rostschließen heißen. Von größter Wichtigkeit ist es,

alle Vorsichtsmaßregeln zu ergreifen, daß die in der Mauer liegenden Balkenenden nicht abfallen. Zu diesem Behufe werden die Balkenenden nur trocken mit Ziegeln ohne Mörtel ummauert und man läßt zwischen dem Hirnende des Balkens und der Mauer einen kleinen Zwischenraum z (Fig. 130), den man durch einen kleinen Kanal k , der erst später beim Verputzen verschlossen wird, während des Baues mit der äußeren Luft in Verbindung läßt. Um die Balkenenden von der sie umgebenden Mauer zu isolieren, umgibt man sie auch oft mit Bretteln, mit Dachpappe, oder schiebt einen Blechkasten darüber.

Was die Dimensionen der Sturzträme anbelangt, so ist ihre Höhe $h = 16 + 2l \text{ cm}$, worin l die freitragende Länge in Metern ist. Für eine Länge von 6 m müssen also die Sturzträme eine Höhe von

$$16 + 2 \times 6 = 28 \text{ cm}$$

haben. Die Breite wird nach der Proportion bestimmt $h : b = 7 : 5$. Dies gilt für gewöhnliche Belastung, d. h. für Wohnräume, wo man die Last per 1 m^2 mit 200 kg rechnet. Unter diesen Verhältnissen können die Träme von Mitte zu Mitte gerechnet, 1 m voneinander entfernt sein. Wird aber die Belastung größer, so müssen entweder stärkere Balken genommen werden oder sie müssen näher aneinander kommen, etwa 0.70 m von Mitte zu Mitte.

Befindet sich an der Stelle, wo ein Sturztram in die Mauer gelegt werden soll, in dieser ein Rauchfang, so muß eine Auswechslung des Sturztrames stattfinden (Fig. 131). Zwischen die beiden nächsten Träme s und s'

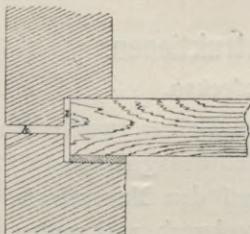


Fig. 130.

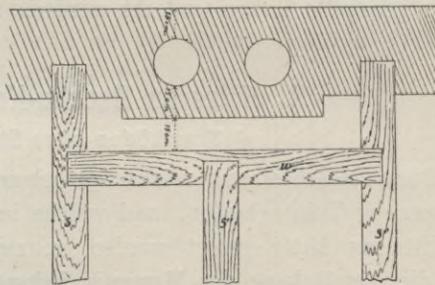


Fig. 131.

wird nämlich ein kurzes Balkenstück, der Wechsel w , gegeben, in welchen erst der Tram s'' kommt. Die Holzverbindung des Wechsels mit den drei Trämen ist das eingelegte Blatt.

Zur Herstellung der Decke würde es für Schuppen, Speicher u. dgl. genügen, über die Sturzträme eine doppelte Verschalung von Bretttern zu legen. Für Wohnräume muß aber eine Decke hergestellt werden, welche Schall und Wärme zurückhält. Zu diesem Zwecke kommt über die Träme a eine doppelte Verschalung b von 2.5 cm starken Bretttern, u. zw. derart,

daß die obere Lage die Fugen der unteren deckt (Fig. 132). Um an Brettern zu sparen, überdeckt man häufig die Fugen der unteren Lage nur mit Schwarten, oder rückt die Bretter weiter auseinander, oder gibt nur eine Lage stärkerer Bretter, welche gefalzt oder gespundet werden. Auf diese Verschalung kommt eine Lage Schutt *c* von mindestens 8 *cm* Höhe, in diesen werden von Meter zu Meter die Polsterhölzer *d* gelegt, auf welche die 3 bis 4 *cm* starken Fußbodenbretter *e* genagelt werden. Neben die Träme werden etwas schwächere Balken *f*, die sogenannten Fehlträme gelegt, u. zw. derart, daß sie etwa 5 *cm* tiefer zu liegen kommen als die Träme. An die

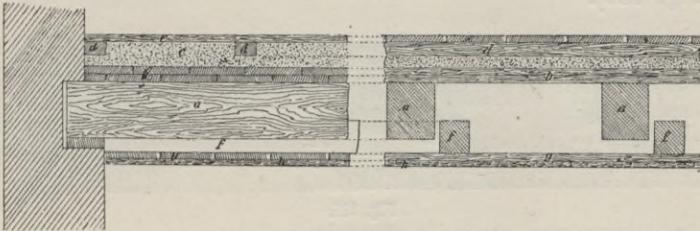


Fig. 132.

Fehlträme kommt unten eine Verschalung von 2 *cm* starken Brettern, welche verrohrt und verputzt werden. Es können sich also die Schwingungen des Fußbodens nicht auf die untere Decke fortpflanzen. Eine derartige Deckenkonstruktion ist die solideste und sie heißt daher auch solide Sturzdecke. Diese Decken haben aber den Nachteil, daß sie zu viel Raum einnehmen, d. h. daß sie zu hoch werden.

Um an Raum zu sparen, werden daher häufig die Decken einfacher konstruiert, allerdings auf Kosten der Solidität. Zunächst läßt man häufig die Fehlträme weg und bringt die untere Verschalung direkt an den Sturzträmen an (Fig. 133). Ferner nagelt man an die Träme Latten und legt

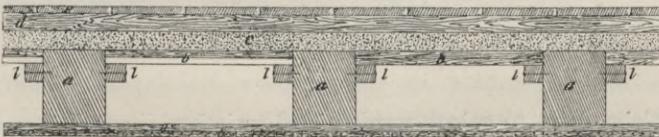


Fig. 133.

auf diese zwei Lagen kurzer Brettchen, so daß deren Oberfläche mit den Trämen in eine Ebene kommt. Darüber kommt dann wie früher die Schutt-schichte mit den Polsterhölzern und dem Fußboden *e*. Oder man nagelt sogar die Latten tiefer unten an die Träme (Fig. 134), legt auf die Latten

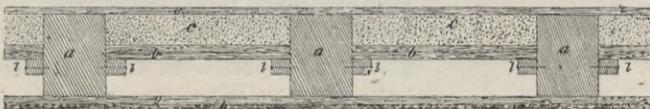


Fig. 134.

wieder eine doppelte Lage Brettchen und füllt den Raum über diesen

bis zur Höhe der Träme mit Schutt aus, worauf die Fußbodenbretter unmittelbar auf die Träme genagelt werden.

Um bei größerer Zimmertiefe eine Verstärkung der Träme dadurch zu erhalten, daß man die Last möglichst gleichmäßig auf alle Träme verteilt, bringt man entweder nur in der Mitte der Träme oder von 1 m zu 1 m zwei Streben 7 bis 10 cm stark an, welche entweder nur an die Träme genagelt oder in diese 3 cm tief eingelassen werden. Außerdem läßt man dazwischen durch alle Träme eine Eisenstange gehen, welche an den Enden mit Schraubengewinden und Mutter versehen ist, um sie anspannen zu können (Fig. 135).

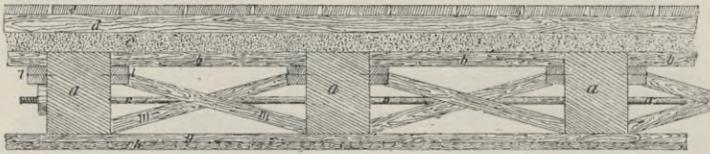


Fig. 135.

Bei großer Belastung und größerer Länge müssen die Träme unterstützt werden. Am besten geschieht dies durch Unterzüge, das sind Balken, welche quer unter den Trämen durchlaufen und von Säulen gestützt werden (Fig. 136). Bei sehr bedeutender Länge der Träme wendet man zwei Unter-

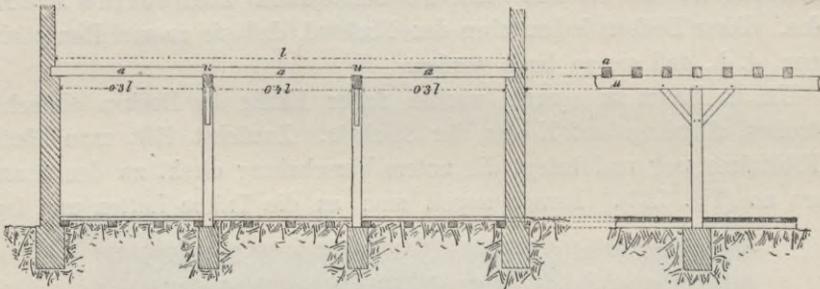


Fig. 136.

züge an, welche dann so gelegt werden, daß zwischen ihnen 0.4 und an den Enden 0.3 der freien Länge der Träme bleibt. Bei geringerer Länge der Träme aber genügt ein Unterzug in der Mitte der Träme. Ist der Unterzug so lang, daß man keinen solchen Balken in der ganzen Länge hat, so muß der Stoß (schräg verzahnte Überblattung) stets über einer Säule sich befinden

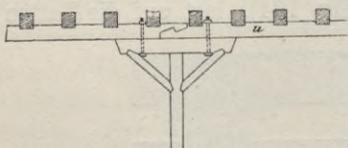


Fig. 137.

und man gibt dann auch unter den Stoß ein Sattelholz (Fig. 137). Die Entfernung der Säulen darf bei großer Belastung nicht größer als 4 bis 5 m sein. Die Säulen erhalten quadratischen Querschnitt, u. zw. erhalten sie eine Stärke in Zentimetern von

$16 + 2h$, worin h ihre Höhe in Metern bedeutet. Die Unterzüge erhalten

einen Querschnitt von $\frac{26}{30}$ bis $\frac{30}{36}$ *cm*. Wäre die Belastung sehr groß, so kann man zwischen den Säulen ein Sprengwerk anbringen.

Kann man die Unterzüge und Säulen in dem unteren Raume nicht anbringen, so kann man eine Stützung der Träme durch Träger oder sogenannte Überzüge anwenden (Fig. 138). Das sind Balken, welche über die Träme gelegt und mit diesen verbolzt werden. Der Träger muß aber auf beiden Enden eine solide Auflage in der Mauer erhalten.

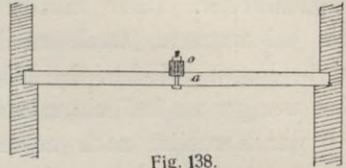


Fig. 138.

b) Dippelböden.

Bei diesen liegen die Balken, welche Dippelbäume heißen, unmittelbar nebeneinander und werden von 1 zu 1 *m* durch hölzerne Nägel miteinander verbunden (Fig. 139). Für diese Decken muß die Verstärkung der Mauer

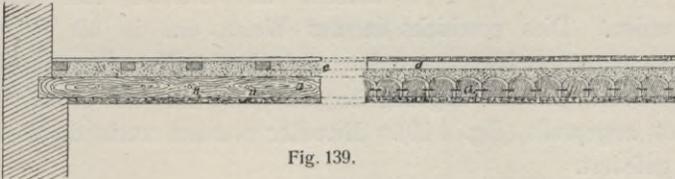


Fig. 139.

in jedem Stockwerke um 7·5 *cm* stattfinden. Die Balken erhalten bei 4 bis 5 *m* Länge eine Höhe von 15 bis 18 *cm*; bei 5 bis 6 *m* 20 *cm*, bei 6 bis 7 *m* 25 *cm* Höhe. Unmittelbar über die Dippelbäume kommt wenigstens 8 *cm* hoch Schutt und in diesen die Polsterhölzer. Unten werden die Dippelbäume direkt verrohrt und verputzt. Diese Decken finden aber sehr selten Anwendung, weil sie zu viel Holz verlangen.*)

9. Fußböden.

Wie schon im vorigen Abschnitt erwähnt wurde, kommt über die Verschalung der Träme eine mindestens 8 *cm* hohe Schuttschichte, in welche die Polsterhölzer eingebettet werden, oder es werden die Fußbodenbretter direkt auf die Träme gelegt. Auch wenn die Decke aus einem Gewölbe besteht, kommt über dieses eine Schuttschichte und ebenso über die später zu besprechenden Traversendecken. Die Schuttschichte muß festgestampft und auch die Polsterhölzer gut unterstampft werden, damit sie fest liegen. Zu den Polsterhölzern nimmt man etwa 10 bis 12 *cm* breite und mindestens 5 *cm* hohe möglichst splintfreie Hölzer, welche auf ihre breite Seite, mit der Kernseite nach unten, etwa 1 *m* voneinander gelegt werden. Die Polsterhölzer sollen aus einem Stück bestehen. Wäre dies bei großer Länge nicht möglich, so müssen die Stöße wechseln. Selbstverständlich müssen die Oberflächen aller Polsterhölzer in einer horizontalen Ebene liegen.

*) In der Bau-Ordnung für Nieder-Österreich gelten sie als feuersichere Decken und sind für das oberste Stockwerk, das heißt unter dem Dachboden, vorgeschrieben.

a) Gewöhnliche weiche Fußböden.

Zu diesen nimmt man 3 bis 4 *cm* starke und möglichst breite, astfreie Fichtenbretter. Diese müssen vollkommen trocken sein und dürfen auch nur bei warmem, trockenem Wetter gelegt werden, weil sonst sehr bald starke Fugen zwischen den Brettern entstehen. Für ebenerdige Lokale ist dies weniger zu befürchten als in oberen Lokalitäten. Die Bretter werden mit der Kernseite nach unten gelegt und werden früher auf der oberen Fläche glatt gehobelt und seitlich aneinander gepaßt u. zw. so, daß die Bretter abwechselnd mit Zopf- und Stammenden aneinander kommen. Sie

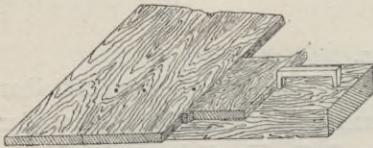


Fig. 140.

müssen deswegen numeriert werden, wie sie nebeneinander liegen sollen. Jedes Brett wird mit zwei Nägeln an jedem Polsterholz befestigt. Um die Bildung von Fugen möglichst zu verhindern, müssen alle Bretter fest aneinander-

gepreßt werden. Dies geschieht in der Weise, daß in die Polsterhölzer eiserne Klammern geschlagen werden und durch Eintreiben zweier Keile wird jedes Brett, ehe es angenagelt wird, erst an die schon liegenden Bretter fest angepreßt (Fig. 140). Mitunter werden auch die Bretter gefalzt oder gefedert.

b) Bessere Fußböden.

Für diese werden möglichst schöne, reine Bretter ausgesucht und alle Bretter zu einer einzigen Tafel verleimt. Nachdem die Bretter gehobelt und zugerichtet sind, werden sie, so wie früher angegeben, gelegt, dabei aber die Kanten zwischen je zwei Brettern mit Leim bestrichen und die Nägel, mit denen die Bretter an den Polsterhölzern befestigt werden, werden nicht ganz eingeschlagen, um sie wieder herausziehen zu können. Ist nämlich der ganze Fußboden gelegt, so wird nur das mittelste Brett fest an die Polsterhölzer genagelt, während alle anderen Nägel wieder herausgenommen werden, sowie der Leim ganz trocken ist. Die Löcher von den Nägeln werden verkittet. An den Wänden werden die Fußleisten befestigt, und es besteht also jetzt der ganze Fußboden aus einer einzigen Tafel, welche sich beim Quellen und Schwinden des Holzes in Folge verschiedener Luftfeuchtigkeit frei bewegen kann, so daß keine Fugen entstehen können. Zum Schlusse wird dieser Fußboden noch ganz glatt gehobelt. Sehr häufig umgibt man solche Fußböden mit einem ebenfalls verleimten, etwa 10 *cm* breiten eichenen Frieß.

c) Parkettenböden.

Die Parketten sind quadratische Tafeln von etwa 60 *cm* Seitenlänge, welche aus einer Umrahmung und einem oder mehreren Kreuzen aus hartem Holz und aus Füllungen bestehen, welche letztere entweder ebenfalls aus hartem Holz oder aber nur aus weichem Holz bestehen und nur mit hartem

Holz furniert sind (Fig. 141). Die Tafeln sind auf allen vier Seiten mit einer Nut versehen, und es gehören zum Legen in die Nuten passende Federn ebenfalls aus hartem Holz.

Für die Parkettenböden muß zuerst ein sogenannter Blindboden gelegt werden, d. h. ein Fußboden aus gewöhnlichen ungehobelten Brettern, auf welchen erst die Parketten gelegt werden. Mit dem Legen der Parketten beginnt man in der Mitte des Zimmers, indem hier eine Tafel durch je zwei auf jeder Seite durch die Nuten geschlagene Nägel an dem Blindboden befestigt wird. Neben dieser Tafel werden die weiteren Tafeln gelegt, so daß immer eine oder zwei Seiten einer Tafel nur durch die Feder, die anderen zwei oder drei Seiten aber durch verdeckt, in den Nuten eingeschlagene Nägel festgehalten werden, so daß oben keine Nägel sichtbar sind.

Die Parkettenböden dürfen nicht gewaschen werden, sie werden daher am besten mit Wachs eingelassen und bei zeitweiliger Reinigung mit Stahlspänen abgerieben.

d) Brettelböden.

Diese sind gegenwärtig sehr verbreitet. Sie bestehen aus eichenen oder buchenen, 10 bis 13 *cm* breiten und 50 bis 100 *cm* langen Brettchen, welche miteinander durch Feder und Nut verbunden und verdeckt direkt

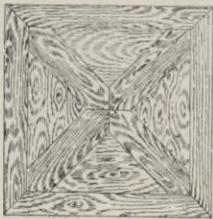


Fig. 141.

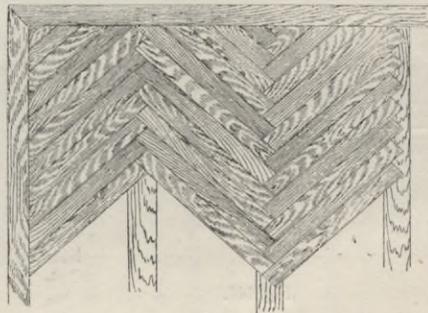


Fig. 142.

an die Polsterhölzer oder auf einen Blindboden genagelt werden, u. zw. so, daß sie mit den Wänden Winkel von 45° bilden (Fig. 142). An den Wänden wird der Fußboden durch Friese eingefast. Diese Fußböden eignen sich besonders für Lokale, wo der Fußboden starker Abnützung ausgesetzt ist.

C. Einfache Eisen-Konstruktionen.

I. Eiserne Träger.

a) Legen und Tragfähigkeit der Träger.

Die Verwendung eiserner Träger oder Traversen zum Tragen von Mauern, Gewölben, Deckenkonstruktionen etc. hat in letzter Zeit selbst bei kleineren Bauten sehr überhand genommen. Man verwendet hiezu aus

Schmiedeeisen gewalzte Träger in I Form. Diese werden nach gewissen Normalprofilen, welche vom österr. Ingenieur- und Architekten-Verein festgestellt wurden, in Längen bis 12 m hergestellt und vorrätig gehalten. Da die Dimensionen des Profiles, nämlich die Höhe h des Trägers, Breite b des Fußes und Dicke d des Steges (Fig. 143) genau eingehalten werden, so läßt sich die Tragfähigkeit der verschiedenen Profilformen berechnen und in

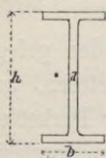


Fig. 143. Tabellenform bringen. (Siehe Seite 99.)

In diesen Tabellen ist für jedes Profil und für die Längen 1 bis 10 m , von $\frac{1}{2}$ zu $\frac{1}{2}$ m fortschreitend angegeben, welche Last der Träger tragen kann. Man hat demnach nur das Gewicht der ganzen Last, die auf dem Träger ruht, zu berechnen, und diese Zahl in der Rubrik für die Länge des Trägers aufzusuchen, um daneben die Nummer des notwendigen Profils, sowie die Höhe des Trägers etc. zu finden.

Jeder Träger muß an beiden Enden eine solide Auflage in entsprechend starken Mauern erhalten, und zwar muß die Auflage a gleich der $1\frac{1}{2}$ fachen Höhe h des Trägers sein (Fig. 144). Um die Last gleichmäßig auf die Mauer zu verteilen, werden die Enden des Trägers nicht direkt auf die Ziegel, sondern auf eine größere Stein- oder Eisenplatte p gelegt. Um die

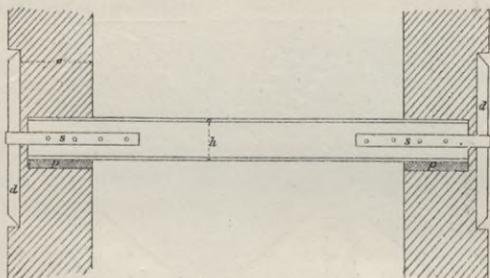


Fig. 144.

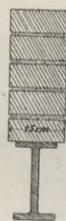


Fig. 145.

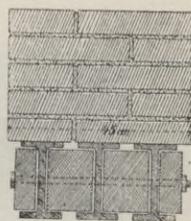


Fig. 146.

Tragfähigkeit des Trägers zu vergrößern, und zwar um die Hälfte, wird der Träger fest eingespannt, in welchem Falle er auch zugleich als Schließe wirkt. An beiden Enden des Trägers wird nämlich ein Stück Schließen-eisen s angenietet, welches durch die Mauer durchgeht und mit einem Öhr versehen ist, durch welches ein 1 m langer Durchschub d gesteckt wird.

b) Träger für Scheidewauern.

Je nach der Stärke der Scheidewauer läßt man diese nur auf einem oder auf mehreren Trägern ruhen (Fig. 145 u. 146), welche in der beschriebenen Weise gelegt und eingespannt werden. Bei mehreren Trägern legt man zwischen die Träger zur besseren Verbindung Balken und läßt von 2 zu 2 m Schraubenbolzen durchgehen. Die Berechnung gestaltet sich in folgender Weise: Es soll beispielsweise eine 15 cm starke, 5 m lange und 4 m hohe Scheidewauer von einem Träger getragen werden. Die Mauer

hat $0.15 \times 4 \times 5 = 3 \text{ m}^3$, und da 1 m^3 frisches Ziegelmauerwerk 1700 kg wiegt, ist dies eine Last von $1700 \times 3 = 5100 \text{ kg}$. Hiezu ist auch noch das Gewicht des Trägers selbst zu rechnen. Da für diesen Fall sich ca. Profil 20 oder 22 ergeben dürfte, kann das Gewicht des Trägers mit 35 kg per laufenden Meter, also für 5 m mit 175 kg angenommen werden. Die ganze Last beträgt also 5275 kg . Liegt der Träger einfach frei auf, so muß diese Zahl oder die nächst höhere in der Tabelle, Seite 99 in Spalte $l = 5 \text{ m}$ aufgesucht werden und man würde dann Profil 24 finden. Ist aber der Träger eingespannt, so erhöht sich seine Tragfähigkeit um die Hälfte, man braucht somit nur die Zahl 3517, resp. die nächst höhere aufzusuchen und findet Profil 20.

Wäre die Mauer 45 cm stark, so hat sie 9 m^3 und daher 15.300 kg Gewicht. Soll die Mauer auf 3 Trägern ruhen, so hat jeder $\frac{1}{3}$ der Last zu tragen, es ergibt sich also dieselbe Rechnung wie oben. Wollte man nur 2 Träger legen, so hat jeder die Hälfte, also 7650 kg und sein eigenes Gewicht zu tragen. Letzteres wird jetzt größer sein, etwa 40 bis 50 kg per laufenden Meter, also im ganzen 250 kg . Die ganze Last für jeden Träger ist demnach 7900 kg . Bei frei aufliegenden Trägern wäre Profil 28, bei eingespannten aber nur Profil 24 nötig. Sicherheitshalber wird man aber in der Regel den Träger zwar einspannen, aber doch so rechnen, als ob er nur frei liegen würde. Für die Bestimmung der Länge des Trägers muß zu der freien Länge noch die Auflage auf beiden Enden, welche gleichzumachen ist der $1\frac{1}{2}$ fachen Höhe, addiert werden.

c) Träger für Decken aus Ziegelgewölbe.

Die feuersicheren Decken mit Traversen können in mannigfacher Weise hergestellt werden. Die gewöhnliche Konstruktion ist die, daß von 2 zu 2 m die Traversen t eingespannt werden (Fig. 147). Zwischen die Traversen

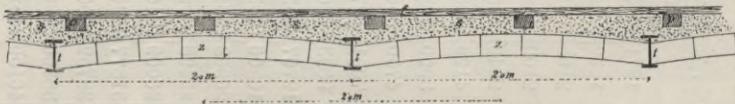


Fig. 147.

spannt man ein flaches $\frac{1}{2}$ ziegelstarkes Gewölbe z ein, darüber kommt über den höchsten Punkt zirka 8 cm hoch Schutt s , in diesen die Polsterhölzer p und darauf der Fußboden f .

Für die Ermittlung des Traversenprofils muß man die Last berechnen, welche jeder Träger zu tragen hat. Da die Träger 2 m auseinander liegen, so hat jeder Träger nach jeder Seite hin 1 m , also im Ganzen einen 2 m breiten Streifen der Decke zu tragen. Diese Last beträgt für jeden laufenden Meter des Trägers:

rund 2 m ² Ziegelgewölbe	0·15 m stark	= 0·3 m ³ à 1700 kg	= 510 kg
„ 2 m ² Schutt,	$\frac{0·20 + 0·08}{2}$	= 0·14 m hoch = 0·28 m ³ à 1200 „	= 336 „
1 Stück Polsterholz,	2 m lang, 10 cm breit, 5 cm hoch,		
daher	0·01 m ³		
2 m ² Fußboden	4 cm stark	= 0·08 m ³ Holz à 700 kg	. 63 „
1 laufenden Meter der Traverse per			50 „
Eigenes Gewicht der Decke per 2 m ²			959 kg
Hiezu die zufällige Belastung, für Wohnräume mit 200 kg per 1 m ²			400 „
		Totale Last per 1 m Länge des Trägers	1359 kg

Hätte das Zimmer eine Tiefe von 6 m, so ist die ganze Last, welche jeder Träger zu tragen hat, $1359 \times 6 = 8154$ kg. Bei frei aufliegenden Trägern wäre nach der Tabelle, Seite 99, Profil Nr. 28 a nötig, bei eingespannten aber nur Profil Nr. 24 a. Der größeren Sicherheit wegen ist es aber besser, wenn man zwar die Träger einspannt, aber doch ihr Profil so wählt, als ob sie nur frei aufliegen würden.

d) Träger für Betondecken.

Für gewöhnliche Wohnräume von 5 bis 6 m Tiefe legt man in Entfernungen von 1 m Traversen, *t*, bringt dann unter diesen, u. zw. 1 bis 2 cm unter dem Fuße eine auf einem Lehrgerüste ruhende Verschalung an und stampft auf diese eine 10 bis 15 cm starke Betonschichte *b*, so daß von dieser der Fuß der Traversen vollkommen eingehüllt wird. Die Verschalung



Fig. 148.

wird erst nach vollständigem Erhärten der Betonschichte entfernt. Unter dieser Schichte kommt eine Schuttschichte *s* und Polsterhölzer *p* eingebettet werden nagelt werden (Fig. 148).

Die Traversen haben pro Seite hin einen $\frac{1}{2}$ m breit tragen, welche folgende

- 1 m² Beton 0·15 m
- 1 „ Schutt 0·15 „
- 1 Polsterholz 1 m
- 1 „
- 1 m² Fußboden
- 1 m der Tr

Hiezu die

Für eine Zimmertiefe von 6 m wäre die Belastung einer Traverse $746.5 \times 6 = 4479 \text{ kg}$; für frei aufliegende Träger wäre also Profil 24, für eingespannte nur Profil 20 notwendig.

Für Beton-Decken über größeren Räumen legt man zuerst in Entfernungen von 2.5 bis 3 m größere Hauptträger (*T* in Fig. 149) und zwischen diese auf die unteren Flanschen in Entfernungen von 1 m schwache Querträger *t*, welche mittelst Winkeleisen mit den Hauptträgern vernietet werden. Dann wird eine 15 cm starke Betonschichte auf ein Lehrgerüste gestampft, so daß die Fußflanschen sämtlicher Träger eingehüllt werden. Diese Betonschichte wird über jedem Querträger bis zur Höhe der Hauptträger erhöht, und auf diese Erhöhungen kommen die Polsterhölzer zu liegen. Der Raum zwischen der Betonschichte und dem Fußboden wird

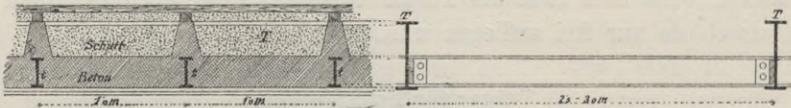


Fig. 149.

natürlich mit Schutt ausgefüllt. Die Berechnung geschieht in folgender Weise, indem zuerst die Querträger und dann erst die Hauptträger gerechnet werden.

Jeder Querträger hat per 1 laufenden Meter Länge zu tragen:

1 m² Beton 0.15 m stark . . = 0.15 m³

Erhöhung des Betons über dem

$$+ \frac{6.16}{1} \times 0.22 \times 0.03 \text{ „ } 0.18 \text{ m}^3 \text{ à } 2000 \text{ kg} = 360 \text{ kg}$$

$$0.25 \text{ m}^3 \text{ à } 1200 \text{ kg} = 300 \text{ „}$$

$$\text{„} \text{ à } 700 \text{ kg} = 31.5 \text{ „}$$

$$= 20 \text{ „}$$

$$711.5 \text{ kg}$$

$$200 \text{ „}$$

$$911.5 \text{ kg.}$$

den 3 m

er sogar

Jeder laufende Meter der Hauptträger hat 3 m^2 der Decke samt der zufälligen Belastung zu tragen, wofür pr. 1 m^2 ermittelt wurde: 911.5 kg ,
daher $3 \times 911.5 = 2734.5 \text{ kg}$

Hiezu das Gewicht des Hauptträgers per 1 m Länge 100.0 „
Gesamtlast $\underline{2834.5 \text{ kg}}$.

Hätten die Hauptträger eine Länge von 7 m , so ist die Gesamtlast für den ganzen Träger $7 \times 2834.5 \text{ kg} = 19841.5 \text{ kg}$, wofür Profil Nr. 40 nötig ist, wenn die Träger eingespannt werden.

2. Eiserne Säulen.

Zur Unterstützung größerer oder stark belasteter Decken kann man hölzerne oder eiserne Unterzüge anwenden, welche durch gußeiserne Säulen gestützt werden. Diese Säulen sind hohl und haben den zehnten Teil ihres Durchmessers als Wandstärke. Die Säulen bestehen aus drei Teilen, die Fußplatte, die Säule und das Kopfstück. Bei schwachen Säulen sind diese 3 Teile in einem Stück gegossen, bei stärkeren Säulen aber jeder Teil für sich.

Die Fußplatte hat zur Verstärkung 4 bis 8 Rippen (Fig. 150) und

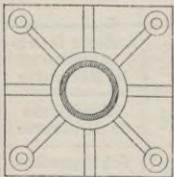


Fig. 150.

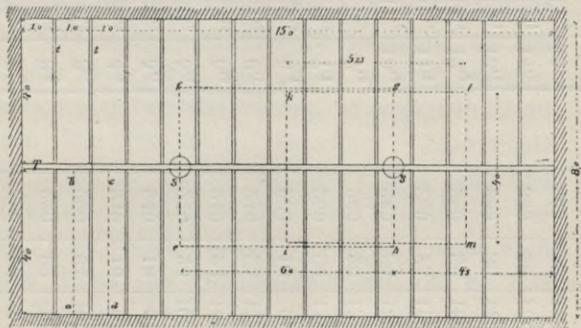


Fig. 151.

wird mit der Untermauerung durch Schrauben verbunden. Zwischen die Untermauerung und die Fußplatte kommt eine Bleiplatte oder Zement.

Der notwendige Durchmesser der Säule läßt sich mit Hilfe der Tragfähigkeitstabelle (Seite 104) nach der Last, welche die Säule tragen soll, leicht finden.

Die Verwendung und Berechnung der Säulen soll an folgendem Beispiel erläutert werden: Es soll über einem 15 m langen und 8 m breiten Raume eine Betondecke hergestellt werden, welche stark belastet werden soll, etwa mit 300 kg per 1 m^2 . Als Stützung für die Decke können Säulen Verwendung finden.

Die Konstruktion könnte in folgender Weise geschehen: In der Mitte des Raumes wird der Länge nach ein Hauptträger T gelegt, der durch zwei Säulen S gestützt wird, welche so angebracht werden, daß jede von dem Ende des Trägers 0.3 der freien Länge desselben, also 4.5 m , und beide voneinander 0.4 der freien Trägerlänge, also 6 m entfernt sind (Fig. 151).

Tragfähigkeits-Tabellen stehend gegossener Säulen.

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Schaffgewicht per laufenden Meter in Ko.	Tragfähigkeit der Säulen in Tonnen bei 6facher Sicherheit und einer Länge in Meter									
			2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
			2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
100	12	24.1	7.3	5.9	4.8	3.7	2.7	2.1	1.6	1.3	1.1	0.9
100	14	27.4	8.2	6.5	5.3	4.0	2.9	2.2	1.5	1.2	1.0	1.0
100	16	30.6	8.9	7.1	5.7	4.2	3.1	2.4	1.6	1.3	1.1	1.1
130	14	37.0	14.7	12.3	10.4	8.5	7.3	6.5	4.9	3.9	3.2	2.7
130	16	41.5	16.4	13.9	11.6	9.8	8.4	7.2	5.4	4.3	3.5	2.9
130	18	45.9	17.9	14.9	12.3	10.6	9.0	7.5	5.5	4.6	3.7	3.1
130	20	50.1	19.2	16.0	13.5	11.3	9.6	7.9	6.0	4.8	3.9	3.2
150	14	43.4	19.4	16.9	14.5	12.6	10.9	9.5	8.3	7.1	5.7	4.7
150	16	48.9	21.8	18.8	16.2	14.0	12.1	10.5	9.2	7.8	6.2	5.1
150	18	54.1	23.9	20.6	17.8	15.3	13.2	11.5	10.0	8.4	6.6	5.4
150	20	59.2	25.9	22.4	19.2	16.5	14.3	12.4	10.5	8.8	7.1	5.8
160	14	46.5	22.0	19.3	16.8	14.7	12.8	11.2	9.9	8.7	7.6	6.1
160	16	52.3	24.5	21.5	18.8	16.4	14.2	12.3	11.0	9.7	8.2	6.7
160	18	58.2	27.0	23.6	20.6	17.8	15.6	13.6	12.0	10.5	8.8	7.1
160	20	63.8	29.9	25.6	22.3	19.0	16.8	14.7	12.8	11.4	9.2	7.6
180	16	59.7	30.2	27.1	24.1	21.3	19.0	16.8	14.9	13.3	11.9	10.7
180	18	66.4	33.3	29.8	26.4	23.4	20.7	18.3	16.3	14.5	12.9	11.6
180	20	72.9	36.6	32.7	28.9	25.6	22.7	20.1	17.9	15.9	14.2	12.8
180	22	79.2	39.3	35.1	31.0	27.4	24.2	21.4	19.0	16.9	15.1	13.4
200	16	67.1	35.9	32.7	29.6	26.6	24.0	21.6	19.3	17.4	15.7	14.2
200	18	74.6	39.6	35.9	32.4	29.1	26.1	23.4	21.0	18.8	17.0	15.3
200	20	82.0	43.3	39.3	35.6	32.0	28.7	25.7	23.1	20.7	18.7	16.9

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Schaffgewicht pr. laufenden Meter in Ko.	Tragfähigkeit der Säulen in Tonnen bei 6facher Sicherheit und einer Länge in Meter									
			2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
			2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
200	22	89.2	46.9	42.4	38.1	34.2	30.5	27.3	24.5	22.0	19.8	17.8
200	24	96.2	50.8	45.8	41.1	36.9	32.9	29.5	26.4	23.8	21.4	19.2
220	16	74.3	41.4	38.2	35.0	31.9	28.9	26.2	23.9	21.6	19.7	17.4
220	18	82.8	46.1	42.6	38.9	35.3	32.2	29.2	26.6	24.1	21.9	20.0
220	20	91.1	50.3	46.3	42.3	38.3	34.7	31.4	28.4	25.8	23.3	21.2
220	22	99.2	54.7	50.3	46.0	41.7	37.8	34.2	30.9	28.0	25.4	23.1
240	16	81.6	47.0	43.7	40.4	37.3	34.1	31.3	28.6	26.1	24.0	22.0
240	18	91.0	52.3	48.7	45.1	41.9	38.0	34.9	31.9	29.1	26.7	24.3
240	20	100.2	57.6	53.6	49.6	45.7	41.9	38.4	35.1	32.1	29.4	26.9
240	22	109.3	62.1	57.7	53.2	48.8	44.6	40.7	37.1	33.9	30.9	28.3
240	24	118.1	67.1	62.4	57.5	52.8	48.2	44.0	40.1	36.7	33.4	30.6
260	18	99.2	58.3	54.5	50.9	47.2	43.6	40.2	37.1	34.1	31.3	28.9
260	22	119.3	70.1	65.6	61.2	56.8	52.5	48.4	44.6	41.0	37.7	34.7
260	26	138.3	81.4	76.2	71.1	65.9	61.0	56.2	51.8	47.6	43.8	40.3
260	30	157.2	91.3	85.4	79.1	73.9	67.9	62.0	56.8	52.0	47.7	43.8
280	22	129.3	77.6	73.3	68.8	64.4	59.9	55.8	51.7	47.8	44.2	41.0
280	26	150.4	90.3	85.3	80.1	74.9	69.7	64.9	60.2	55.9	51.5	47.7
280	30	170.8	101.3	95.4	89.3	83.2	77.0	71.4	66.0	60.8	56.1	51.8
300	24	150.9	92.4	88.2	83.7	78.9	74.1	69.3	64.6	60.6	56.4	52.6
300	28	173.5	105.1	99.8	94.3	88.8	82.8	77.7	71.8	66.8	62.0	57.7
300	32	195.0	118.3	112.3	106.1	99.7	93.2	87.0	80.8	75.2	69.8	64.9

Senkrecht auf den Hauptträger werden von 1 zu 1 m je 4 m lange Querträger gelegt und mit dem Hauptträger vernietet. Die übrige Konstruktion der Decke geschieht ebenso, wie in Fig. 149 dargestellt ist.

Die Berechnung gestaltet sich nachstehend:

Zuerst werden die Querträger gerechnet, von denen ein jeder einen Streifen a, b, c, d der Decke zu tragen hat von 1 m Breite, 4 m Länge, also 4 m^2 . Da die Konstruktion ganz so geschehen soll, wie in Fig. 149 dargestellt ist, wird auch das Eigengewicht der Decke dasselbe sein. Dort wurde per 1 m^2 gefunden 711·5 kg . Hiezu ist die zufällige Belastung zu addieren, welche hier 300 kg per 1 m^2 betragen soll, also ist die Gesamtlast für 1 m^2 nunmehr 1011·5 kg und für 4 m^2 daher 4046 kg , wofür Profil 18 genügt. Jetzt wird der Hauptträger gerechnet, und zwar für die größte freie Länge von 6·0 m zwischen den beiden Säulen. Hier hat der Hauptträger den Teil e, f, g, h der Decke zu tragen von 6 m Länge, 4 m Breite, also 24 m^2 . Die Gesamtlast der Decke per 1 m^2 wurde oben mit 1011·5 kg gefunden, was also für 24 m^2 24276 kg beträgt, wozu noch das Gewicht des 6 m langen Trägers kommt. Per 1 laufenden Meter dürfte derselbe 100 kg wiegen, also für 6 m Länge 600 kg ; die Gesamtlast für den Hauptträger ist also 24876 kg . Da derselbe jedenfalls an den Enden eingespannt wird und die drei Teile, aus denen er wohl bestehen wird, auch über den Säulen miteinander vernietet werden, so genügt Profil 40 vollauf. Zum Schlusse werden nun die Säulen gerechnet. Jede Säule hat einen Teil i, k, l, m der Decke zu tragen, welcher 1·25 m lang und 4 m breit ist, also 21 m^2 . Die Last der Decke ohne den Hauptträger beträgt für 1 m^2 1011·5 kg , für 21 m^2 daher 21241·5 kg ; hiezu kommt noch das Gewicht des 5·25 m langen Teiles des Hauptträgers mit 525 kg , also zusammen 21766·5 kg = 21·8 Tonnen. Wären die Säulen 4 m hoch, so ist laut Tragfähigkeitstabelle auf Seite 104 ein äußerer Durchmesser von 180 mm notwendig.

3. Schließen.

Diese haben den Zweck, die Mauern zusammenzuhalten und ein Trennen und Verschieben der Mauern zu hindern. Man verwendet zu Schließen gewalzte schmiedeeiserne Stangen von höchstens 7 cm^2 Querschnitt. Für gewöhnliche Häuser verwendet man als Schließen jene Stangen, von denen 6 oder 7 auf einen Zoll-Zentner von 50 kg gehen. Das Ende der Schließe wird mit einem Auge versehen, durch welches ein 1 m langer Durchschub gesteckt wird. Zu diesem nimmt man eine um eine Nummer stärkere Stange. Um die Schließen einziehen zu können, bleibt in der Mauer eine quadratische Öffnung von etwa 10 cm Seite. Ebenso muß für die Aufnahme des Durchschubes eine sogenannte Schließenritze ausgespart

werden (Fig. 152). Um aus den Eisenstangen eine längere Schließe herzustellen, werden die Stangen aneinandergeschweißt, event. auch noch vernietet. Um die Schließe nach dem Einziehen anspannen zu können, wird sie aus zwei Teilen hergestellt. Die Enden übergreifen einander etwas und werden umgebogen. Sie werden aneinandergelegt, durch zwei eiserne Hülsen *c* und *d* zusammen gehalten (Fig. 153) und dann durch zwei gegeneinander

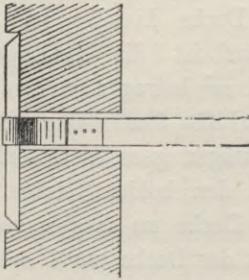


Fig. 152.

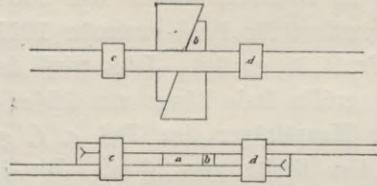


Fig. 153.

eingetriebene Keile *a* und *b* eine Anspannung erzielt. Weniger im Gebrauche ist die Verzahnung (Fig. 154) oder das Schraubenschloß (Fig. 155). Bei letzterem haben die beiden Schließenden *a* und *b* entgegengesetzt geschnittene Schraubengewinde, so daß eine Anspannung der Schließe eintritt,

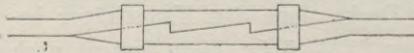


Fig. 154.

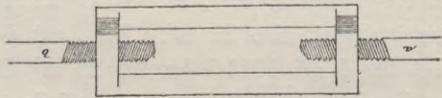


Fig. 155.

wenn das Verbindungsstück gedreht wird. Mitunter versieht man auch, besonders bei Roh- und Fabriksbauten, die äußern, durch die Mauer herausragenden Enden der Schließen mit Schraubengewinden und bringt statt des Durchschubes eine Schraubenmutter an, so daß durch Anziehen der Schraubenmutter eine Anspannung erzielt wird.

Für die unter der Erdoberfläche befindlichen Mauern sind keine Schließen notwendig, weil der Erddruck die Mauern zusammenhält. Das oberirdische Mauerwerk aber muß durch Schließen zusammengehalten werden, welche in jedem Stockwerk zwischen dem Fußboden und dem Plafond des unteren Stockwerkes angebracht werden, und zwar müssen die Schließen in zwei aufeinander senkrechten Richtungen angebracht werden, u. zw. in Entfernungen von 2 bis 4 *m* voneinander. Um an Eisen zu sparen, benützt man die Deckenträme, sowie die Bundträme, dann Rostschließen und Mauerbänke als Schließen, indem an die Enden der Balken ein kurzes Stück Schließeneisen genagelt wird, welches mit Auge und Durchschub versehen

ist (Fig. 156 und 157). In derselben Weise werden auch die Traversen als Schließen benützt. Diese kurzen Schließeneisen heißen Schlagschließen.

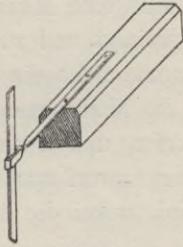


Fig. 156.

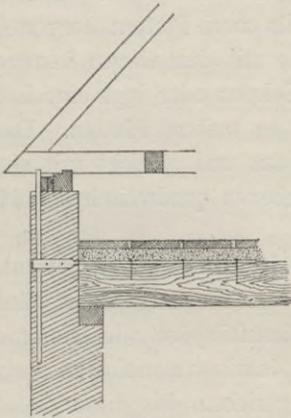


Fig. 157.

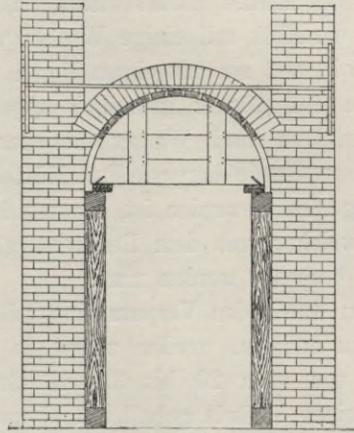


Fig. 158.

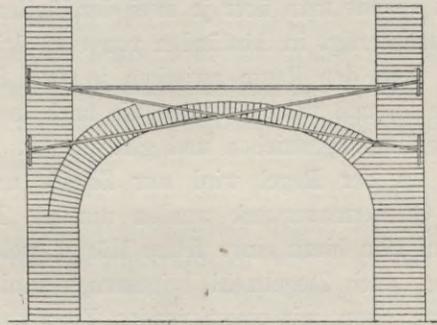


Fig. 159.

Bei Gewölben sollen eigentlich die Schließen an der Stelle durchgehen, wo sich die Bruchfuge befindet. Da dann aber die Schließen in dem unteren Raume sichtbar wären, so zieht man sie am Schlusse des Unterbogens (Fig. 158) oder bei schwachem Ziegelgewölbe am Schlusse des Oberbogens durch.

Bei elliptischen Gewölben gibt man oft zwei sich kreuzende Schließen (Fig. 159).

D. Verputz der Mauern und Holzwände.

a) Verputz von Mauern.

Die Mauern, welche verputzt werden sollen, müssen vollkommen ausgetrocknet sein, sie sollen daher nicht früher als 2 bis 3 Monate nach ihrer Vollendung in günstiger Jahreszeit verputzt werden; der Verputz soll noch Zeit haben, vollkommen trocken zu werden, ehe Frostwetter eintritt. Die inneren Wände eines Gebäudes werden mit gewöhnlichem Luftmörtel verputzt, die äußeren Flächen aber, welche den Einflüssen der Atmosphäre aus-

gesetzt sind, sollen mit hydraulischem Mörtel oder mit Luftkalk mit Zusatz von Zement verputzt werden. Zum Verputz darf niemals, wie schon beim Löschen des Kalkes erklärt wurde, frisch gelöschter Kalk verwendet werden, sondern der Kalk soll einige Wochen abgelegen sein. Ehe eine Mauer verputzt wird, muß sie mit einem Besen von Staub etc. gereinigt und vor dem Anwerfen des Mörtels gründlich angehäßt werden, damit nicht die Steine dem Mörtel zu rasch Wasser entziehen. Zuerst wird die Mauer mit einem aus grobem Sande hergestellten Mörtel einfach angeworfen, und wenn diese erste Lage fest geworden ist, kommt darüber ein zweiter Anwurf aus feinem Sande, welcher mit dem Reibbrett glatt gerieben wird, wobei die Mörtelschichte bespritzt werden muß.

Um durch den Verputz eine vollkommen ebene und zugleich vertikale Fläche zu erzielen, werden zuerst in den oberen Ecken zwei Platten glattgeputzt von etwa 20 bis 30 *cm* Seitenlänge. An diese wird dann die Schnur eines Senkels gehalten und unten ebenfalls zwei Platten hergestellt, sodaß ihre Oberflächen in einer vertikalen Ebene mit den oberen kommen. Jetzt spannt man über je zwei der Platten eine Schnur oder legt eine Latte an und fertigt in Abständen von etwa 1·5 bis 2 *m* weitere Platten. Dann füllt man den Raum zwischen je zwei Platten aus und streicht mit einer Latte ab, und zuletzt werden die noch leer gebliebenen quadratischen Felder ausgefüllt, abgestrichen und glattgeputzt.

In der Regel wird nur Ziegel- und Bruchsteinmauerwerk verputzt. Bei Quadermauerwerk werden nur die Fugen verschlossen. Sehr häufig nimmt man hiezu einen fetten Mörtel, welchem Eisenfeilspäne oder Hammer Schlag, auch Ziegelmehl beigemischt wird. Die damit verstrichenen Fugen werden dann mit einem runden Eisen so lange gerieben, bis dieser Mörtel schwarz wird. Auch Bruchsteinmauern aus großen Steinen werden häufig nur so behandelt.

Wird durch den Verputz einer Ziegel- oder Bruchsteinmauer Quadermauerwerk nachgeahmt, so nennt man diese Art des Verputzes „Quaderverputz“. Wird auf die erste Mörtelschichte als zweite Schichte statt des feinen Mörtels ein ganz grober, aus etwa erbsen- bis haselnußgroßen Steinchen bestehender Mörtel geworfen, welcher nicht glatt gerieben wird, so nennt man dies Spritzwurf. Dieser findet Anwendung für den Sockel von Mauern.

b) Verputz von Holzwänden.

Wenn eine Holzwand mit Mörtelputz versehen werden soll, so muß die glatte Holzwand zuerst auf irgend eine Weise rauh gemacht werden, damit der Mörtel haften kann. Bei Bretterwänden muß auch dafür gesorgt werden, daß die Bretter sich nicht unter dem Verputze werfen und dadurch den Putz absprengen können. Aus diesem Grunde muß die Verschalung mit möglichst schmalen Brettern geschehen, welche noch der Länge nach in der Mitte durch Einhauen der Axt zerspalten werden.

Um die Holzwand rau zu machen, versieht man diese durch Hiebe mit einem scharfen spitzigen Hammer mit Einkerbungen, oder man schlägt in Entfernungen von 5 bis 8 *cm* hölzerne oder eiserne Nägel ein, welche man 1 bis 2 *cm* herausstehen läßt, und wirft zwischen diese den Mörtel. Ist die erste Schichte des Mörtels trocken geworden, so kommt darauf noch eine zweite, welche glatt geputzt wird. Für die erste Schichte mengt man dem Mörtel oft Flachsabfälle, gehacktes Stroh, Queckenwurzeln etc. bei. Am besten ist aber die Verrohrung der Wände. Zu diesem Zwecke werden über die Holzwand in Entfernungen von 15 *cm* ausgeglühte Drähte gespannt, welche um eingeschlagene Nägel (Rohnägel) gewickelt sind. Die Drähte werden parallel zur Längsrichtung der Bretter oder Balken gespannt. Dann wird zwischen die Bretterwand und die Drähte, senkrecht auf letztere Schilfrohr von etwa 5 *mm* Stärke, welches geputzt, d. h. enthülst und entbartet sein muß, ausgebreitet, und zwar derart, daß zwischen je zwei Rohrstengeln ein Zwischenraum von der Stärke eines Rohres bleibt. Hierauf werden die Drähte in Entfernungen von 15 *cm* mit den Rohnägeln an die Holzwand genagelt, wodurch die Rohrstengel an die Holzwand angepreßt werden und nun nicht verschoben werden können. Dann wird die Wand mit Mörtel beworfen. Zu diesem ersten Anwurf nimmt man Mörtel aus grobem Sand und fügt häufig etwas Gips bei. Auf die erste Schichte kommt, wenn sie trocken ist, eine zweite, welche glatt geputzt wird.

In neuerer Zeit fertigt man aus dem Rohr eine Art Matte an, indem die Rohrstengel an Drähte, welche 15 *cm* auseinander liegen, mit dünnem Draht angebunden werden und zwar in Entfernungen von 5 bis 10 *mm*. Diese Matten werden in einer Breite von 1·5 bis 2·5 *m* angefertigt und in Längen bis zu 60 *m*. Man braucht also nur die fertige Matte an die Holzwand zu befestigen, indem die Drähte von 15 zu 15 *cm* angenagelt werden. Die Drähte laufen dabei, wie früher, parallel mit den Balken oder Brettern, sodaß die Rohrstengel senkrecht zu diesen liegen. Das Verrohren mit diesen fertigen Matten geht sehr schnell.

c) Der Mauerfraß.

Unter dem Worte Mauerfraß versteht man eine Erscheinung, wobei die Mauer sich beständig feucht zeigt und mit einem weißlichen Überzuge versehen ist. Kehrt man diesen ab, so ist er in kurzer Zeit wieder vorhanden. Dieser weißliche Beschlag kann aus kohlen-saurem Natron, aus chlorsaurer Kalk oder aus salpetersaurer Kalk bestehen. Mit der Zeit wird die Mauer immer mehr naß, schließlich fällt der Verputz ab und selbst die Bindekraft des Mörtels zwischen den Steinen wird zerstört, so daß die Mauer sogar zum Einsturz kommen kann. Die Ursache dieser Erscheinung liegt entweder in der Mauer selbst, wenn die Bausteine oder der Sand, oder das Wasser des Mörtels Salze enthalten, oder aber sehr häufig sind Salpetersäuredämpfe die Ursache, welche sich bei der Fäulnis organischer Stoffe, in Stallungen,

Aborten etc., bilden. Das sicherste Mittel zur Verhütung dieses Übels ist sorgsame Auswahl der Materialien und Verhinderung des Aufsteigens der Grundfeuchtigkeit in die Mauer.

Ist eine Mauer von diesem Übel ergriffen, so muß man vor allem nach der Ursache forschen. Sind faulende Stoffe daran schuld, so wird nach deren Beseitigung das Übel sich beheben lassen. Liegt aber die Ursache in der Mauer selbst, in einem Salzgehalte der Steine oder des Mörtels, so ist eine Abhilfe sehr schwer und es wäre am besten, die Mauer abzubrechen und durch eine neue zu ersetzen. Ist das aber nicht möglich, z. B. bei einer Mauer eines Hauses, so muß man wenigstens trachten, dem Übel für eine Zeit lang zu begegnen. Zu diesem Zwecke wird der feuchte und lockere Verputz abgeschlagen und auch noch ein Stück des festen Verputzes. Aus den Fugen wird gleichfalls der lockere Mörtel herausgekratzt, und wenn schon die Steine oder Ziegel angegriffen sind, wird der angegriffene Teil weggeschlagen. Hierauf läßt man die Mauer gründlich austrocknen, weshalb man diese Arbeit während der heißen Sommermonate vornimmt. Ist es möglich, so durchbricht man auch die Mauer an einigen Stellen zur Beförderung der Austrocknung. Ist die Mauer gut ausgetrocknet, so werden die ausgehauenen Stellen mit Ziegelstücken ausgefüllt und dann die Mauer neuerdings mit hydraulischem oder Zementmörtel verputzt. Sehr gut ist es, über den Verputz eine 4 *mm* starke Schichte von sogenanntem Mastixzement zu geben, nachdem man vorher die Mauer mit Leinöl getränkt hat. Der Mastixzement besteht aus einem innigen Gemenge von 70 Gt. gepulvertem Kalkstein, 30 Gt. gesiebttem reinen Sand, 3 Gt. Bleiglätte. Dieses Gemenge wird nach und nach in 8 Gt. gutes altes, vorher gekochtes Leinöl eingerührt und gut durchgearbeitet. Nach 14 Tagen ist die aufgetragene Masse vollkommen hart und man kann ohne Gefahr darüber Tapeten geben.

E. Gerüste.

Die einfachsten Gerüste, welche bei kleineren Neubauten und Reparaturen fast ausschließlich Anwendung finden, wenn es sich nur um geringere Höhe handelt, sind die sogenannten Bockgerüste. Diese bestehen aus den Böcken, welche in Entfernungen von etwa 3 *m* voneinander aufgestellt und mit starken Brettern oder Pfosten belegt werden, so daß sie nicht nur die Maurer, sondern auch eine Quantität Material tragen können. Je nach Erfordernis werden die Böcke 1·5 bis 3 *m* hoch gemacht. Ist eine größere Höhe nötig, so kann auf die eine Bockreihe noch eine zweite und auf diese eventuell noch eine dritte kommen. Die einzelnen Böcke müssen aber dann ganz vertikal übereinander stehen, und durch schräg angenagelte Latten muß eine seitliche Verschiebung verhindert werden. Für den Bau einstöckiger Häuser genügen solche Gerüste vollständig.

Für den Bau mehrstöckiger Häuser finden die Lantenengerüste Anwendung. In einer Entfernung von 2 bis 2·5 *m* vor der Front der zu errichtenden Hauptmauer des Gebäudes werden die sogenannten Lantenen vertikal aufgestellt und zwar 2·5 bis 3·5 *m* voneinander entfernt (Fig. 160).

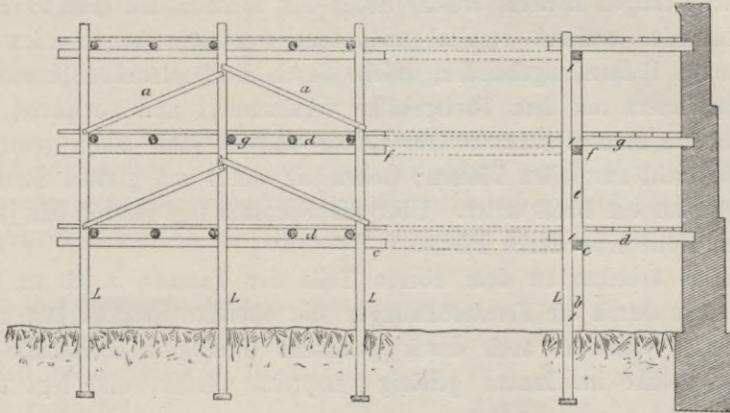


Fig. 160.

Diese Lantenen *L* sind runde Fichten- oder Kiefernstämme, welche am dünnen Ende 10 bis 16 *cm* Durchmesser, und eine Länge haben, welche der Höhe der zu errichtenden Mauer entspricht. Die Lantenen werden 1 bis 1·5 *m* tief in die Erde eingegraben und fest umstampft. In weichem Boden stellt man sie auf ein untergelegtes Brettstück und umgibt sie auch mit Brettstücken. Um sie in ihrer vertikalen Stellung zu erhalten, werden sie durch schräg angenagelte Bretter oder Latten *a* zusammengehalten.

Hinter jede Lantene stellt man knapp an diese eine Säule *b*, welche so hoch ist, als das Erdgeschoß sein soll, und diese wird mit der Lantene durch eiserne Klammern verbunden. Auf diese Säulen werden Riegel *c* gelegt, welche ebenfalls mit den Säulen verklammert werden. Diese Riegel liegen also parallel mit der Front der Mauer. Über diese Riegel werden dann in Entfernungen von 1·5 bis 2 *m* die Querriegel *d* gelegt, welche mit ihrem zweiten Ende in der Mauer, in zu diesem Zwecke gelassenen Löchern liegen, welche erst bei der Wegnahme des Gerüstes vermauert werden. Über die Querriegel werden endlich wieder parallel mit der Mauerfront starke Bretter oder Pfosten gelegt.

Mit dem Höherwerden der Mauer wird auch das Gerüst höher gemacht, indem jetzt wieder hinter jeder Lantene auf die Riegel *c* eine Säule *e* von der Höhe des nächsten Stockwerkes gestellt und mit der Lantene verklammert wird. Über diese Säulen kommen wieder Riegel *f*, darüber Querriegel *g* u. s. w. So wird also eine Bühne des Gerüstes über die andere immer in der Stockwerkshöhe hergestellt. Durch Leitern wird der Zugang zu den einzelnen Bühnen vermittelt und die Ziegel und der Mörtel hinaufgetragen. Bei großen Bauten jedoch verbindet man je zwei Bühnen durch

eine schiefe Ebene, so daß Ziegel und Mörtel in Schiebkarren hinaufgeführt werden können.

Für Reparaturen an der Fassade einstöckiger Häuser benützt man häufig die Leitergerüste. Diese bestehen aus zwei oder mehreren entsprechend langen Leitern, welche neben der Fassade und etwa 2·5 bis 3·5 *m* von einander entfernt vertikal aufgestellt werden. Oben werden sie an horizontale Balken angebunden, welche durch die Dachlücken herausgesteckt und im Innern mit dem Dachgebälke verklammert und verspreizt werden. Die Leitern müssen ganz vertikal stehen und es muß dafür gesorgt sein, daß sie nicht ausgleiten können; stehen sie daher auf glatten Steinplatten, so legt man ein Brett unter. Über die Sprossen legt man in der jeweiligen nötigen Höhe eine starke Pfoste.

Für Arbeiten an dem oberen Teile der Fassade, z. B. am Gesimse steckt man durch die Fensteröffnungen des obersten Stockwerkes, oder bei Neubauten vielleicht auch durch gelassene Öffnungen horizontale Balken heraus, welche im Innern gehörig verspreizt werden, und legt über die Balken Pfosten oder Bretter.

F. Dachkonstruktionen.

I. Dachgerüste oder Dachstühle.

1. Dachformen.

Die Dächer können sehr verschiedene Formen haben, die wichtigsten sind folgende:

a) Das Satteldach mit zwei Walmen.

Dieses Dach besteht aus 4 geneigten Dachflächen, u. zw. zwei trapezförmigen und zwei dreieckigen (Fig. 161). Diese Dachform kann bei frei-

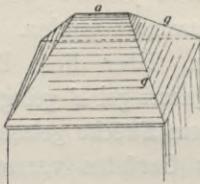


Fig. 161.

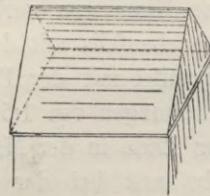


Fig. 162.

stehenden, ganz von eigenem Grund umgebenen Häusern angewendet werden. Die horizontale Durchschnittslinie *a* der Dachflächen heißt First, die schrägen *g* Grate, und wenn sie nach einwärts gehen Kehlen.

b) Das Satteldach mit zwei Giebeln,

welches von zwei geneigten rechteckigen Dachflächen und zwei vertikalen dreieckigen Giebeln begrenzt wird (Fig. 162). Dieses Dach muß dann angewendet werden, wenn das Haus zwischen zwei fremde Häuser zu stehen kommt, es kann aber auch bei ganz freistehenden Häusern Verwendung finden.

c) **Das Pultdach mit zwei halben Walmen**

entsteht, wenn ein Satteldach mit zwei Walmen durch eine durch den First gehende vertikale Ebene in zwei Teile geteilt wird. Es wird also begrenzt von einer trapezförmigen, dann von zwei geneigten Dachflächen in Form rechtwinkliger Dreiecke und einer vertikalen trapezförmigen Mauer. Diese Dachform wird angewendet, wenn das Haus auf drei Seiten frei steht, mit der vierten Seite aber an ein fremdes Haus angebaut werden muß.

d) **Das Pultdach mit zwei halben Giebeln**

entsteht in derselben Weise aus einem Satteldach mit Giebeln, hat also nur eine einzige geneigte rechteckige Dachfläche und drei vertikale Mauern. Es wird angewendet, wenn das Haus nur von einer Seite frei ist.

e) **Das Mansarde-Dach**

kann man sich als Satteldach mit nach außen geknickten Dachflächen vorstellen.

f) **Das Zelt-Dach**

ist ein Walmdach, bei welchem die Grate in einem Punkte zusammenlaufen, sodaß statt einer Firstkante nur ein Firstpunkt vorhanden ist.

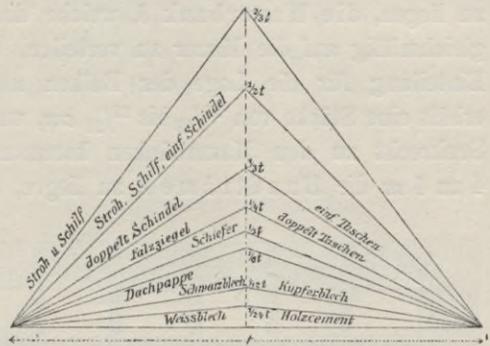


Fig. 163.

2. Neigung der Dachflächen.

Die Neigung der Dachflächen und daher die Höhe der Dächer hängt von dem Deckmaterial ab (Fig. 163). Bezeichnet man den Neigungswinkel der Dachflächen mit der Horizontalen mit α , die Höhe des Daches mit h und die Breite oder Tiefe des Hauses mit t , so ist:

Bei Stroh- und Schilfroheindeckung	$\alpha = 45^\circ$	daher $h = 1/2 t$ od. sogar $2/3 t$
„ einfacher Schindeleindeckung	$\alpha = 45^\circ$	$h = 1/2 t$
„ doppelter Schindeleindeckung	$\alpha = 33^{2/3}^\circ$	$h = 1/3 t$
„ Tascheneindeckung	$\alpha = 33^{2/3}^\circ$ od. $26^{1/2}^\circ$	$h = 1/3$ od. $1/4 t$
„ Falziegeldeckung	$\alpha = 30^\circ$	$h = 3/10 t$
„ Schiefereindeckung	$\alpha = 21^{5/6}^\circ$	$h = 1/5 t$
„ Dachpappe	$\alpha = 18^{1/2}^\circ$	$h = 1/6 t$
„ Schwarz- oder Kupferblech	$\alpha = 9^{1/2}^\circ$	$h = 1/12 t$
„ Zink- od. Weißblech, Holzement	$\alpha = 4^{5/6}^\circ$	$h = 1/24 t$

3. Konstruktion des Dachgerüsts.

Die sehr zahlreichen Konstruktionen des Dachgerüsts können in mehrere Gruppen getrennt werden, u. zw.:

- a) Alte deutsche Dachstühle,
- b) Neue oder Pfettendachstühle,
- c) Pultdächer,
- d) Mansarde-Dachstühle,
- e) Italienische Dachstühle.

a) **Alte deutsche Dachstühle.**

Diese sind charakterisiert durch die Wechsel-, und Stichbalken, sowie dadurch, daß die Sparren in den Bundträmen und Stichen verzapft sind. Bei geringer Tiefe des Gebäudes, bis 9 *m*, findet der leere Dachstuhl Anwendung. Dieser besteht aus folgenden Teilen (Fig. 164 u. 165). Auf die Hauptmauern *a* des Gebäudes kommt der Länge nach je ein Balken zu liegen, die Mauerbank *b*, welche den Zweck hat, die Last des Daches gleichmäßig auf die Mauer zu verteilen, und auch um darauf bequem die Einteilung für die Lage der Balken machen zu können. Dieser Balken erhält eine Stärke von $\frac{16}{18}$ bis $\frac{18}{21}$ *cm*, und wird auf seine breite Fläche gelegt. Senkrecht zu den Mauerbänken kommen über diese in Entfernungen von 4 zu 4 *m* die Bundträme *c* zu liegen, diese sind ebenfalls $\frac{16}{18}$ bis $\frac{18}{21}$ *cm*

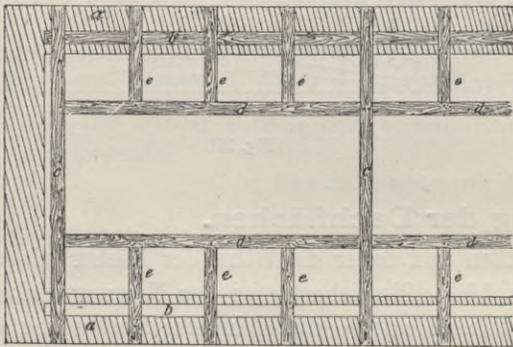


Fig. 164.

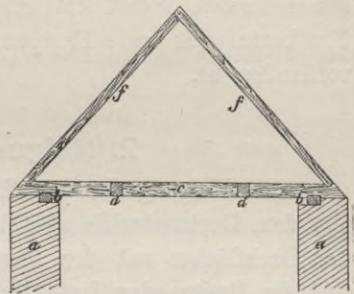


Fig. 165.

stark, werden hochkantig gelegt und mit den Mauerbänken verkämmt. In einer Entfernung von 1 *m* vom Ende kommen zwischen die Bundträme parallel zur Mauerbank die sogenannten Wechsel *d*, welche dieselbe Stärke haben wie die Bundträme und mit diesen verzapft sind. In den Wechseln sind von 1 zu 1 *m* die Stiche *e* verzapft, ebenso starke Balken, welche also in derselben Ebene liegen wie die Bundträme und Wechsel und welche mit der Mauerbank verkämmt sind. In den Bundträmen und Stichen sind die Sparren *f* verzapft, welche miteinander durch den Scheerzapfen verbunden sind.

Sind zwei Sparren in einem Bundtram verzapft, so bilden sie samt diesem ein Bund- oder Vollgespärre, die zwei Sparren in den Stichen aber heißen ein Leergespärre. Die Sparren liegen hochkantig. Über

die Stärke der Sparren gilt folgende Regel für alle Dachkonstruktionen. Bei einer freitragenden Länge bis 3.8 m genügt selbst für die schwersten Ziegel- oder Schieferdächer eine Stärke von $11/13\text{ cm}$. Bei Pappedächern sogar 10 cm , dagegen erfordern die durch eine Lage Kies beschwerten Holzzementdächer $13/16\text{ cm}$. Erhalten aber die Sparren eine Stärke von $13/16\text{ cm}$, so kann ihre freitragende Länge betragen:

beim Strohdache	4.5 bis 5.5	<i>m</i>
„ Schindeldache	5.5 „ 6.0	„
„ Schieferdache	4.5 „ 5.5	„
„ Holzzementdache	4.0 „ 4.5	„

Ist die Länge der Sparren größer, so müssen sie unterstützt werden.

Bis zu einer Tiefe des Gebäudes von 6 bis 7 *m* genügt die bis jetzt beschriebene Konstruktion, wird aber die Tiefe größer, bis 9 *m*, so wird die Länge der Sparren größer als die oben angegebenen Grenzen, so daß sie eine Unterstützung durch den sogenannten Kehlbalken *g* erhalten müssen (Fig. 166). Dieser erhält die-

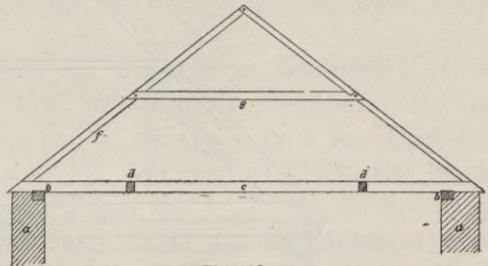


Fig. 166.

selbe Stärke wie die Sparren und wird mit diesen entweder verzapft oder durch schwalbenschwanzförmige Überblattung verbunden. Doch ist die Verzapfung vorzuziehen, weil durch diese die Sparren weniger geschwächt werden. Der Kehlbalken muß so angebracht werden, daß man unten bequem durchgehen kann, also mindestens 1.9 m über dem Dachbodenpflaster. Es darf aber auch die freitragende Länge der beiden Teile des Sparrens nicht größer als 4 bis 6 *m* werden. Bei sehr spitzen Dächern mit langen Sparren muß daher zwischen den Kehlbalken und den First noch ein zweiter Balken, der Spitz-, Hahn- oder Hainbalken, kommen (siehe Fig. 170). Damit sich der Kehlbalken nicht durchbiegen kann, darf er keine größere freitragende Länge als 5 *m* erhalten. Bei größerer Gebäudetiefe als 9 *m* muß daher der Kehlbalken unterstützt werden. So entsteht dann ein stehender oder liegender Kehlbalkendachstuhl.

Beim einfachen stehenden Kehlbalkendachstuhle (Fig. 167 u. 168)

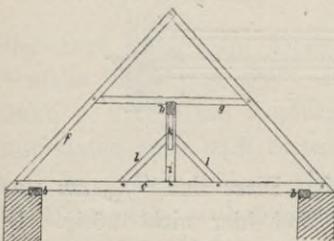


Fig. 167.

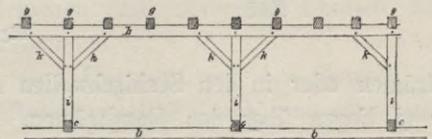


Fig. 168.

werden die Kehlbalcken g in der Mitte durch eine Pfette h unterstützt, d. i. ein hochkantig liegender Balken, $16/18$ cm stark, mit dem die Kehlbalcken verkämmt sind und welcher von den Stuhlsäulen i , $16/16$ cm stark, getragen wird. Diese Stuhlsäulen stehen auf jedem Bundtram, also von 4 zu 4 m, und sind in diesen, sowie in die Pfette verzapft. Um sie in ihrer Stellung zu erhalten, haben sie Kopfbänder k , welche mit den Stuhlsäulen und der Pfette entweder verzapft oder durch schwalbenschwanzförmige Überblattung verbunden sind, und Seitenstreben l . Durch die in Fig. 167 dargestellte Konstruktion wird aber der Dachbodenraum sehr verstellt, es ist daher der doppelte stehende Kehlbalckendachstuhl, bei welchem die Kehlbalcken möglichst nahe an ihren Enden durch zwei Pfetten gestützt werden, besser (Fig. 169). Sollte die Länge des Kehlbalckens größer als 7.5 bis 8 m werden, so ist eine dreimalige Unterstüztung nötig.

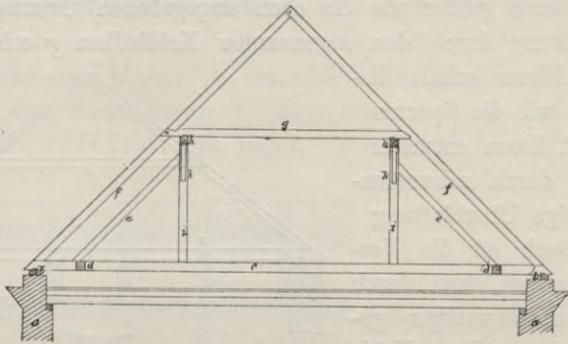


Fig. 169.

Beim liegenden Dachstuhl (Fig. 170) liegen die Stuhlsäulen i schräg unmittelbar neben den Sparren und sind entweder in den Bund-

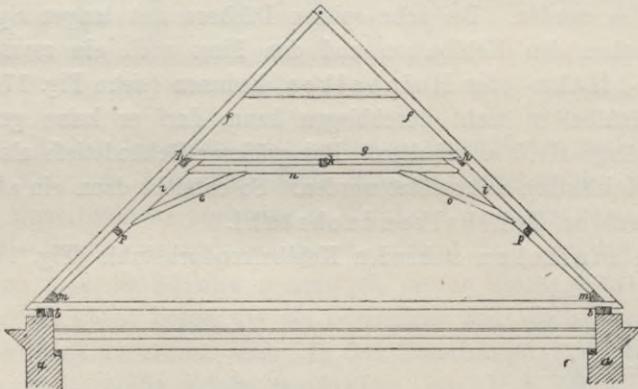


Fig. 170.

trämen oder in den Stuhlschwellen m verzapft. Diese sind $18/20$ cm stark und liegen über den Bundträmen. Wechsel sind hier nicht nötig. Die Stuhlsäulen sind unten $15/15$ bis $15/18$ cm, oben aber $15/25$ bis $15/30$ cm breit.

Die Stuhlsäulen tragen die Pfetten h , in denen sie verzapft sind. Die Stuhlsäulen werden von dem Brustriegel n , welcher $\frac{16}{18}$ cm stark ist und durch Bänder o gestützt. In der Mitte liegt zwischen Kehlbalken und Brustriegel noch eine dritte Pfette h . In der Mitte der Stuhlsäulen ist zwischen diesen noch der Dachwandriegel p verzapft, um die Sparren zu stützen. Der liegende Dachstuhl findet in der Regel Anwendung für größere Spannweiten über 13 m, während unter 13 m der stehende Dachstuhl angewendet wird. Es müssen daher auch beim liegenden Dachstuhl die Bundträme wegen ihrer größeren Länge stärker sein, nämlich $\frac{21}{23}$ cm.

b) Neuere Dachstühle oder Pfettendachstühle.

Bei diesen fehlen die Wechsel und Stiche. Auf den Mauerbänken liegen zwar auch von 4 zu 4 m die Bundträme, aber zwischen diesen sind keine Wechsel und Stiche, sondern die Sparren werden von horizontal liegenden Balken, Pfetten, getragen, auf denen sie aufgeklaut, nicht eingezapft sind.

Das allereinfachste Pfettendach für 3 bis 5 m Gebäudetiefe kann folgende Konstruktion haben (Fig. 171). Auf den Mauerbänken b , $\frac{16}{18}$ cm stark, liegen die Bundträme c , $\frac{16}{18}$ cm, u. zw. von 4 zu 4 m. Über den Bundträmen liegen die Fußpfetten d , $\frac{16}{18}$ cm, und sind mit den Bundträmen verkämmt. Auf den Fußpfetten sind von 1 zu 1 m die Sparren e aufgeklaut. Oft werden die Sparren auch direkt auf die Mauerbänke aufgeklaut, sodaß Bundträme und Pfetten fehlen. Eine andere Konstruktion, welche bis etwa 7 m Gebäudetiefe verwendet werden kann, zeigt Fig. 172.

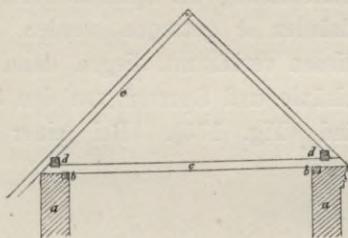


Fig. 171.

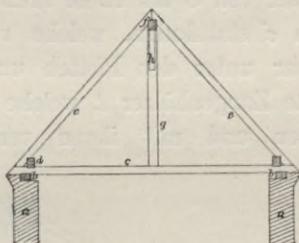


Fig. 172.

Hier liegt unter dem Firste die Firstpfette f , auf welcher die Sparren e ebenfalls aufgeklaut sind. Die Firstpfette wird getragen von den Stuhlsäulen g , welche mit Kopfbändern h versehen sind. Eventuell könnten die Stuhlsäulen auch noch Seitenstreben bekommen.

Wird bei größerer Gebäudetiefe eine Unterstützung der Sparren in der Mitte nötig, so bekommen sie Kehlbalken, welche durch eine oder zwei Pfetten und Stuhlsäulen gestützt werden. Statt der Kehlbalken verwendet

man aber gegenwärtig häufiger doppelte Zangen *i* (Fig. 173), welche unterhalb der Pfetten *f* von beiden Seiten an die Sparren *e* und Stuhlsäulen *g* angelegt und verbolzt werden. Die Sparren sind direkt auf die Pfetten aufgeklaut.

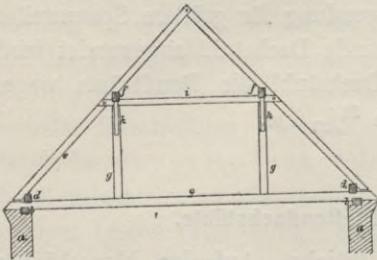


Fig. 173.

In der Regel werden jetzt die Pfettendachstühle mit einer Drempelwand hergestellt (Fig. 174, 175 u. 176). In den von 4 zu 4 *m* liegenden Bundträmen *c* sind an den Enden der Träme kurze, etwa 2 *m* lange Säulen *d*, auch Kniestöcke oder Drempelwandstiele genannt, verzapft, welche die Fußpfetten *e* tragen, in denen sie ebenfalls verzapft sind. Die auf den Pfetten aufgeklauten Sparren *f* der Bundgespärre erhalten eine

Stütze durch Streben *g*, welche letztere mit den Drempelwandstielen *d* durch doppelte, verbolzte Zangen *h* verbunden sind. Bei einer Gebäudetiefe über 5 bis etwa 8 *m* wird eine Firstpfette verwendet, welche von Stuhlsäulen getragen wird (Fig. 174). Zwischen diesen Bundgespärren liegen dann, von

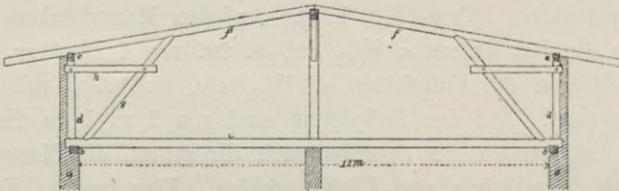


Fig. 174.

1 zu 1 *m* auf die Pfetten aufgeklaut, die Leergespärre. Bei einer Gebäudetiefe aber von 8 bis 12 *m* muß eine Unterstützung der Sparren durch zwei Pfetten *i* stattfinden, welche von Stuhlsäulen *k* getragen werden. Unmittelbar unter den Pfetten und mit diesen verkämmt, liegen dann auch doppelte Zangenhölzer *l*, welche die Stuhlsäule und Sparren von den Seiten umfassen und mit ihnen verbolzt sind (Fig. 175). Bei einer noch

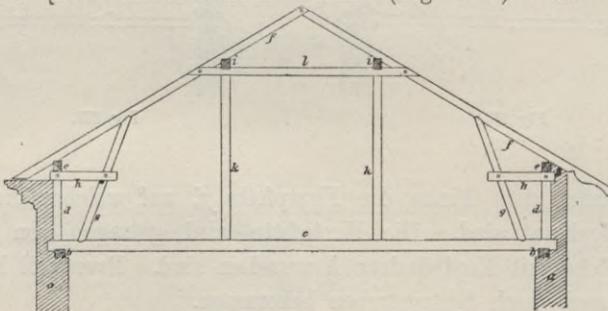


Fig. 175.

größeren Gebäudetiefe als 12 *m* kommt nebst diesen zwei Pfetten *i* auch noch eine Firstpfette. Fig. 174 stellt einen Dachstuhl mit geringer Neigung

für Blech-, Pappe- oder Holzzement-Deckung, Fig. 175 dagegen für ein Ziegel- oder Schieferdach dar.

Für größere Spannweiten über 12 *m* bis etwa 18 *m* ist die in Fig. 176 dargestellte Konstruktion sehr zweckmäßig, welche nach dem Vorangegangenen

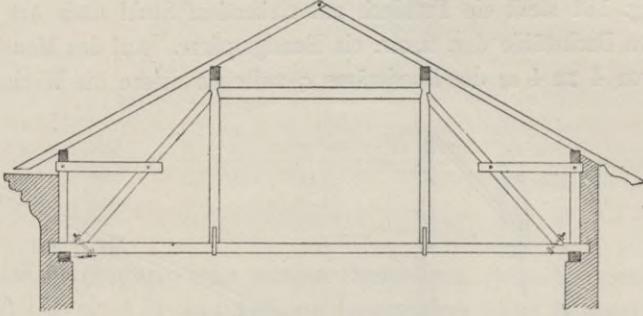


Fig. 176.

einer weiteren Erklärung nicht mehr bedarf, bei welcher die Bundträme durch ein Hängewerk gestützt werden.

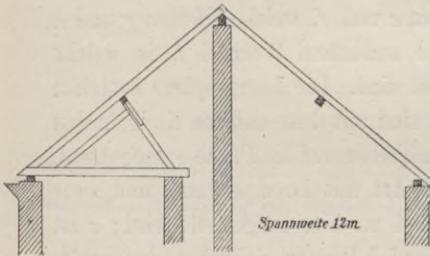


Fig. 177.

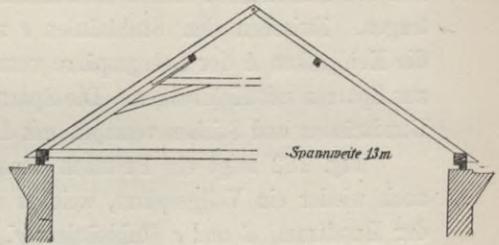


Fig. 178.

Einige andere neuere Dachstuhl-Konstruktionen zeigen die Figuren 177, 178, 179 und 180. Links ist immer das Bundgespärre, rechts das Leerspärre dargestellt.

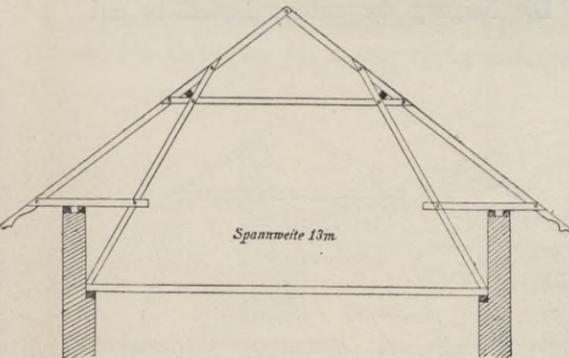


Fig. 179.

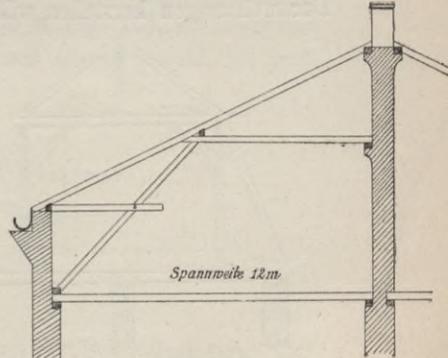


Fig. 180.

c) **Pulldächer.**

Bei einem Pulldache ist der Schub des Daches ein einseitiger, und es muß daher ein solches Dach derart konstruiert werden, daß dieser Schub aufgenommen wird und daß zugleich die Konstruktion der vertikalen Hinterwand Stabilität verleiht.

Fig. 181 stellt ein Pulldach mit stehendem Stuhl nach Art der alten deutschen Dachstühle dar, u. zw. ein Bundgespärre. Auf den Mauerbänken *b* liegen von 4 zu 4 *m* die Bundträme *c*, zwischen diesen die Wechsel *d* und

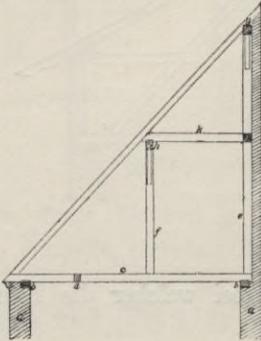


Fig. 181.

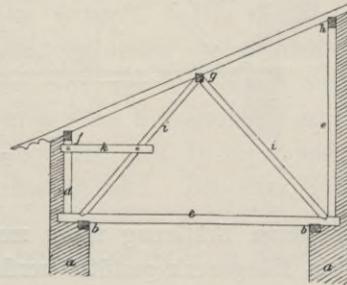


Fig. 182.

von 1 zu 1 *m* Stichbalken, so wie bei den alten deutschen Dachstühlen. Auf den Bundträmen stehen die Stuhlsäulen *e* und *f*, welche Pfetten *g* und *h* tragen. Zwischen den Stuhlsäulen *e* sind außerdem Wechsel *l*, in welche die Kehlbalken *k* der Leergespärre verzapft sind. Die Leergespärre bestehen aus Sparren mit Kehlbalken. Die Sparren sind mit dem unteren Ende in den Bundträmen und Stichen verzapft, mit dem oberen auf die Pfette *g* aufgeklaut.

Fig. 182 zeigt ein Pulldach neuerer Art mit Drempelwand, und zwar auch wieder ein Vollgespärre, welches von 4 zu 4 *m* aufgestellt wird; *c* ist der Bundtram, *d* und *e* Stuhlsäulen, *f*, *g* und *h* Pfetten, *i* Streben, *k* doppelte Zangen. Die Leergespärre sind einfache Sparren, welche auf die Pfetten *f*, *g* und *h* aufgeklaut sind.

d) **Mansarde-Dächer.**

Diese werden angewendet, wenn man große, freie Bodenräume oder Dachwohnungen herstellen will. Die Neigung der unteren Dachfläche mit

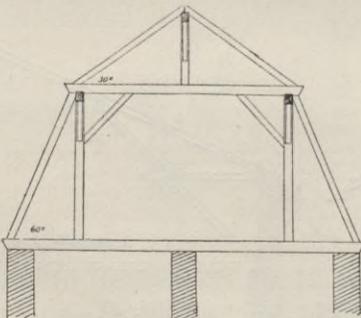


Fig. 183.

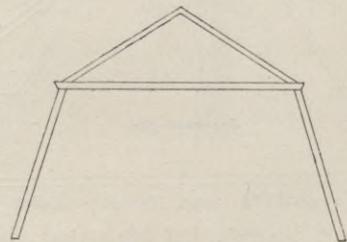


Fig. 184.

der horizontalen soll 60° , die der oberen aber 30° betragen. Die Konstruktion kann in verschiedener Weise geschehen. Fig. 183 stellt das Bundgespärre,

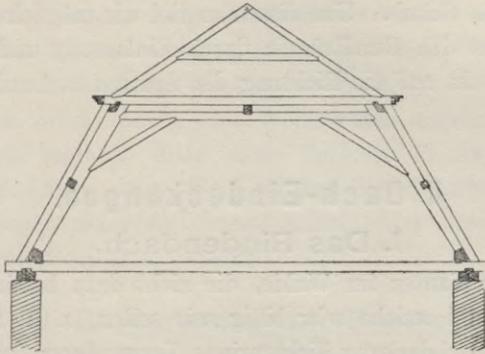


Fig. 185.

Fig. 184 das Leergespärre eines solchen Daches mit stehendem Stuhl dar, ebenso Fig. 185 ein Voll- und 186 ein Leergespärre eines Mansardedaches

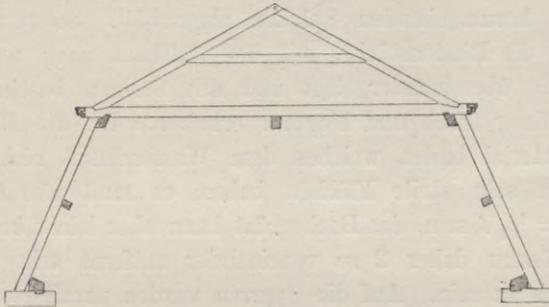


Fig. 186.

mit liegendem Stuhl. Statt der oberen geneigten Dachflächen wird in neuerer Zeit häufig ein flaches Holzzementdach hergestellt.

e) Italienische Dachstühle.

Diese sind durch kleine Neigungswinkel charakterisiert, sowie auch dadurch, daß in Entfernungen von 2·5 bis 4 m lauter Bund- und keine Leergespärre vorkommen. Die Sparren werden mit Spreng- und Hängewerken unterstützt und durch Pfetten p miteinander verbunden. Die einfachen Hängesäulen sind mit den Bundträmen mittelst eiserner Bänder verbunden. Sind die Hängesäulen doppelt, wie in Fig. 187, so umgreifen sie den Bundtram bei a zangenartig und sind mit diesem sowohl, als auch

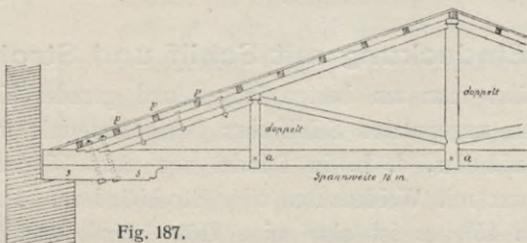


Fig. 187.

untereinander verschraubt. Die relative Festigkeit der Bundträme vergrößert

man noch durch Sattelhölzer s , welche mit ersteren verschraubt und 1·8 bis 3 m lang sind. Die Sparren äußern an ihrem unteren Ende einen sehr großen horizontalen Schub. Um diesen so viel wie möglich aufzuheben, verbindet man sie mit den Bundträmen durch Einlassung und außerdem auch noch durch senkrecht auf die Richtung der Sparren stehende Schraubenbolzen.

II. Dach-Eindeckungen.

1. Das Rindendach.

Für einfache Bauten im Walde, die nicht dazu bestimmt sind, lange Dauer zu haben, und welche sehr billig sein sollen, z. B. für Schutzhütten u. dgl. kann zur Dachdeckung Fichtenrinde Verwendung finden. Zu diesem Behufe werden starke astreine Fichten mit glatter Rinde in der Saftzeit gefällt, und die Rinde des unteren Stammteiles in 2 m langen, um den ganzen Stamm herumgehenden Stücken abgeschält. Sofort nach dem Abschälen werden die Rindenstücke, mit der Saffthaut nach unten, an einer schattigen Stelle übereinandergelegt und mit Steinen beschwert, wodurch sie sich wochenlang frisch und biegsam erhalten. Da die Rinde ein sehr rauhes Deckmaterial bildet, welches dem Wasserabfluß nicht günstig ist, muß das Dach sehr steile Flächen haben, es muß also $h = \frac{2}{3} t$ oder wenigstens $h = \frac{1}{2} t$ sein, das Dachgerüst kann aber leicht konstruiert sein; die Sparren können daher 2 m voneinander entfernt sein und brauchen auch nicht stark zu sein. Auf die Sparren werden parallel mit der Trauf- und Firstkante in Entfernungen von etwa 50 cm voneinander gewöhnliche runde Waldlatten genagelt. Auf die Latten werden die Rindenstücke, mit der Saffthaut nach unten, mit eisernen Nägeln mit breiten Köpfen (Dachpappstifte) in Entfernungen von etwa 15 cm angenagelt. Es müssen aber zwei oder noch besser drei Lagen Rinde übereinander kommen, damit die unterste Lage frisch und biegsam bleibt, denn die oberste Lage wird trocken, schwindet dabei stark und bekommt Risse, wodurch sie undicht wird. Mit dem Decken beginnt man an der Traufkante, und läßt immer die nächst höhere Schichte die untere um etwa 15 bis 20 cm übergreifen. Ebenso beginnt man an der der Wetterseite entgegengesetzten Seite und läßt auch seitlich die nächste Lage die frühere um 15 bis 20 cm übergreifen.

2. Eindeckung mit Schilf und Stroh.

Hiezu benützt man am besten langes und gerades Kornstroh, oder vollkommen reifes, ungeputztes Schilfrohr; beide Materiale werden erst in sogenannte Schaibeln, d. h. in Bündel von etwa 15 cm Durchmesser gebunden, und zwar mit Weidenruten oder Strohbindern. Das Dach erhält eine Neigung von 45° , es ist also seine Höhe mindestens gleich $\frac{1}{2}$ oder sogar $\frac{2}{3}$ der Tiefe. Die Sparren können 1·5 bis 2 m voneinander entfernt

sein. Auf die Sparren werden runde Latten genagelt, und zwar in einer Entfernung, welche abhängt von der Länge der Schaibeln, so daß diese an 3 Latten gebunden werden können. Sind sie etwa 1 *m* lang, so können die Latten 25 bis 30 *cm* voneinander entfernt sein. Sie werden in der Regel mit hölzernen Nägeln an die Sparren genagelt. An die Latten werden die Schaibeln mit Strohbindern oder Weidenruten angebunden, womit man an der Traufkante beginnt. Jede obere Schichte überragt die untere um die Hälfte ihrer Länge. Am First werden die Schaibeln von der einen Seite herübergebogen unter die oberste Schichte der anderen Seite. Häufig wird der First mit Schindeln gedeckt.

3. Eindeckung mit Brettern.

Das Dach muß die Hälfte seiner Tiefe zur Höhe haben, 45° Neigung, und die Sparren können 1.5 bis 2 *m* voneinander entfernt sein. Die Eindeckung kann in zweierlei Weise geschehen. Entweder werden die Bretter parallel mit dem First, also senkrecht auf die Sparren genagelt, wobei jedes obere Brett das untere um etwa 5 *cm* übergreift, oder man nagelt erst in Entfernungen von etwa 1.5 *m* auf die Sparren parallel zum First Bretter und dann auf diese die Deckbretter parallel zu den Sparren. Dann müssen aber die Fugen je zweier Bretter durch ein darüber genageltes Brett oder eine Latte gedeckt werden. Diese zweite Art ist dauerhafter als die erste, weil sich dort die Bretter bald werfen, so daß das Wasser nicht abfließen kann, und dadurch die Bretter bald faulen.

4. Eindeckung mit Schindeln.

Unter Schindeln versteht man gespaltene, oder geschnittene Brettchen, welche auf einer Seite eine Nut haben, während die andere Seite zugschärft ist und Feder heißt. Die Schindeln haben in der Regel eine Länge von 63 *cm*, die Breite ist verschieden, etwa 6 bis 12 *cm*, sie werden gewöhnlich aus Fichten- oder Kiefernholz, selten aus Tannenholz gefertigt. Die gespaltenen oder Handschindeln sind weit dauerhafter als die geschnittenen Maschinenschindeln, weil bei letzteren die Fasern überschritten sind.

Für die Eindeckung mit Schindeln muß die Dachneigung 45° betragen,

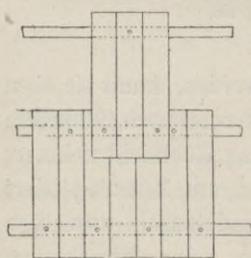


Fig. 188.

d. h. die Höhe des Daches muß gleich sein der halben Tiefe. Die Sparren können 1.5 bis 2 *m* voneinander entfernt sein. Auf die Sparren werden runde oder geschnittene Latten genagelt, auf welche die Schindeln mit eisernen Nägeln von etwa 8 *cm* Länge (Schindel-nägel) befestigt werden, und zwar wird immer abwechselnd eine Schindel am unteren, die zweite am oberen Ende durch einen Nagel befestigt (Fig. 188).

Die Eindeckung kann in zweierlei Weise geschehen, als einfache und doppelte Schindeleindeckung.

Bei der einfachen Eindeckung liegt jede Schindel auf zwei Latten, und die obere Schar überragt die untere Latte um 10 bis 15 *cm*. Ist eine Schindel 63 *cm* lang, so müssen die Latten, weil auch die Schindel oben etwa 5 bis 10 *cm* über die Latten emporragt $63 - (15 + 10) \text{ cm} = 38 \text{ cm}$ oder rund 35 bis 40 *cm* von einander entfernt sein. Auf einen Meter Höhe gehen dann $100 : 40 = 2.5$ Scharen. Ist die mittlere Breite einer Schindel 10 *cm*, so bleibt nach Abschlag der Nut von 2 *cm* noch 8 *cm* übrig, es liegen also auf einem Meter Länge in jeder Schar $100 : 8 = 12.5$ Schindeln. Auf 1 *m*² Dachfläche braucht man daher $12.5 \times 2.5 = 31.5$ oder rund 32 Schindeln. Auf jede Schindel rechnet man 1 Nagel, wozu noch 25% Zuschlag auf Bruch kommen.

Bei der doppelten Schindeleindeckung ruht jede Schindel auf drei Latten und die oberste Schar überragt die unterste Latte noch um 5 *cm* (Fig. 189). Weil auch oben die Schindel die Latte um etwa 5 *cm* überragt, so müssen die Latten $\frac{63 - 10}{2} = 26.5$, also etwa 25 *cm* voneinander entfernt sein. Auf 1 *m* Höhe kommen $100 : 25 = 4$ Scharen und da in jeder Schar auf 1 *m* Länge 12.5 Schindel liegen, braucht man per 1 *m*² Dachfläche $12.5 \times 4 = 50$ Schindeln. Auf jede Schindel rechnet man wieder 1 Nagel und 25% Zuschlag.

Bei beiden Formen der Eindeckung müssen die Schindeln so gelegt werden, daß die Federn gegen die Wetterseite gekehrt werden. Die oberste Schar am First wird stets doppelt gelegt, hierauf hat man bei der Berechnung der Schindelmenge Rücksicht zu nehmen. Gegen die Wetterseite läßt man die eine Schar etwa 5—10 *cm* überragen (Fig. 190). Bei einem Walm-

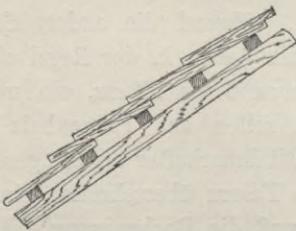


Fig. 189.

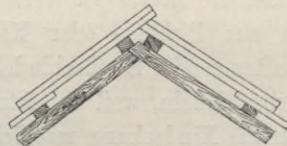


Fig. 190.

dache müssen an den Graten die Schindeln zugehauen werden, damit sie oben schmaler werden, auch müssen zwischen die Scharen stellenweise noch Schindeln eingelegt werden. Hierauf muß man bei der Berechnung Rücksicht nehmen, indem man die Länge aller Grate in Metern addiert und mit 2 multipliziert und dann die für ebensoviele Quadratmeter nötige Schindelanzahl zuschlägt. Dasselbe gilt auch von den Kehlen, wenn in diese keine Blechrinnen kommen. Auch bei den Dachfenstern müssen die Schindeln zugehauen werden, weshalb man für jedes 2 *m*² zuschlägt.

5. Eindeckung mit Dachziegeln.

a) Eindeckung mit Flachziegeln.

Die am häufigsten verwendeten Flachziegel oder sogenannten Biberschwänze haben zwar verschiedenes Format, sind aber in der Regel 36 *cm* lang, 18 *cm* breit und 1 bis 1·5 *cm* stark. Sie müssen ganz eben, gut durchgebrannt und wetterbeständig sein und dürfen nicht viel Wasser ansaugen. Sie werden mit einem Ansatz, der sogenannten Nase, an geschnittenen Latten aufgehängt. Entweder hängt man sie nur trocken ohne Mörtel ein, wobei aber doch wenigstens längs der Traufkante, des Firstes und den Giebeln ein Streifen in Mörtel gelegt sein muß, oder es werden alle Ziegel in Mörtel gelegt. Man verwendet hydraulischen Kalk und feinen scharfen Sand. Oft mischt man dem Mörtel Kälberhaare bei, damit er besser haftet und bei den Bewegungen des Daches nicht so leicht abfällt. Die Dachziegel müssen stark angehäßt werden, damit sie nicht dem Mörtel zu rasch Wasser entziehen. Die Eindeckung kann in verschiedener Weise geschehen.

1. Die einfache Eindeckung.

Bei dieser muß die Höhe des Daches gleich sein $\frac{1}{2}$ oder mindestens $\frac{1}{3}$ der Tiefe, die Sparren können 1 bis 1·25 *m* von einander entfernt sein. Jeder Ziegel liegt auf zwei Latten und überragt den unteren Ziegel noch um 15 bis 18 *cm*.

Die Stoßfugen können entweder aufeinander folgen oder wechseln (Fig. 191 und 192). Unter die Stoßfugen werden Späne aus Kiefernholz

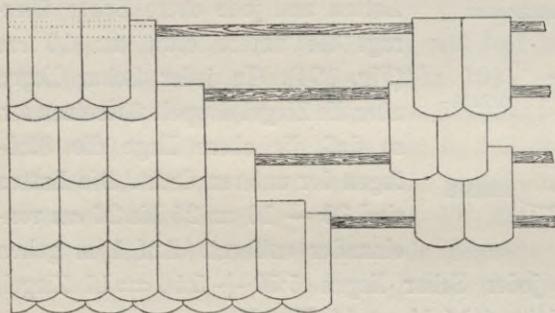


Fig. 191.



Fig. 192.

gelegt, 31 *cm* lang, 8 *cm* breit und zirka 3 *mm* dick. Die Latten müssen 36 — 15 = 21 oder rund 20 *cm* voneinander entfernt sein. Auf 1 *m* Höhe kommen $100 : 20 = 5$ Scharen und in jeder Schar liegen auf 1 *m* Länge $100 : 18 = 5\cdot56$ Ziegel. Es gehen also auf 1 *m*² Dachfläche $5\cdot56 \times 5 = 28$ Dachziegel.

Die unterste Schar an der Traufkante, sowie die oberste Schar am Firste wird stets doppelt gelegt.

2. Doppelte Eindeckung.

Hier liegt jeder Ziegel auf drei Latten und überragt den untersten noch um etwa 5 cm (Fig. 193). Die Höhe des Daches beträgt $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ oder sogar nur $\frac{1}{5}$ der Tiefe, die Sparren können aber nur 0.9 bis 1 m voneinander entfernt sein. Die Latten sind 14 bis 15 cm voneinander entfernt. Es gehen also auf 1 m Höhe

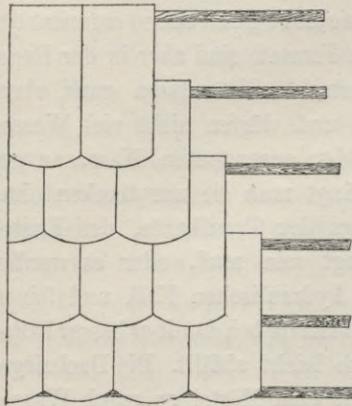


Fig. 193.

100 : 15 = 6.67 Scharen, und da in einer Schar auf 1 m Länge 100 : 18 = 5.56 Ziegel liegen, gehen auf 1 m² Dachfläche $6.67 \times 5.56 = 37$ Ziegel. Weil hier die Stoßfugen vollständig gedeckt sind, teils durch den darunter, andernteils durch den darüber liegenden Ziegel, so sind Späne nicht nötig. Die unterste Schar an der Traufkante, sowie die oberste am First werden doppelt gelegt.

3. Das Kronen- oder Ritterdach.

Dieses wird gegenwärtig am häufigsten angewendet, weil es sehr dicht und leichter zu reparieren ist, als das Doppeldach. Die Neigung des Daches, sowie die Entfernung der Sparren ist die gleiche, wie beim Doppeldach. Jeder Ziegel liegt auf zwei Latten und jede obere Schar überragt die untere etwa um 10 cm (Fig. 194). In jeder Schar liegen aber die Ziegel doppelt übereinander, so daß die obere Lage die Stoßfugen der unteren deckt. Die Latten sind 36 — 10 = 25 bis 26 cm voneinander entfernt. Auf 1 m gehen

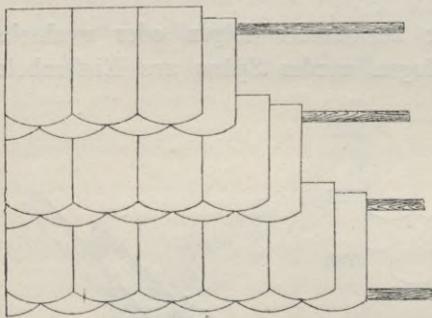


Fig. 194.

100 : 25 = 4 Scharen, in jeder Schar liegen $5.56 + 5.56 = 11$ Ziegel, also gehen auf 1 m² Dachfläche $4 \times 11 = 44$ Ziegel.

Bei allen drei Eindeckungsarten wird der First sowie die Grate mit Hohlziegeln oder Firsthaken gedeckt, welche reichlich in Mörtel gelegt werden. In die Kehlen kommen Blechrinnen.

b) Eindeckung mit Falzziegeln.

Die in neuerer Zeit vielfach in Anwendung kommenden Falzziegel haben an den Rändern Falze, welche passend ineinander greifen, so daß sie

auch ohne Mörtel ein dichtes Dach geben, und man legt sie daher in der Regel trocken. Jeder Ziegel hängt mit zwei Nasen auf der Latte und übergreift mit einem Haken die untere Schar. Zum Bedecken des Firstes und der Grate werden gekrümmte Ziegel hergestellt, welche ebenfalls mit Falzen ineinander greifen. Für diese Eindeckung genügt eine geringe Neigung des Daches. Die Höhe des Daches braucht nämlich nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ der Tiefe zu sein. Solche Dächer sind daher billiger und dauerhafter als gewöhnliche Ziegeldächer.

6. Eindeckung mit Schiefer.

Die Schieferdächer können zur Höhe $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$, bei bestem Material auch nur $\frac{1}{5}$ der Tiefe des Gebäudes erhalten.

- a) Bei der am häufigsten angewendeten deutschen Eindeckung oder dem Schuppendache werden die Sparren zuerst mit Brettern verschalt und darüber Dachpappe gegeben. Dann wird der First, die Grate und die Kehlen und häufig auch die Säume an den Giebeln mit Blechstreifen gedeckt. Die Schieferplatten werden jede mit zwei bis drei Nägeln an die Verschalung genagelt, indem zu diesem Zwecke in die Platten 25 mm vom Rande Löcher gehauen werden. Um die Nägel vor Oxydation zu schützen, verwendet man verzinkte oder verzinnte Eisennägel oder taucht wenigstens gewöhnliche Eisennägel vor dem Einschlagen in Öl oder Firnis.

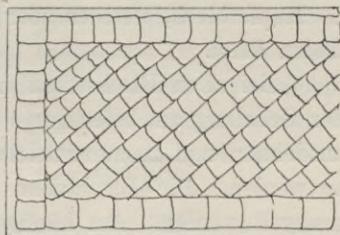


Fig. 195.

Man beginnt an der Traufkante und legt hier eine Schar der größten Platten parallel zur Traufkante (Fig. 195). Man beginnt in jener Ecke, welche dem herrschenden Wind entgegenliegt, und jede Platte überdeckt die vorhergehende um 5 bis 8 cm, so daß die Nägel, mit denen die vorhergehende Platte angenagelt ist, bedeckt werden. Dann werden die Scharen unter einem Winkel von 45° mit der Traufkante gelegt. In jeder Schar übergreift wieder jede folgende höhere Platte die frühere um 5 bis 8 cm. Jede höhere Schar übergreift die tiefere um $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Höhe der Platten. Zuletzt wird wieder eine Schar parallel mit dem First gelegt und ebenso ein paralleler Strëifen mit dem Giebel.

Um bei Reparaturen Leitern einhängen zu können, werden in Entfernungen von 2,5 m in die Sparren eiserne Leiterhaken eingeschlagen.

- b) Bei der englischen Eindeckung wird das Dach nicht verschalt, sondern nur die Sparren verlattet. Die Latten werden in eine Entfernung voneinander genagelt, welche gleich ist der halben Höhe der Schieferplatten. Die Schieferplatten werden somit parallel zur Traufkante mit zwei Nägeln an den Latten befestigt. Jede Platte ruht auf drei Latten und überragt

die darunter liegende bis zur Hälfte und trifft noch die unterste Platte. Selbstverständlich überdeckt auch die obere Schar die Fugen der unteren, so daß also ein doppeltes Dach genau so wie bei der doppelten Taschen-eindeckung entsteht.

7. Eindeckung mit Blech.

Für die Eindeckung mit den verschiedenen Metallblechen werden die Sparren mit schmalen 2 bis 2·5 *cm* starken Brettern verschalt. Zwischen den Brettern müssen Fugen bleiben, für ein späteres Aufquellen der Bretter. Das Dach erhält $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{12}$ der Gebäudetiefe zur Höhe. Am häufigsten wird zur Eindeckung Schwarz-(Eisen-)Blech verwendet, welches aber durch einen guten Anstrich mit Ölfarbe, der alle zwei Jahre zu erneuern ist, gegen Oxydation geschützt werden muß. In neuerer Zeit verwendet man zumeist verzinktes Eisenblech, welches keinen Anstrich braucht. Auch Zinkblech und Weißblech (verzinnertes Eisenblech) wird verwendet. Das dauerhafteste ist Kupferblech, welches aber seiner Kostspieligkeit wegen selten Anwendung finden kann.

Bei allen Blechsor ten handelt es sich darum, die Blechtafeln so auf der Schalung zu befestigen, daß sie sich mit wechselnder Temperatur frei ausdehnen und zusammenziehen können, ohne von der Schalung losgerissen zu werden. Die Blechtafeln dürfen daher nicht direkt auf die Schalung genagelt werden. Am häufigsten findet das sogenannte Falz dach Anwendung. Die Befestigung der Blechtafeln an die Schalung geschieht mit Heftblechen (in Fig. 196 mit *a* bezeichnet), das sind Blechstreifen von 3 bis 5 *cm* Breite und 8 bis 10 *cm* Länge, welche an den Rändern der Blechtafeln 60 bis 90 *cm* voneinander entfernt an die Schalung genagelt und mit in den Falz hineingebogen werden. Die Tafeln werden parallel mit der Traufkante gelegt, und je zwei seitwärts aneinanderstoßende Tafeln erhalten einen stehenden Falz, indem die Ränder beider Bleche *b* und *c* nach der Figur 196 umgebogen und zusammengeklopft werden. Bei den übereinander liegenden Tafeln wird der Falz niedergeklopft, damit das Wasser



Fig. 196.

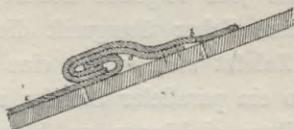


Fig. 197.

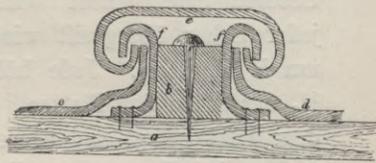


Fig. 198.

ungehindert abfließen kann (Fig. 197). Wenn man Zinkblech verwendet, wird der niedergeklopft Falz auch noch verlötet. Bei Verwendung von Zinkblech wird vielfach das Lerstendach hergestellt. Auf die Schalung *a* werden nämlich parallel mit den Sparren 6 *cm* breite und 4 *cm* hohe Latten *b* genagelt in einer Entfernung voneinander, welche etwas kleiner

ist, als die Breite der Blechtafeln. Neben die Latten werden in Entfernungen von etwa 60 *cm* die Heftbleche *f* genagelt, und die Blechtafeln *b* und *c* werden dann an den Leisten aufgebogen und mit einem über die Leisten gelegten Blechstreifen *e* und den Heftblechen verfalzt (Fig. 198). Zwischen den Leisten wird jede obere Tafel einfach 4 *cm* breit über die untere gelegt und verlötet; auch der Falz wird verlötet.

8. Eindeckung mit Dachpappe.

Für ein Dachpappendach beträgt die Höhe des Daches $\frac{1}{6}$ bis höchstens $\frac{1}{3}$ der Gebäudetiefe, und die Sparren werden 0.9 bis 1 *m* voneinander gelegt. Wegen des leichten Deckmaterials kann die Konstruktion des Dachstuhles einfach und leicht sein. Um jedoch zu verhüten, daß besonders bei freistehenden Gebäuden bei starkem Sturm nicht das ganze Dach abgehoben wird, müssen die Sparren wenigstens jedes Bundgespärres durch eiserne Anker mit dem übrigen Holzwerk verbunden werden (*a* in Fig. 199). Die Sparren werden mit möglichst schmalen 2.5 bis 3 *cm* starken Brettern verschalt und auf diesen die Dachpappe mit Nägeln mit flachen breiten Köpfen befestigt. Statt der Brettverschalung kann auch eine einfache Schindeleindeckung hergestellt werden, worüber dann die Pappe kommt. Die Eindeckung mit der Pappe kann in verschiedener Weise geschehen.

Man kann nämlich zunächst die einzelnen Bögen oder Tafeln in Reihen parallel zu den Giebeln legen, wobei in den Reihen die Stöße der Tafeln abwechseln (Fig. 200). Man beginnt an der Traufkante, indem hier der Rand der ersten Tafel umgebogen und dann an die Schalbretter in Entfernungen von 3 zu 3 *cm* angenagelt wird, u. zw. muß der umgebogene Rand etwa 2 *cm* tiefer reichen, als die Schalung, damit das Wasser abtropfen kann (Fig. 201). Jede obere Tafel übergreift die untere um 4 *cm*.

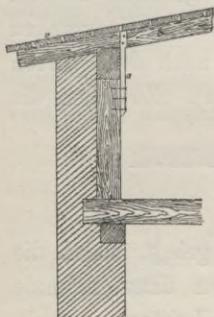


Fig. 199.

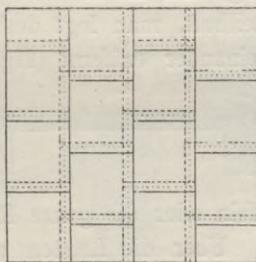


Fig. 200.

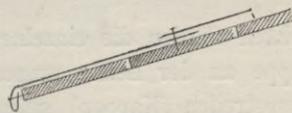


Fig. 201.

Ehe man diese Ränder übereinander legt, werden sie mit heißem Dachlack (ein Gemenge aus Teer und Asphalt) oder auch nur mit heißem Teer bestrichen, dann fest aufeinander gedrückt und mit Nägeln 4 bis 5 *cm* voneinander an die Verschalung genagelt. In derselben Weise übergreift auch

jede Tafel die seitwärts daneben liegende. Die letzte Tafel wird über den First hinübergeschlagen.

Bei einer anderen Eindeckungsart werden die Tafeln in Reihen gelegt, welche mit der Traufkante einen Winkel von 45° bilden (Fig. 202). Auch hier überdeckt jede obere Tafel die untere um 4 cm und die Befestigung der Tafeln geschieht genau so wie bei der bereits beschriebenen Art der Eindeckung.

Wenn man die Pappe nicht in Form von Tafeln, sondern in ganzen Rollen benützt, so geschieht die Eindeckung streifenweise parallel mit der Traufkante (Fig. 203). Jeder obere Streifen übergreift den unteren um 4 cm . Die Ränder werden mit heißem Dachlack verkittet und von 5 zu

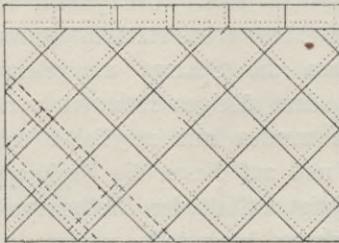


Fig. 202.

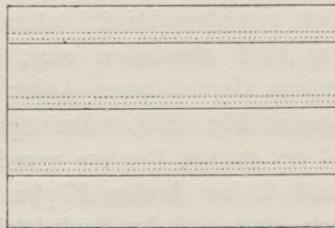


Fig. 203.

5 cm genagelt. Am Firste wird ein Streifen nach beiden Seiten umgebogen. An der Traufkante wird der ganze Streifen genau so umgebogen und angenagelt wie die einzelnen Tafeln. Diese Eindeckungsart wendet man besonders dann an, wenn darüber Dachschiefer oder Holzzement kommen soll. Soll nur die Pappe allein als Deckmaterial dienen, so wendet man fast ausschließlich das Leistendach an. Nachdem die Sparren verschalt worden sind, werden auf die Verschalung parallel mit den Giebeln dreieckige Leisten genagelt, u. zw. in einer Entfernung, welche etwa um 10 cm geringer ist, als die Breite der Papptafeln oder Rollen, also von Mitte zu Mitte 95 cm . Es ist zwar nicht unbedingt nötig, daß die Leisten gerade auf Sparren zu liegen kommen, aber doch vorteilhaft, man legt deshalb auch die Sparren von Mitte zu Mitte 95 cm voneinander entfernt (Fig. 204). Zwischen die



Fig. 204.

Leisten werden die einzelnen Tafeln oder die ganze Rolle gelegt, sodaß die Pappe an der Leiste emporragt. Über die Leisten werden dann schmale Pappstreifen (Kappen) gelegt und von 5 zu 5 cm an die Leisten genagelt. Man beginnt an der Traufkante, wo die Pappe, so wie bei den anderen Methoden umgebogen und angenagelt wird. Dann wird eine Tafel nach der anderen gelegt, wobei wieder jede obere Tafel die untere auf 4 cm Breite überdeckt. Dieser Streifen wird mit heißem Dachlack bestrichen und dann erst die obere Tafel angedrückt und genagelt. Ehe die Kappen über die Leisten

gelegt werden, werden letztere, sowie die Ränder der Tafeln mit heißem Dachlack bestrichen, dann die Kappen daraufgedrückt und angenagelt. Verwendet man die Pappe nicht in Tafeln, sondern in Rollen, so wird die Pappe in einem Stück von der Traufkante bis zum First gezogen, über den First umgeschlagen und wieder auf der anderen Seite bis zur Traufkante heruntergerollt.

Bei allen diesen verschiedenen Deckmethoden muß die Pappe nach Fertigstellung der Eindeckung noch einen Anstrich mit Dachlack erhalten. Dieser Anstrich muß aber bei warmer, trockener Witterung erfolgen und die Pappe muß ganz trocken sein. Wird daher ein Dach erst im Spätherbst oder Winter gedeckt, so wartet man mit dem Anstrich bis zum kommenden Sommer. Vorher wird die Pappe mit scharfen Bürsten gut gereinigt und dann der Dachlack, der erhitzt wurde, möglichst heiß mit Bürsten aufgetragen. Mitunter wird das Dach, solange noch der Lack heiß ist, mit scharfem Sande bestreut, jetzt aber unterläßt man dies meistens. Zur Erhaltung des Daches ist es notwendig, daß dieser Anstrich nach einem Jahre wiederholt werde, dann zweimal nach je zwei Jahren und später jedes vierte Jahr.

9. Eindeckung mit Holz-Zement.

Diese kommt in neuerer Zeit mehr und mehr in Aufnahme, weil sie ein vollständig feuersicheres Dach liefert, welches bei richtiger Herstellung absolut keine Reparaturen braucht. Das Holz-Zementdach ist wegen der darauf gebrachten, etwa 10 *cm* starken Sandschichte schwerer als das Pappdach, es muß also das Dachgerüste etwas stärker konstruiert werden. Die Sparren werden $\frac{13}{16}$ bis $\frac{16}{18}$ *cm* stark gemacht und von 1 zu 1 *m* gelegt. Die Neigung des Daches muß eine sehr sanfte sein, sodaß die Höhe gleich $\frac{1}{24}$ der Gebäudetiefe ist. Die Sparren werden mit 3 *cm* starken, recht trockenen Brettern verschalt; die Bretter werden gespundet und dann gehobelt, denn die Oberfläche der Schalung muß ganz glatt sein, ohne vorstehende Kanten oder Nägel. Unterhalb der Schalung muß eine Ventilation möglich sein. Auf die Schalung wird eine Lage Dachpappe ge-

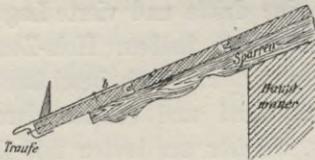


Fig. 205.



Fig. 206.

legt, u. zw. ganz glatt, ohne Leisten, um den Holz-Zement von der Schalung zu isolieren. Dann wird das Dach an den Traufkanten, sowie an den Giebelkanten mit einem 15 *cm* breiten Streifen Zinkblech eingefast, welcher auch um den Rand der Schalung gebogen und mit breit- und flachköpfigen Nägeln befestigt wird (Fig. 205 u. 206). Auf dem Blechrande müssen dann ent-

weder 8 bis 10 *cm* hohe hölzerne Latten als Einfassung befestigt werden, oder man biegt den Blechstreifen in die Höhe oder lötet einen zweiten Blechstreifen an, um so einen Rand zu erhalten, der die Abschwemmung des Sandes zu verhindern hat. An den Traufkanten müssen aber in diesem Rande von Stelle zu Stelle Öffnungen sein, um das durch den Sand sickernde Regenwasser durchzulassen. Befinden sich in der Dachfläche Rauchfänge, so werden diese ebenfalls mit Blech eingefast, welches 15 *cm* auf die Dachfläche und 24 *cm* an dem Rauchfange in die Höhe reicht und hier in die Mauer eingebogen ist. Ist dieser Blechrand hergestellt, so beginnt man nun mit der Herstellung der Holz-Zementdecke, welche aus 4 Lagen eines eigenen zähen Papiers übereinander besteht, welche mit Holz-Zement untereinander verklebt sind. Man beginnt an einer Giebelkante und rollt eine

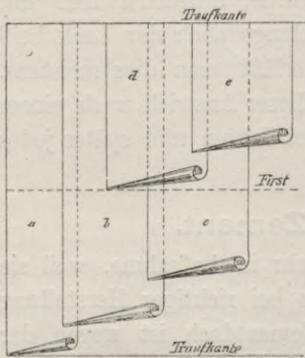


Fig. 207.

Rolle Papier von der Traufkante bis über den First zur anderen Traufkante (Fig. 207). Neben diesen Streifen *a* kommt ein zweiter *b*, sodaß er den ersten um 15 *cm* übergreift. Dieser überdeckte Streifen von 15 *cm* Breite wird mit erwärmtem (nicht gekochtem) Holz-Zement bestrichen, und so die einzelnen Streifen untereinander zusammengeklebt. Hierbei darf aber nichts von dem Holz-Zement auf die als Isolierung dienende Pappe kommen, sodaß auf der unteren Seite diese ganze Papierlage rein bleibt und ganz frei auf der darunter befindlichen Pappe und Schalung liegt.

Hierauf wird die ganze Papierlage oben mit heißem Holz-Zement bestrichen, und sofort, wie ein Streifen angestrichen ist, von einem zweiten Arbeiter eine zweite Papierlage *d* und *e* darüber gerollt, welche ein dritter Arbeiter fest andrückt und glatt streicht, sodaß beide Lagen fest, ohne jede Falte oder Blase miteinander verklebt werden. In der zweiten Lage liegen die einzelnen Streifen so, daß sie die Ränder der unteren Lage überdecken, und es übergreift wieder jeder Streifen den vorhergehenden um 15 *cm*. Dann kommt darüber in derselben Weise eine dritte und vierte Lage. Diese letzte, vierte Lage wird oben gleichmäßig mit heißem Holz-Zement bestrichen und sofort mit feinem Sand etwa $\frac{1}{2}$ *cm* hoch beschüttet. Dann kommt darüber noch 1 bis 1,5 *cm* hoch Sand und endlich darauf noch 4 bis 8 *cm* hoch grober Sand oder Kies, welcher am besten mit Lehm gemengt ist und feucht aufgebracht wird. Diese Schichte wird dann mit einer Walze oder einem Brett gegnet, und das Dach ist fertig.

G. Fundierungen.

I. Abstecken der Fundamente.

Der Bauplatz wird zunächst möglichst geebnet und dann nach dem Bauplane der Umfang des Bauwerkes abgesteckt. Die Ecken werden durch eingeschlagene Pflöcke bezeichnet. Bei sehr ausgedehnten Bauwerken werden auch noch Zwischenpflöcke eingeschlagen und dann je zwei Pflöcke durch eine Schnur verbunden, um auf dem Boden gerade Linien zu bekommen, welche den Umfang des Bauwerkes darstellen. Hierauf werden die sogenannten Schnurböcke in Entfernungen von 4 *m* voneinander errichtet, u. zw. für jede Mauer. Es werden nämlich immer zu beiden Seiten der herzustellenden Mauer zwei Pflöcke eingeschlagen, welche durch ein Querholz verbunden werden. Auf diesen Querhölzern wird genau die Dicke der Mauer, d. h. also zugleich die Breite des auszuhebenden Fundamentgrabens bezeichnet. Die sämtlichen Querlatten liegen in einer horizontalen Ebene.

2. Ausheben der Fundamente.

Die Tiefe der Fundamente richtet sich nach der Beschaffenheit und Tragfähigkeit des Bodens und nach der Last des Bauwerkes. Gewöhnlich nimmt man bei Hochbauten $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{7}$ der Gebäudehöhe als Tiefe für die Fundamente an. Aber auch das leichteste Bauwerk auf ganz festem Baugrunde darf nicht weniger tief als 45 bis 75 *cm* fundiert werden, damit weder eindringendes Regenwasser noch Frost schädlich wirken können. Soll unter dem Gebäude ein überwölbter Keller angelegt werden, so hebt man die ganze Baustelle bis zur Tiefe der Kellersohle aus und legt dann erst die Gräben für die Fundamentmauern an, für welche dann eine Tiefe von 0.25 bis 0.5 *m* genügt. Der Fundamentgraben wird immer möglichst nur so breit ausgehoben, als es die Dicke der Mauer erfordert.

Die Sohle der Fundamentgräben muß immer ganz horizontal angelegt werden. Ist an einer Stelle des Gebäudes eine tiefere Fundierung nötig als an einer anderen, so muß daher der Übergang stufenförmig stattfinden.

Wenn bei tieferen Fundamenten die Wände der Gräben, welche möglichst vertikal angelegt werden, einzustürzen drohen, so müssen sie gebölzt werden. Zu diesem Zwecke legt man an die Wände 4 bis 5 *cm* starke Bretter, über welche in horizontaler Richtung ebensolche Bretter gelegt werden, und diese werden dann in Entfernungen von etwa 1.25 bis 1.50 *m* durch Balken abgespreizt. Besonders bei lehmigem und tonigem Boden und bei sich zeigendem Grundwasser oder bei nassem Wetter ist in dieser Hinsicht die größte Vorsicht notwendig.

3. Fundierung.

Von größter Wichtigkeit für die Ausführung eines Bauwerkes ist die Beschaffenheit des Baugrundes; dieser muß die nötige Tragfähigkeit haben, d. h. er muß fest genug sein, um die ganze Last des Bauwerkes zu tragen,

ohne auszuweichen. Man muß sich daher immer vorher von der Beschaffenheit des Baugrundes überzeugen. Am einfachsten geschieht dies durch Nachgrabung oder auch durch Eintreiben einer spitzigen Eisenstange, wobei man nach dem Widerstande, den der Boden dem Eindringen dieses Eisens entgegensetzt, auf seine Beschaffenheit schließen kann. Auch Erdbohrer wendet man mitunter an.

Der beste Baugrund ist hinreichend mächtiger, fester, nicht verwitterter Felsen. Dieser ist gar nicht zusammendrückbar. Er darf aber keine Höhlungen und Klüfte enthalten und darf auch bei schiefer Schichtung nicht der Gefahr der Abrutschung ausgesetzt sein.

Guten Baugrund bildet grober, schotteriger Kies und Sand, sowie Ton, wenn diese Erdarten sich rein und in wenigstens 3 bis 4 *m* mächtigen Lagen vorfinden, welche gegen seitliches Ausweichen und gegen Unterwaschung genügend gesichert sind.

Genügend guter Baugrund ist Lehm, Mergel, Acker- und Gartenerde bei großer Mächtigkeit und Trockenheit.

Dagegen bilden alle stark zusammenpreßbaren Bodenarten, welche auch noch seitlich ausweichen, einen schlechten Baugrund. Hieher sind zu zählen Torf- und Moorboden, Schlamm, Wiesengrund, weicher Ton und Lehm und jede aufgeschüttete Erdart.

Mit Ausnahme von festem nicht verwittertem Felsen sind alle anderen Bodenarten mehr oder minder zusammendrückbar. Man muß daher ein nachteiliges Senken der Gebäude dadurch zu verhüten trachten, daß man den Druck des ganzen Gebäudes möglichst gleichmäßig auf seine Grundfläche verteilt, daß man diese Grundfläche durch Erbreiterung der Fundamentmauern möglichst vergrößert, und daß man eventuell die Dichte des Baugrundes vergrößert. Das älteste Mittel, um weniger tragfähigen Erdarten die nötige Tragfähigkeit zu geben, resp. um die Last des Gebäudes auf seine Grundfläche möglichst gleichmäßig zu verteilen, sind die sogenannten Roste. Man unterscheidet hauptsächlich drei Arten von Rosten, nämlich den Pfostenrost, den Schwellenrost und den pilotierten Rost.

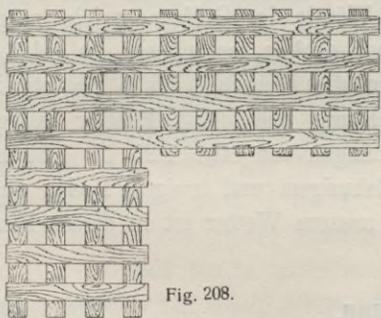


Fig. 208.

a) Der Pfosten- oder Bohlenrost.

Dieser besteht aus entsprechend starken Pfosten, 6 bis 13 *cm* stark, welche auf dem horizontal geebneten Grunde der Fundamentgrube in zwei aufeinander senkrechten Lagen übereinander gelegt werden (Fig. 208). Diese Pfosten werden

so weit auseinander gelegt, als etwa ihre Breite beträgt, sodaß zwischen ihnen quadratische leere Felder verbleiben, welche mit Steinen oder Ziegeln ausgemauert werden. Auf diese so hergestellte Unterlage wird dann die

Fundamentmauer gestellt. Dieser Rost kann aber nur bei sehr wenig zusammendrückbaren Erdarten Anwendung finden.

b) Der Schwellenrost.

Derselbe wird aus vierkantig behauenen Balken hergestellt, welche je nach der Last des darauf zu errichtenden Bauwerkes $18/18$, $20/20$, $20/25$ *cm* oder sogar noch stärker sind. Diese werden in Entfernungen von 1 bis 2 *m* voneinander in zwei aufeinander senkrechten Lagen übereinander gelegt (Fig. 209).

Die unteren in der Längsrichtung des Fundamentes liegenden Balken heißen Längschwellen, die senkrecht darüberliegenden Querschwellen. Diese beiden Balkenlagen sind miteinander durch Aufkämmung oder Überblattung, und außerdem auch noch mit hölzernen Nägeln verbunden. Die zwischen den Balken freibleibenden Felder werden mit großen Steinen ausgemauert oder auch durch genau hineinpassende Steinplatten ausgefüllt, und man stellt dann entweder sofort auf dieser Unterlage die Fundamentmauer her oder man gibt über den Schwellenrost noch einen Pfostenrost.

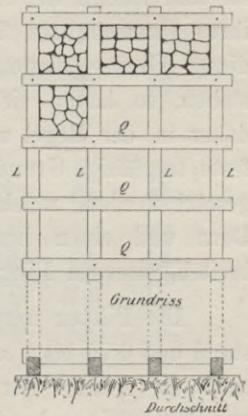


Fig. 209.

c) Der pilotierte oder Pfahlrost.

Dieser besteht aus reihenweise senkrecht in die Erde getriebenen zugespitzten Rundhölzern, den sogenannten Piloten, welche einen Schwellen- und mitunter darüber noch einen Pfostenrost tragen.

Zu den Piloten verwendet man Rundhölzer von 25 bis 30 *cm* Durchmesser, u. zw. Eichen, Lärchen, Kiefern oder Tannen. Diese werden unten drei- oder vierflächig zugespitzt, und für stark steinigen, schotterigen Boden erhält die Spitze einen schmiede- oder gußeisernen Schuh, der mit starken eisernen Nägeln, welche aber nicht vorstehende Köpfe haben dürfen, befestigt wird (Fig. 210). Damit diese Stämme beim Eintreiben in den Boden nicht zersplittern, werden sie oben mit einem eisernen Ring versehen, der nach erfolgtem Eintreiben wieder entfernt wird (Fig. 211).

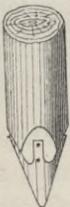


Fig. 210.

Die Piloten werden entweder durch Handrammen oder durch Zugrammen in den Boden getrieben. Die Handramme ist ein Klotz aus hartem Holze mit Eisenringen umgeben und mit eisernen Handhaben versehen



Fig. 211.

oder auch ganz von Gußeisen. Diese wird von mehreren Arbeitern 50 bis 60 *cm* hoch gehoben und dann frei auf die Pilote fallen gelassen. Bei der Zugramme wird ein ebensolcher hölzerner, mit Eisen beschlagener oder ganz eiserner Klotz an einem Seil über eine an einem Gerüste befestigte Rolle

von mehreren Arbeitern 1 bis 1·5 *m* hoch empor gezogen und dann frei fallen gelassen. Bei der Handramme kann der Klotz, der sogenannte Rammbar, nur etwa 50 *kg* wiegen, bei der Zugramme aber 300 bis 500 *kg*. Beim Eintreiben läßt man immer 25 bis 30 Schläge rasch nacheinander folgen, was man eine Hitze nennt, dann folgt eine Pause. Die Pfähle müssen solange eingetrieben werden, bis sie nach zwei bis drei aufeinanderfolgenden Hitzten nicht mehr als 5 bis 10 *cm* eindringen, dann stehen sie hinreichend tief in festem tragfähigen Grunde und vermögen per *cm*² ihres Querschnittes 300 bis 400 *kg* zu tragen. Wenn die Piloten bis zu dieser Grenze eingetrieben wurden und sie bleiben dann einige Wochen stehen, so lassen sie sich dann wieder weiter eintreiben. Man pflegt sie daher in der Regel nach einigen Wochen noch nachzurammen. Liegt der feste tragfähige Grund sehr tief, so müssen oft mehrere Piloten übereinander gesetzt werden, welche dann am besten durch einen eingelassenen eisernen Dorn und einen herumgelegten, selbstverständlich vertieft eingelassenen, breiten, eisernen Ring miteinander vereinigt werden.

Die Piloten werden in geraden Reihen von 1 bis 1·5 *m* Reihen-Abstand und 0·75 bis 1 *m* Abstand innerhalb der Reihen eingerammt. Übrigens muß die Anzahl der nötigen Piloten ermittelt werden. Es soll z. B. ein aus Bruchsteinen hergestellter Pfeiler für eine Holzbrücke mit Piloten fundiert werden. Der Pfeiler hat 7 *m* Breite, 2 *m* Stärke und 8 *m* Höhe, somit einen Kubikinhalt von $7 \times 2 \times 8 = 112 \text{ m}^3$. Da man das Gewicht von 1 *m*³ Steinmauerwerk mit 2000 *kg* zu rechnen hat, beträgt das Gewicht des Pfeilers $112 \times 2000 = 224.000 \text{ kg}$. Das auf den Pfeiler entfallende Gewicht des betreffenden Brückenteiles nebst der zufälligen Belastung würde 40.000 *kg* betragen, so ist die Gesamtlast 264.000 *kg* oder 264 *t*. Wenn Piloten von 25 *cm* Durchmesser verwendet werden, so hat jede einen Querschnitt von $\frac{\pi}{4} d^2 = 0\cdot7854\cdot25^2 = 491 \text{ cm}^2$ und vermag daher bei zehnfacher Sicherheit $491 \times 35 = 17.185 \text{ kg}$ oder rund 17 Tonnen zu tragen. Dividiert man daher die Gesamtlast durch die Tragfähigkeit einer Pilote, so erhält man die Anzahl der nötigen Piloten, nämlich $264 : 17 = 15\cdot6$ oder rund 16 Piloten.

Um diese Piloten zweckmäßig verteilen zu können, wird man deren 18 verwenden und wie in Fig. 212 dargestellt ist, verteilen.

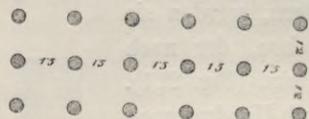


Fig. 212.

Sind die Piloten alle bis zur nötigen Festigkeit eingerammt, resp. nachgerammt, so werden die Enden abgeschnitten, so daß ihre

Köpfe alle in einer horizontalen Ebene liegen, und dann werden sie mit Zapfen in der Richtung der Langschwellen versehen und letztere werden dann auf die Piloten aufgezapft. Über die Langschwellen werden die Querschwellen gelegt und mit ersteren verkämmt oder überblattet. Lang- und Querschwellen müssen mindestens $\frac{20}{25} \text{ cm}$ stark sein. Die leeren Felder werden

mit großen Steinen ausgemauert oder mit Steinplatten oder Beton ausgefüllt. Dann kann entweder sofort mit der Fundamentmauer begonnen werden oder man legt über den Schwellenrost noch einen Pfostenrost.

Jeder Rost, mag es nun ein pilotierter oder nur ein Schwellen- oder Pfostenrost sein, muß immer so tief gelegt werden, daß er unter den Grund-

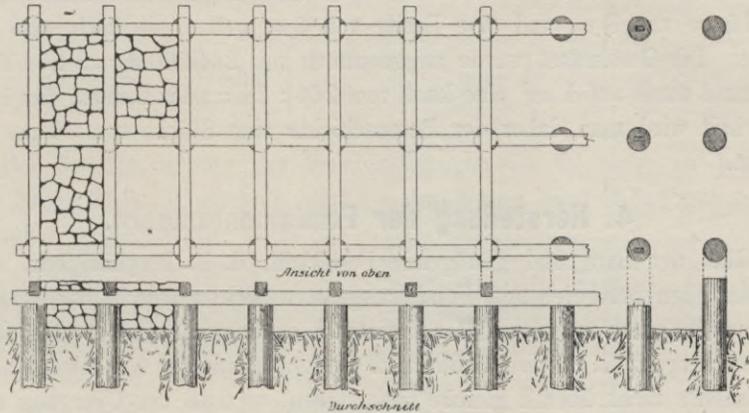


Fig. 141.

wasserspiegel zu liegen kommt. Dies ist wegen der besseren Erhaltung des hölzernen Rostes notwendig. Um den Rost gegen Unterwaschung zu schützen, muß er mit einer Spundwand umschlagen werden, wenn es sich um einen Bau am oder im Wasser handelt.

d) Schüttungen.

In neuerer Zeit werden die kostspieligen hölzernen Roste seltener angewendet, da sie doch keine absolute Sicherheit gewähren und sehr teuer kommen. Für trockenem, aber weichen, zusammenpreßbaren Boden wendet man gegenwärtig vielfach die sogenannten Schüttungen an. Nachdem die Fundamentgrube in der erforderlichen Breite und Tiefe ausgehoben und die Sohle horizontal geebnet wurde, wird auf dieser eine etwa 30 cm hohe Schichte grober Steine, Bauschutt oder sehr grobkörniger Sand ausgebreitet und eingestampft; ist diese Schichte ganz in den weichen Boden eingestampft, kommt darüber eine zweite und dritte Schichte, welche ebenfalls eingestampft werden, bis die ganze Sohle eine ebene und ganz feste Fläche bildet.

Auf weichem, preßbarem Boden, der zugleich naß ist, oder wenn die Sohle der Fundamentgrube ganz unter Wasser zu liegen kommt, wendet man zur Fundierung Beton an, welcher schichtenweise eingebracht wird, wie bei der Herstellung von Betonmauerwerk bereits erklärt wurde. Hierbei handelt es sich darum, den Druck des Bauwerkes gleichmäßig auf eine größere Fläche zu verteilen. Es wird daher die Betonschichte 2 bis 3 mal so breit gemacht, als die Dicke der darauf ruhenden Mauer. Die Dicke der Betonschichte kann man nach dem Gewichte des Bauwerkes berechnen.

Eine 10 *cm* starke Betonschichte trägt pr. 1 m^2 40 bis 50 Tonnen. Dividiert man also das Gewicht eines Bauwerkes durch seine Grundfläche, so erhält man die Belastung pr. 1 m^2 und kann so die Dicke der Betonschüttung ermitteln. Der oben für die Pilotenberechnung angenommene Brückenpfeiler sollte z. B. mit einer Betonschichte fundiert werden. Da der Pfeiler 7 *m* breit und 2 *m* stark sein soll, würde man der Betonschichte vielleicht eine Länge von 8 *m* und eine Breite von 3 *m* geben, sie hätte also 24 m^2 Fläche. Die Gesamtlast wurde angenommen mit 264.000 *kg* = 264 Tonnen, es kommt somit auf 1 m^2 eine Last von $264 : 24 = 11$ Tonnen, für 10fache Sicherheit wird man daher der Betonschichte eine Stärke von 30 *cm* geben müssen.

4. Herstellung der Fundamentmauern.

Hat der Baugrund genügende Festigkeit, d. h. Tragfähigkeit, so daß eine der eben beschriebenen Fundierungsarten nicht nötig ist, so werden die Fundamentmauern sofort auf der horizontal geebneten Sohle des Fundamentgrabens hergestellt. Diese Sohle muß immer horizontal sein; wenn also die Fundamente nicht überall gleiche Tiefe haben, so muß der Übergang stufenweise geschehen. Ist jedoch eine Fundierung nötig, so werden die Fundamentmauern erst auf der durch die Fundierung gewonnenen Fläche errichtet.

Zu den Fundamentmauern verwendet man am besten Bruchsteine und zwar möglichst große, schwere und lagerhafte Steine und hydraulischen Mörtel. Die erste Schicht wird in ein reichliches Mörtelbett gelegt. Oft legen die Maurer gerade die erste Schichte ganz trocken. Auch wird für die Fundamente häufig nicht nur kein hydraulischer, sondern sogar ein sehr schlechter, d. h. sehr magerer Luftmörtel verwendet, was freilich sehr gefehlt ist. Man nimmt zu den untersten Schichten die größten und schwersten Steine, und besonders in den Ecken muß auf guten Verband gesehen werden. Die Stärke der Fundamentmauern muß um $\frac{1}{2}$ Ziegellänge größer sein als die der oberirdischen Mauern.

H. Bauherstellungen im Innern der Gebäude.

I. Fenster.

Bezüglich der Anlage der Fenster muß bei Anfertigung des Planes darauf Bedacht genommen werden, daß die Fenster symmetrisch angeordnet werden. Die Fensterachsen müssen daher von der Mittellinie des Gebäudes aus nach beiden Seiten gleichweit entfernt und auch in den einzelnen Stockwerken genau übereinander sein. Die Breite der Mauer zwischen je zwei Fensteröffnungen, der Fensterpfeiler, soll womöglich breiter sein, als das Fenster selbst, und die Eckpfeiler sollen breiter sein, als die Zwischenpfeiler. Die Entfernung der Fensterachsen voneinander, d. h. die Entfernung der

Fenster von Mitte zu Mitte, soll zwischen 2·25 bis 3·00 *m* betragen. Breite und Höhe der Fenster sollen in einem gewissen Verhältnisse zueinander stehen, u. zw. soll bei Wohngebäuden sich die Höhe zur Breite verhalten, wie 2 : 1, oder höchstens wie 3 : 2. Immer kann man ein Fenster lieber höher und schmaler machen, als breit und niedrig. Die gewöhnlichen Dimensionen für Wohnhäuser sind:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ m breit} \\ 1\cdot75 \text{ „ hoch} \end{array} \right. \text{ oder } \left\{ \begin{array}{l} 1\cdot10 \text{ m breit} \\ 2\cdot20 \text{ „ hoch} \end{array} \right. \text{ oder } \left\{ \begin{array}{l} 1\cdot25 \text{ m breit} \\ 2\cdot50 \text{ „ hoch.} \end{array} \right.$$

Bei der Herstellung der Fensteröffnungen ist folgendes zu beachten. (Siehe Figur 214). Unterhalb der Fensteröffnung wird die Parapet- oder Lehnmauer *p* hergestellt, u. zw. 1 bis 1½ Ziegel stark und 0·75 bis 1 *m* hoch. Auf dem Parapet steht der steinerne Fensterstock, der die

Einrahmung der Fensteröffnung bildet und welcher aus folgenden Teilen besteht: Die Sohlbank *s*, die Seiten oder Gewände *g* und der Sturz *u*. Dieser steinerne Fensterstock wird entweder aus Quadern hergestellt oder aus Ziegeln ½ bis 1 Ziegel stark. Im letzteren Falle ist dann der Sturz ein scheinrechtes Gewölbe. Damit die Mauer nicht auf den Sturz drückt, wird über diesem ein segmentförmiges 1 bis 1½ Ziegel starkes Gewölbe *e* in der Breite des Sturzes hergestellt,

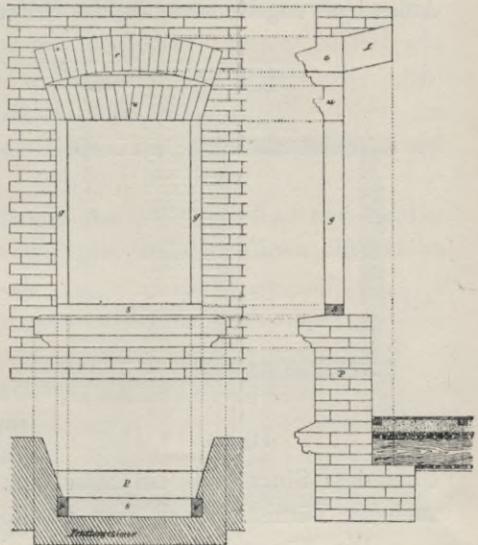


Fig. 214.

welches den Sturz nur an den Enden berührt und Entlastungsbogen oder auch Romanad- oder Fehlbogen genannt wird. Häufig läßt man aber den Entlastungsbogen weg, wenn der Sturz ein scheinrechtes Ziegelgewölbe ist, und macht dieses 1½ bis 2 Ziegellängen stark.

Im Innern wird die Fensterische nach oben ebenfalls durch ein Gewölbe *f* abgeschlossen, welches Fensterbogen oder Spalettbogen heißt. Sehr häufig ist dieses Gewölbe ein konisches Gewölbe. Die Seitenwände der Fensterische werden gewöhnlich nicht rechtwinklig mit der inneren Mauerfläche angelegt, sondern bilden mit letzterer einen stumpfen Winkel, was man die Spalettierung nennt. Bei besseren Bauten wird die Parapetmauer, die Spalettewände und der Fensterbogen mit Holz verkleidet.

In den steinernen Fensterstock wird der hölzerne Fensterstock eingelassen und entsprechend befestigt. Dieser hölzerne Fensterstock trägt die

Fensterflügel. Die äußeren Flügel können sich entweder nach außen oder ebenso wie die inneren nach innen öffnen. Gegenwärtig läßt man bei besseren Bauten immer auch die äußeren Flügel sich nach innen öffnen.

2. Türen und Tore.

Bei der Herstellung der Türöffnung in der Mauer wird in die letztere der Türstock eingelassen. Bei der Haus-Eingangstüre besteht dieser oft aus Quadern, sonst aber zumeist aus Holz, u. zw. aus vierkantig behauenen Hölzern von 15 bis 25 *cm* Breite und 10 bis 15 *cm* Stärke. Der Türstock, auch das Türfutter genannt, besteht aus der Schwelle *s*, den Wänden *w* und dem Sturz *st*. Um eine feste Verbindung mit der Mauer zu erzielen, erhalten die Schwelle und der Sturz sogenannte Vorköpfe *v* von 15 *cm* Länge. Außerdem nagelt man an die Seiten der Wände Latten *l* an (Fig. 215).

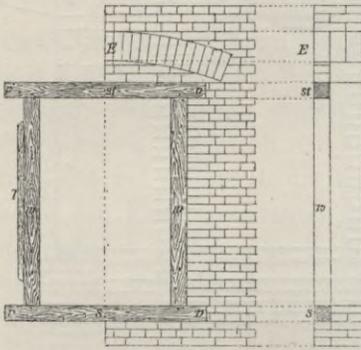


Fig. 215.

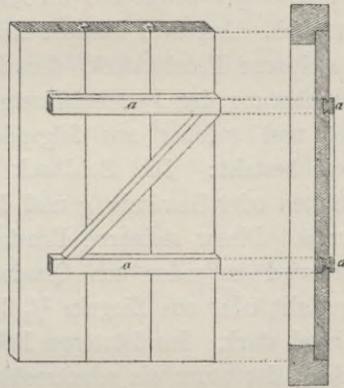


Fig. 216.

Über dem Sturz muß ein Entlastungsbogen *E* hergestellt werden, welcher auch die Türnische nach oben abschließt.

Die Tür selbst kann in verschiedener Art hergestellt werden. Bei ganz untergeordneten Räumen, z. B. Kellern, Stallungen, Schupfen u. s. w. benützt man die „ordinären Türen mit Einschubleisten“ (Fig 216). Diese werden aus gehobelten Brettern hergestellt, welche seitlich aneinander gepaßt oder auch gefalzt oder gespundet werden, über welche dann entweder die Querleisten *a* einfach genagelt oder in eine ausgehobelte Nut eingeschoben werden. Zur Bewegung erhalten diese Türen Stützkegel und Bänder und zum Verschuß entweder ein Vorhängeschloß oder ein aufgesetztes Kastenschloß. Der Türstock, der entweder aus Stein oder aus Holz hergestellt ist, erhält keine Verkleidung und die Tür fällt direkt in einen am Türstock angebrachten Falz.

Für Wohnräume erhält der hölzerne Türstock eine Verkleidung von darüber genagelten, gehobelten Brettern. Der Falz, in den die Tür schlägt, befindet sich in dieser Verkleidung. Die Tür selbst besteht aus Friesen und Füllungen und kann entweder einflügelig (Kreuztür) oder zweiflügelig (Flügel-

tür) sein. Zweiflüglige Türen müssen eine Breite der Türöffnung von mindestens 1.25 m haben. Diese Türen erhalten zur Bewegung sogenannte aufgesetzte Bänder und zum Verschluss ein eingestemmtes Kastenschloß. Bei besseren Bauten werden auch die Türnischen, sowie die Fensternischen mit Holz verkleidet. Solche Türen nennt man Futtertüren, während eine Tür ohne diese Verkleidung Spaletttür genannt wird. Zur Befestigung der ebenfalls aus Friesen und Füllungen bestehenden Verkleidung bei der Futtertür muß entweder der Türstock dieselbe Breite haben wie die Mauer, oder man stellt zwei, oder bei starken Mauern sogar drei Türstöcke auf, an welche dann die Verkleidung genagelt wird. Bestehen die Füllungen bei einer Tür aus Glas statt aus Holz, so heißt die Tür Glastür. Bei den Tapetentüren fällt die eine Seite genau in die Fläche der Wand. Der Türstock erhält auf dieser Seite keine Verkleidung, sondern wird ebenso wie die glatt gehobelte Fläche der Tür mit denselben Tapeten beklebt wie die Wand, oder bei gemalten Wänden wird die Tür mit Papier oder Leinwand beklebt und dann ebenso bemalt wie die Wände. Die Türen im Innern der Wohngebäude erhalten eine Breite von 0.80 bis 1.50 m und eine Höhe von 1.75 bis 2.75 m .

Die Haustüren erhalten eine Breite von 1.25 bis 2.0 m und werden aus Friesen und Füllungen hergestellt wie alle anderen Türen, ihre Höhe beträgt 2.25 bis 3.0 m . Der Türstock ist entweder aus Holz mit Verkleidung oder häufig besteht er aus Quadern.

Einfahrtstore müssen je nach dem Zweck, dem sie dienen sollen, entsprechende Dimensionen erhalten. Man macht sie 2.5 bis 3.0 m breit und 3.0 bis 4.0 m hoch. Einfahrtstore in Wohnhäuser werden aus starken Pfosten, ebenfalls aus Friesen und Füllungen bestehend, hergestellt. Einfahrtstore in Höfe, Scheuern, Schupfen und dgl. dagegen werden nur als sogenannte Plankentore hergestellt (Fig. 217).

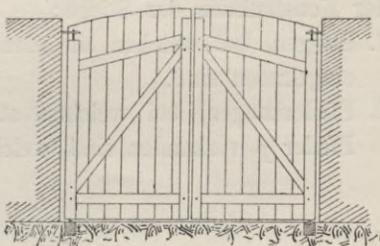


Fig. 217.

3. Stiegen.

a) Einteilung der Stiegen.

Den ganzen Raum, welchen eine Stiege oder Treppe einnimmt, nennt man das Stiegenhaus, und die diesen Raum einschließenden Mauern heißen die Stiegenhausmauern. Diese letzteren erhalten durch alle Stockwerke hindurch eine gleiche Stärke von 45 cm , nur die Fundamente werden um 15 cm stärker gemacht.

Die Teile *a* und *b* der Stiege, welche eine gerade Richtung haben, nennt man Stiegenarme (Fig. 218). Der Raum zwischen den Stiegenarmen

heißt Stiegenspindelraum. Ist dieser Raum durch eine Mauer ausgefüllt, so heißt diese Mauer die Stiegenspindelmauer oder auch kurz Stiegenspindel. Der ebene Platz *c* zwischen zwei Stiegenarmen heißt Ruheplatz oder Podest.

In Bezug auf die Beschaffenheit der Stiegenarme unterscheidet man verschiedene Arten von Stiegen:

1. Einarmige Stiegen, welche nur aus einem einzigen, geradlinigen Stück bestehen. Diese können aber sehr selten Anwendung finden, weil sie zu viel Raum brauchen.
2. Zwei- und dreiarmlige Stiegen (Fig. 218 und 219).
3. Runde Stiegen mit kreisförmigem oder elliptischem Stiegenhaus, und
4. Gemischtlinige Stiegen, welche teilweise aus runden, teilweise aus geraden Armen bestehen (Fig. 220).

Ferner unterscheidet man je nach der Konstruktion der Stiege:

1. Stiegen, bei welchen die einzelnen Stufen mit beiden Enden in Mauern eingelassen sind.
2. Pfeilerstiegen, bei welchen statt der inneren vollen Mauern nur vier Pfeiler *p* vorhanden sind, welche durch steigende Gewölbe oder steinerne

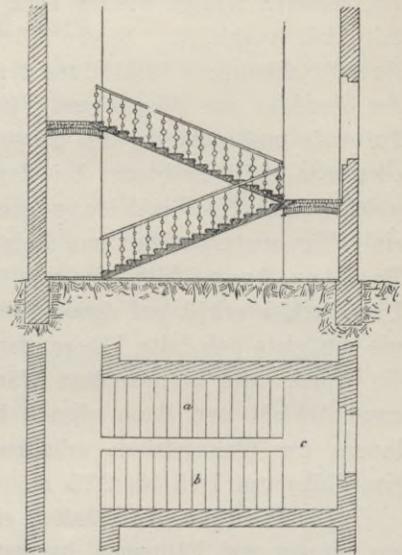


Fig. 218.

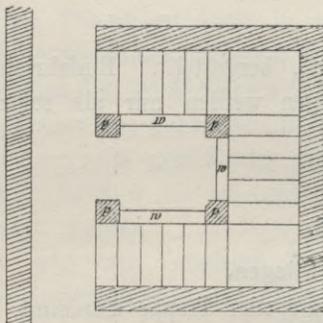


Fig. 219.

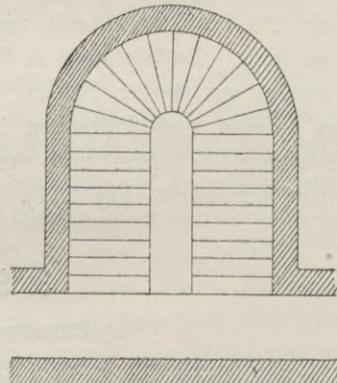


Fig. 220.

Wangen *w* verbunden sind, in welchen das Ende der Stufen eingelassen ist (Fig. 219).

3. Freitragende Stiegen, bei welchen nur ein Ende der Stufen 15 bis 25 *cm* tief in die Stiegenhausmauern eingemauert ist, während das andere Ende ganz frei schwebt, indem gar keine Stiegenspindel vorhanden ist (Fig. 218).

b) Konstruktion der Stiege.

Die Stiegen sollen in einem Gebäude stets derart situiert sein, das sie leicht aufgefunden werden können. Ferner sollen sie gut beleuchtet und feuersicher sein. Aus letzterem Grunde sollen die Stufen womöglich aus Stein hergestellt sein. Wählt man aber hölzerne Stufen, so müssen diese auf ein Gewölbe mit Schuttüberdeckung gelegt werden. Man hat übrigens durch Versuche konstatiert, daß hölzerne Blockstufen, besonders aus Eichenholz, sich im Feuer viel besser halten als steinerne Stufen, welche letztere bald zerspringen.

Steinerne Stufen, welche an beiden Enden eingemauert werden, müssen sich nach der Breite 2 bis 3 *cm* übergreifen. Sie dürfen aber nicht unmittelbar aufeinander aufliegen, sondern es muß dazwischen ein Zwischenraum von etwa 5 *mm* bleiben. Steinerne Stufen brauchen nicht auf ein Gewölbe gelegt zu werden, sondern sie werden auf der unteren Seite einfach verputzt (Fig. 221) oder es kann auch der Verputz wegleiben, besonders bei den freitragenden Stiegen, wo die einzelnen Stufen unmittelbar aufeinander gelegt werden und eine Form nach Fig. 222 bekommen.

Die Stiegen sollen möglichst bequem konstruiert sein. Es müssen daher die Breite und Höhe der einzelnen Stufen gewisse Grenzen einhalten

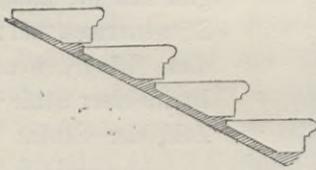


Fig. 221.

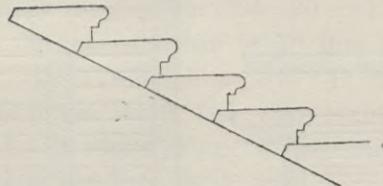


Fig. 222.

und zu einander in einem gewissen Verhältnis stehen. Wenn man über die Stiege geht, so nimmt man mit jedem Schritt eine Breite und zwei Höhen der Stufen. Nimmt man daher als durchschnittliche Schrittlänge 63 *cm* an, so berechnet sich die Breite *b* der einzelnen Stufen nach der Formel $b + 2h = 63$, daher $b = 63 - 2h$. Eine andere Formel ist $b + h = 48$ und daraus $b = 48 - h$ oder eine dritte $3h + 2b = 110$, und daraus $b = \frac{110 - 3h}{2}$. Hieraus ergibt sich bei einer Stufenhöhe von 15 *cm* für die Breite 33 *cm*. Man macht daher in gewöhnlichen Wohngebäuden die Stufen 15 *cm* hoch und 30 bis 35 *cm* breit. Bei besseren Stiegen macht man die Stufen 10 bis 13 *cm* hoch und 35 *cm* breit. Unter 10 *cm* darf man mit der Höhe der Stufen nicht gehen, weil das Ersteigen solcher Stiegen sehr ermüden würde. Keller- und Bodenstiegen können weniger bequem angelegt werden; die Stufen erhalten daher eine Höhe von 18 bis 20 *cm* und eine Breite von 20 bis 25 *cm*.

Die Breite der Stiege, also die Länge der Stufen, beträgt in gewöhnlichen Wohngebäuden 1·25 *m*, in besseren Gebäuden 1·5 bis 1·8 *m* Breite,

in öffentlichen Gebäuden, wo eine starke Frequenz herrscht, 2 bis 2·5 *m* und vielleicht noch mehr.

Jede Stiege soll mit einer Anhaltstange und an freien Stellen mit einem wenigstens 1 *m* hohen Geländer versehen sein. Um ein sicheres Anhalten an der Anhaltstange zu ermöglichen und um auch das beliebte gefährliche Herabrutschen der Kinder zu verhindern, soll die Oberfläche der Anhaltstange nicht glatt, sondern stellenweise mit hervorragenden stumpfen Knöpfen versehen sein.

Bei Kellerstiegen sollen immer beide Enden der Stufen eingemauert sein, sie sollen nicht als freitragende Stiegen konstruiert sein.

c) Berechnung der Stiegen.

Ehe man in einem Plan die Stiege einzeichnet, müssen die Dimensionen des Stiegenhauses berechnet werden. Von der Höhe des Stockwerkes hängt die Zahl der Stufen ab, welche bei einer gewissen Höhe der Stufen notwendig ist, um das Stockwerk zu ersteigen. Ist die Höhe des Stockwerkes *H* und die Höhe einer Stufe *h*, so ist die Zahl der Stufen $Z = \frac{H}{h}$. Aus

der Zahl der Stufen und der Breite einer Stufe ergibt sich die Länge des Stiegenarmes, und zw. ist diese Länge, wenn die Breite einer Stufe *b*, die Zahl der Stufen *n* ist

$$(n - 1) b,$$

weil die oberste Stufe in der Regel schon in der Breite des Ganges oder Ruheplatzes liegt. Diese Berechnung soll im Folgenden an einigen Beispielen erläutert werden.

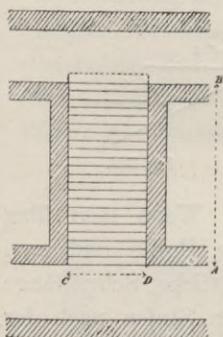


Fig. 223.

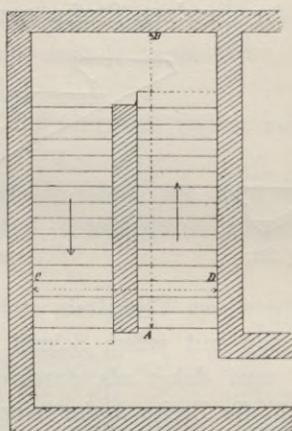


Fig. 224.

1. Einarmige Stiege. (Fig. 223.) Es wäre $H = 3\cdot60\text{ m}$ und $h = 15\text{ cm}$, die Breite *b* einer Stufe 33 *cm*, ferner die Breite der Stiege, d. h. die Länge einer Stufe $l = 1\cdot50\text{ m}$.

Zunächst ist $Z = \frac{H}{h} = \frac{3\ 60}{0\ 15} = 24$.

Es sind also 24 Stufen nötig, und es ist $AB = (24 - 1) 0\cdot33 = 7\cdot59\text{ m}$ und $CD = 1\cdot50\text{ m}$.

2. Zweiarmige Stiege. (Fig. 224.) Es wäre $H = 4\cdot20\text{ m}$, $h = 14\text{ cm}$, $b = 35\text{ cm}$, $l = 1\cdot25\text{ m}$. Die Zahl der Stufen $Z = \frac{420}{14} = 30$, daher muß jeder Stiegenarm 15 Stufen haben.

Die Tiefe des Stiegenhauses AB ist die Länge eines Stiegenarmes, mehr der Breite des Ruheplatzes. Der Ruheplatz erhält immer eine Breite gleich der Länge der Stufen, also hier 1.25 m . Da jeder Stiegenarm 15 Stufen hat ist,

$$AB = (15 - 1) 0.35 + 1.25 = 4.90 + 1.25 = 6.15\text{ m}.$$

Die Breite des Stiegenhauses CD ist die doppelte Breite eines Stiegenarmes, mehr der Stärke der Stiegen spindle mauer, daher

$$CD = 2 \times 1.25 + 0.45 = 2.95\text{ m}.$$

Wenn die höheren Stockwerke niedriger sind, so würde sich bei gleichbleibender Höhe der Stufen die Zahl dieser und somit bei gleichbleibender Stufenbreite die Länge des Stiegenarmes und daher auch die Tiefe des Stiegenhauses ändern. Dies ist aber untunlich, denn die Stiegenhausmauern müssen ja gerade in die Höhe gehen. Es muß also entweder dieselbe Stufenzahl und dieselbe Stufenbreite beibehalten werden wie im unteren Stockwerke, und man ändert die Stufenhöhe oder man ändert die Stufenzahl und berechnet ihre Breite nach der gegebenen unveränderlichen Tiefe des Stiegenhauses.

Würde z. B. die obige Stiege noch in ein zweites Stockwerk führen, dessen Höhe H' nur 3.90 m wäre, so behält man entweder ebenfalls 30 Stufen, also in jedem Arm 15, macht sie aber nur $390 : 30 = 13\text{ cm}$ hoch und läßt dieselbe Breite von 35 cm , oder man behält ihre Höhe und ändert ihre Zahl und Breite. Dann wäre $Z' = 390 : 14 = 28$. (Allerdings ist $28 \times 14 = 392$, die 2 cm lassen sich aber leicht bei einer Stufe abnehmen). Es wären also 28 Stufen nötig. Es müßten also dann in jeden Arm 14 Stufen kommen, und ihre Breite wäre

$$490 : (14 - 1) = 37.7\text{ cm}.$$

Der erste Vorgang mit Beibehaltung der Breite und Änderung der Höhe der Stufen ist vorzuziehen.

3. Dreiarmlige Stiege (Fig. 225).

$H = 4.20\text{ m}$, $h = 14\text{ cm}$, $b = 35\text{ cm}$, $l = 1.25\text{ m}$.

Zunächst ist die Stufenzahl $Z = \frac{420}{14} = 30$.

Diese Zahl von 30 Stufen kann man nun in passender Weise verteilen, entweder in drei Arme zu je 10 oder in zwei Arme mit je 12 und einen mit 6 Stufen oder in irgend einer anderen Weise.

Wählt man z. B. drei gleich lange Arme zu je 10 Stufen, so ist

$$AB = (10 - 1) 0.35 + 1.25 = 4.40\text{ m} \text{ und}$$

$$CD = 1.25 + (10 - 1) 0.35 + 1.25 = 6.90\text{ m}.$$

Würden diese Dimensionen für das Stiegenhaus nicht passen, so versucht man vielleicht $12 + 12 + 6$ Stufen, dann wäre

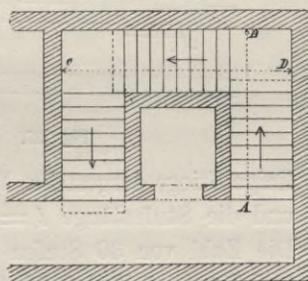


Fig. 225.

$$AB = (12 - 1) 0.35 + 1.25 = 5.10 \text{ m}$$

$$CD = 1.25 + (6 - 1) 0.35 + 1.25 = 4.25 \text{ m.}$$

Hätte das zweite Stockwerk eine andere Höhe, so wird man wieder entweder die Zahl und Breite der Stufen lassen und ihre Höhe ändern, oder man ändert ihre Breite und Zahl, indem für jeden Stiegenarm die Breite nach den gegebenen Dimensionen des Stiegenhauses berechnet wird.

4. Runde Stiegen (Fig. 226). Bei diesen haben die Stufen an ihren beiden Enden nicht gleiche Breite, es sind Spitzstufen. Die Breite der Stufen, welche sie ihrer Höhe entsprechend haben sollen, bekommen sie in einer Entfernung von 60 *cm* vom breiten Ende. Diese runde Linie *AB*, wo die Stufen diese Breite haben, nennt man die Teillinie.

Angenommen, es wäre die Stockwerkshöhe $H = 3.90 \text{ m}$, die Stufenhöhe $h = 15 \text{ cm}$ und die Breite einer Stufe $b = 33 \text{ cm}$, so ergibt sich die Zahl der Stufen $Z = \frac{3.90}{0.15} = 26$. Die Länge der Teillinie ist $(26 - 1) \times 0.33 = 8.25 \text{ m}$, der Halbmesser $CA = 8.25 : 3.14 = 2.63 \text{ m}$ und der Halbmesser CD des Stiegenhauses $2.63 + 0.60 = 3.23 \text{ m}$.

Wäre die Höhe des zweiten Stockwerkes eine andere,

$$\text{z. B. } H' = 3.65 \text{ m,}$$

so kann man am besten ebenfalls 26 Stufen von 33 *cm* Breite auf der Teillinie beibehalten, deren Höhe h dann aber $3.65 : 26 = 14 \text{ cm}$ (und für 1 Stufe 15 *cm*) sein müßte.

5. Gemischtlinige Stiege. In Fig. 227 ist eine freitragende, gemischt-

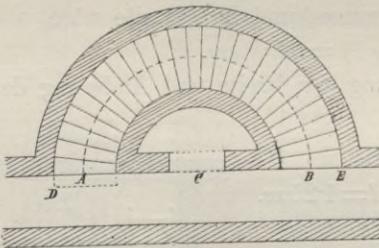


Fig. 226.

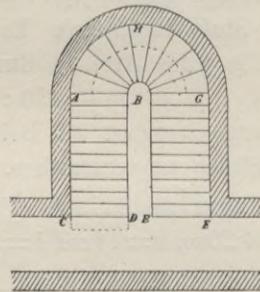


Fig. 227.

linige Stiege dargestellt. Wäre z. B. $H = 4.20 \text{ m}$, $h = 14 \text{ cm}$, $b = 35 \text{ cm}$ und die Stufenlänge $l = 1.30 \text{ m}$, so ergibt sich $Z = 4.20 : 0.14 = 30$. Die Zahl von 30 Stufen könnte so verteilt werden, daß auf den halbkreisförmigen Teil 9 Stufen, auf jeden der gradlinigen Teile 10 Stufen kommen, und die letzte fällt schon in den Gang. Es ist dann die Teillinie gleich $9 \times 0.35 = 3.15 \text{ m}$ und deren Halbmesser $= \frac{3.15}{3.14} = 1 \text{ m}$. Der Halbmesser AB des Stiegenhauses wäre $1 + 0.60 = 1.60 \text{ m}$, also die ganze Breite CF des Stiegenhauses somit 3.20 m . Da die Länge einer Stufe 1.30 m sein soll, so bleibt auf den Zwischenraum DE zwischen

den Stiegenarmen 60 *cm*. Die Länge *FG* der geraden Teile wäre $(10 - 1) 0.35 = 3.15$ *m* und die größte Tiefe des Stiegenhauses bis zum Punkte *H* = $3.15 + 1.60 = 4.75$ *m*.

Würde sich die Höhe des zweiten Stockwerkes ändern, so wäre es jedenfalls wieder am besten, die Zahl und Breite der Stufen beizubehalten und ihre Höhe zu ändern.

4. Rauchfänge.

Die Rauchfänge oder Schornsteine bilden einen wichtigen Teil jeder Heizanlage und da sie unter Umständen auch Feuergefahr bedingen können, müssen bei ihrer Herstellung folgende Vorsichten beobachtet werden.

Jeder Rauchfang muß einen der Anzahl der Feuerungen und deren Rauch- und Gasentwicklung entsprechenden Querschnitt haben. Um das Ansetzen von sogenanntem Glanzruß zu verhüten, müssen die Rauchfänge im Innern ganz glatt verputzt sein. Aber auch nach Außen sollen sie vollständig gut verputzt und mit der Außenseite 15 *cm* von jedem Holzwerke entfernt sein. Die Mauer des Rauchfanges muß nach allen Seiten wenigstens eine halbe Ziegellänge stark sein. Reicht daher die Stärke der Mittelmauern, in welchen die Rauchfänge angebracht werden, nicht aus, so muß dort, wo der Rauchfang ist, eine Verstärkung gemacht werden. Die Rauchfänge sind in der Regel so anzulegen, daß jeder bewohnbare Raum geheizt werden kann. Alle Räume, deren Rauchrohre der Öfen in denselben Schornstein münden, bilden zusammen eine Heizgruppe. Niemals dürfen Feuerungen aus verschiedenen Stockwerken in denselben Rauchfang einmünden; jedes Stockwerk soll einen eigenen Rauchfang haben. Jeder Rauchfang soll mindestens 65 *cm* über den Dachfirst emporragen.

Die Rauchfänge werden als schließbare und nicht schließbare hergestellt, welch' letztere auch russische Schornsteine oder Schlöte heißen.

Die schließbaren Rauchfänge werden in der Weise gereinigt, daß der Rauchfangkehrer in diese hineinsteigt, und indem er sich mit den Knien und dem Rücken anstemmt, nach oben kriecht. Sie müssen daher einen dementsprechenden Querschnitt haben, u. zw. 48 *cm* Länge und 44 *cm* Breite. Am unteren Ende sind sie mit einer gut schließenden, eisernen Einsteigtür zu versehen.

Die russischen Rauchfänge oder Schlöte erhalten einen engen runden oder viereckigen Querschnitt von 16 bis 25 *cm* Durchmesser. Münden nur eine oder zwei Rauchröhren in den Schlot, so muß er mindestens 200 bis 225 *cm*² Querschnitt, also 16 bis 17 *cm* Durchmesser erhalten; für drei oder vier Öfen aber 300 *cm*² Querschnitt, also 20 *cm* Durchmesser. Mehr als 4 Heizungen dürfen in einen Schlot nicht einmünden.

Die Herstellung dieser russischen Rauchfänge geschieht in der Weise, daß eine etwa 2 *m* lange, runde, hölzerne Säule, welche oben mit einem

Querholz als Handhabe versehen ist, vertikal aufgestellt und ummauert wird. Während des Ummauerns wird sie allmählich weiter und weiter in die Höhe gezogen.

Die Reinigung der russischen Rauchfänge geschieht mit passenden Bürsten, welche an einem Strick in den Schlot hinabgelassen und durch eine an der Bürste befestigte schwere eiserne oder bleierne Kugel hinabgezogen werden. Diese Bürste wird entweder von außen über dem Dach durch die Mündung des Rauchfanges hinabgelassen, dann muß auf dem Dache eine Laufbrücke mit Geländer für den Rauchfangkehrer angebracht sein, oder es sind zur Einführung der Bürsten im Dachbodenraum im Rauchfang Putztürchen angebracht. Diese Putztürchen müssen 65 *cm* über dem Dachbodenpflaster angebracht und aus 4 *mm* dickem Blech doppelt mit einem Zwischenraum hergestellt sein. Sie müssen gut in einen Falz fallen und sollen versperrenbar sein. Sie erhalten 40 *cm* Höhe und eine Breite gleich der inneren Weite des Rauchfanges. Befinden sich mehrere solcher Putztürchen nebeneinander, so soll über alle noch ein absperrbares Vorlegeisen gelegt sein. In der Nähe der Putztürchen darf kein Holzwerk sein, oder wenn dies unvermeidlich ist, muß es mit Blech beschlagen werden. Des besseren Zuges halber reichen die russischen Rauchfänge in der Regel bis in den Keller hinunter. Hier müssen sie daher ebenfalls mit einem Putztürchen versehen sein, um den beim Putzen hinunterfallenden Ruß beseitigen zu können. Befinden sich mehrere Schlöte nebeneinander, so führt man häufig nur einen gemeinschaftlichen Sammelschlauch für den Ruß in den Keller hinunter.

Da in den Mittelmauern eine größere Anzahl von Rauchfängen vorkommt und da es häßlich aussieht, wenn jeder einzelne über das Dach emporragt, so können auch mehrere zusammengezogen werden, was man schleifen nennt. Die Schleifung, d. h. also die Neigung mit der Horizontalen darf aber keinen kleineren Winkel bilden als 60°. Sollten ausnahmsweise sanftere Neigungen vorkommen, so müssen an den Punkten, wo die Ziehung beginnt und aufhört, Putztürchen angebracht sein. Der Bruch darf nicht eckig, sondern muß rund erfolgen.

5. Retiraden und Senkgruben.

Die Retiraden sollen in einem Gebäude immer einen solchen Platz erhalten, daß sie leicht auffindbar sind, ohne jedoch jedem Eintretenden sofort ins Auge zu fallen. Der Zugang soll von einem Vorhaus oder Vorzimmer aus stattfinden und die Retiraden sollen hinreichend beleuchtet sein und auch genügenden Luftzutritt haben. Jede Retirade soll einen solchen Raum haben, daß man sich darin bequem umwenden kann. Man macht sie daher 1 *m* breit und 1.5 bis 2 *m* lang.

Die Retiraden im Innern der Gebäude werden jetzt nur mehr als sogenannte Schlauchretiraden konstruiert. Der Schlauch wird entweder aus

den Rahmen (*b*), dem sogenannten Schlauchstock (siehe auch Fig. 229). Das obere Ende ragt bis über das Dach hinaus, um die sich entwickelnden Gase abzuführen. Unter dem unteren Ende des Schlauches befindet sich ein glattes, stark abfallendes Pflaster, das Rutschpflaster, welches in die Senkgrube führt. Unter dem Sitzbrett, welches 45 *cm* hoch und 50 bis 60 *cm* breit gemacht wird, mündet eine schiefgestellte Röhre, die sogenannte Gainze, in den Schlauch. Diese soll mit dem vertikalen Schlauch keinen größeren Winkel als 30° bilden. Im Parterre oder bei nur ebenerdigen Gebäuden bringt man häufig das Sitzbrett unmittelbar über dem Rutschpflaster, ohne Gainze an, wie in Fig. 228.

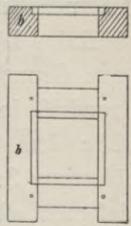


Fig. 229.

Weit besser als die hölzernen Schläuche sind die aus eisernen oder Tonröhren bestehenden Schläuche. Diese werden aus einzelnen Rohrstücken von 0.80 bis 2 *m* Länge hergestellt, welche mit Muffen versehen sind. In den Muffen erfolgt die Verbindung und Dichtung der Röhren mit Zement. In der vertikalen Lage werden diese Schläuche durch eiserne Ringe, Schlauchringe (*r*), erhalten, welche eingemauert sind, und aus zwei Teilen bestehen, die vorn durch eine Schraube verbunden sind. Die tönernen oder eisernen Schläuche stellt man häufig nicht in einen Schlauchkanal, sondern läßt sie in der Retirade frei stehen. Die Konstruktion der ganzen Anlage, Form der Gainzen etc. ist aus Fig. 230 ersichtlich.

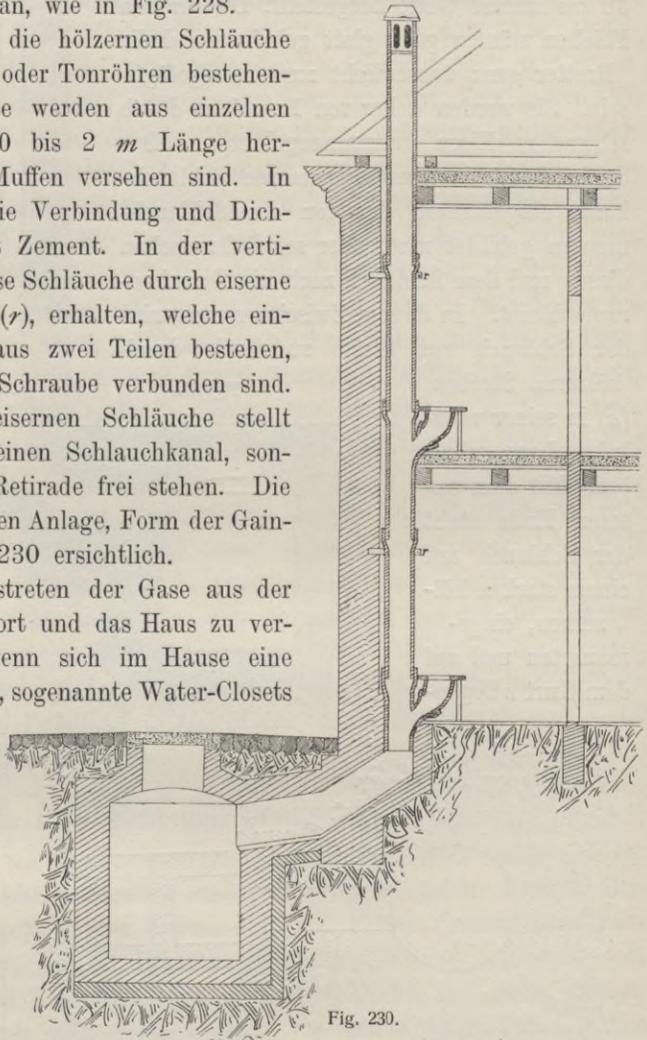


Fig. 230.

Um das Heraustreten der Gase aus der Senkgrube in den Abort und das Haus zu verhüten, bringt man, wenn sich im Hause eine Wasserleitung befindet, sogenannte Water-Closets (d. h. Wasserschlüsse) an, welche in zahlreichen Konstruktionen existieren.

Bei den älteren und wenig zweckmäßigen derartigen Konstruktionen befindet sich unter dem Sitzbrette über der Gainze

eine Leibschüssel, welche unten durch eine Klappe geschlossen ist. Diese Klappe wird durch ein Gegengewicht stets in die Höhe gedrückt. Durch

den Zug an einem Hebel kann die Klappe nach unten geöffnet werden und durch denselben Hebel wird dann ein Ventil in einem seitwärts angebrachten Wasserkasten geöffnet, sodaß durch eine Röhre Wasser in die Schüssel strömt, welches diese ausspült und zuletzt, wenn die Klappe wieder geschlossen wurde, sich in geringer Menge über der Klappe ansammelt und so die Schüssel luftdicht verschließt. Bei der neuesten, gegenwärtig ausschließlich angewendeten Konstruktion, dem Sturzklosett, hat die Schüssel gar keine Klappe, sondern sie hat unten einen Syphon, d. h. eine nach oben gekrümmte Abflußröhre. In einer Höhe von 1·5 bis 2 *m* über dem Sitzbrett befindet sich ein Wasserkasten, der durch ein Rohr mit der Schüssel verbunden ist. Das Rohr ist durch ein Ventil im Wasserkasten geschlossen, welches durch Ziehen an einer Kette geöffnet werden kann. Das Wasser strömt dann mit großer Gewalt in die Schüssel, schwemmt den Unrat hinaus und bleibt im Syphon, sodaß durch das Wasser ein vollkommener Abschluß erzielt wird. Für dieses System ist aber sehr viel Wasser nötig, so daß unbedingt eine Wasserleitung im Hause sein muß, durch welche der Wasserkasten ständig gefüllt wird.

Wie aus den Fig. 228 und 230 ersichtlich ist, gelangen die Exkremate aus dem Schlauch über das Rutschenpflaster in die Senkgrube. Zwar sind die Senkgruben in sanitärer Hinsicht sehr verwerfliche Anlagen, auf dem Lande aber, wo es keine Kanalisation gibt, ist etwas anderes nicht möglich. Die Senkgrube soll 3 bis 4 *m* von jedem bewohnbaren Raum, von den Kellern und noch weiter von Brunnen entfernt sein. Ferner soll sie möglichst wasserdicht sein. Die Seitenwände werden $1\frac{1}{2}$ Ziegellängen stark aus hartgebrannten Ziegeln mit hydraulischen Mörtel hergestellt und inwendig mit einem glatten Zementverputz versehen. Die Sohle besteht aus einem stehenden, in Zement gelegten Ziegelpflaster. Oben soll die Senkgrube nicht durch übergelegte Pfosten geschlossen sein, wie man dies oft antrifft, sondern sie soll überwölbt und nur mit einer kleinen, durch einen Steindeckel geschlossenen Einsteigöffnung versehen sein. Gegen das Haus, oder besser von allen Seiten, werden die Mauern der Senkgrube mit Letten umstampft. Bei jährlich einmaliger Reinigung erfordert die Senkgrube für je 6 Personen 8 bis 10 *m*³ Größe.

J. Keller, Eisgruben und Eiskeller.

I. Gewöhnliche Hauskeller.

Entweder werden die Keller unter dem Erdgeschoß von Gebäuden hergestellt oder als selbständige Anlagen ganz oder teilweise in die Erde gebaut. Die Keller werden immer überwölbt. Bei größerer Breite wölbt man am besten zwischen Traversen. Die Anforderungen an einen Keller sind verschieden, je nach seinem Zweck. Im Allgemeinen aber ist bei der

Herstellung eines jeden Kellers zu beachten, daß die Sohle des Kellers stets über dem Grundwasserspiegel liegen, und der Keller weder zu warm, noch aber dem Froste ausgesetzt sein soll. Ferner soll jeder Keller eine solche Höhe haben, daß ein Erwachsener selbst an der niedersten Stelle bequem aufrecht gehen kann, und endlich soll jeder Keller eine gute Ventilation gestatten.

Je nachdem, wozu der Keller dienen soll, ist noch folgendes zu bemerken:

- a) Soll der Keller zur Aufbewahrung von Eßwaren, Obst, Gemüse o. dgl. dienen, so ist Trockenheit und gute Ventilation am wichtigsten. Besonders für Obst ist für den Keller eine Höhe von 3 *m* notwendig. Im Sommer soll der Keller möglichst kühl sein, im Winter aber soll immer eine Temperatur über 0° vorhanden sein.
- b) Als Milchkeller soll der Keller nur einzig und allein diesem Zwecke dienen und nicht auch zur Aufbewahrung anderer Stoffe benützt werden, durch deren Ausdünstung vielleicht die Milch gerinnen könnte. Die Höhe soll 4 bis 5 *m* betragen, der Boden wird gepflastert und mit Gefälle versehen.
- c) Bier- und Weinkeller müssen trocken und luftig sein, und es soll bei Bierkellern die Temperatur das ganze Jahr hindurch gleichmäßig 3 bis 5 Grad, bei Weinkellern aber 8 Grad betragen.

2. Eiskeller.

a) Unterirdische Eisgruben.

Die einfachste und billigste Anlage, welche bei günstigen Verhältnissen auch vollkommen genügt, um für eine Haushaltung das nötige Eis den

ganzen Sommer über zu erhalten, sind die unterirdischen Eisgruben. Hierzu ist ein trockener Boden und ein gegen Norden gelegener Platz nötig, welcher womöglich das ganze Jahr hindurch stets im Schatten liegt. Hier gräbt man eine Grube, 5 bis 6 *m* lang und ebenso breit und etwa 4 *m* tief (Fig. 231). Die Sohle wird mit einem Pflaster versehen, mit Gefälle, und für den Abfluß des aus dem Eise

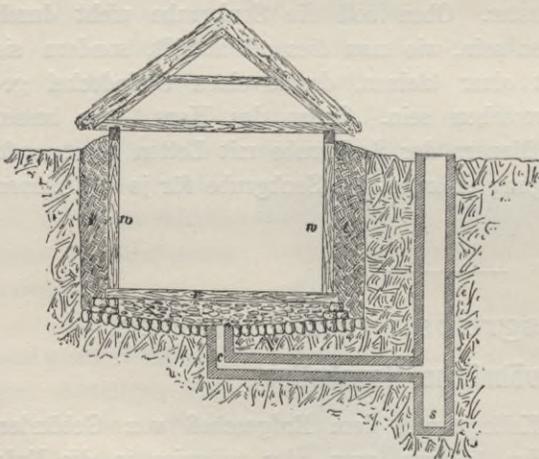


Fig. 231.

entstehenden Schmelzwassers wird ein gemauerter Kanal hergestellt. Kann man durch diesen das Wasser nicht fortführen, so sammelt man es in

einem gemauerten Schacht, aus welchem es von Zeit zu Zeit ausgepumpt wird. Der Boden der Grube wird etwa 0·5 *m* hoch mit Bruchsteinen bedeckt und darüber kommt ein hölzerner Rost, der jedesmal vor dem Einlegen des Eises dick mit Stroh überdeckt wird. Die Seitenwände der Grube erhalten hölzerne Wände aus eichenen oder kiefernen Pfosten, welche mit Ton umstampft werden. Über die Grube kommt ein Dach mit einer 0·5 bis 1 *m* starken Eindeckung von Stroh oder Schilfrohr. In diesem Dache wird eine Tür angebracht zum Einbringen des Eises und der zu konservierenden Gegenstände. Das Eis wird stark mit Stroh bedeckt und die Gegenstände unmittelbar darauf gebracht.

b) Oberirdische Eiskeller.

Will man oberirdische Eiskeller herstellen, so ist hiezu ebenfalls vor allem ein geeigneter, stets im Schatten liegender Platz notwendig. Der Boden wird gepflastert, mit einem Abzugs-Kanal versehen, und über das Pflaster kommt in einer Höhe von 0·5 bis 1 *m* ein hölzerner Rost, auf welchen erst das Eis kommt. Die Wände des Eiskellers müssen immer doppelte sein, welche 1 *m* von einander entfernt sind, und der Zwischenraum wird mit einem schlechten Wärmeleiter, z. B. Sägespänen, Asche etc. ausgefüllt. Die innere Wand muß immer von Holz sein. Am besten macht man auch die äußere Wand von Holz und gibt darüber ein dickes Strohdach (Fig. 232). Man kann aber

auch die äußere Wand aus Mauerwerk herstellen. Dann stellt man die Decke als doppeltes Gewölbe her und läßt zwischen den beiden Gewölben einen leeren Zwischenraum von 15 *cm*. Über das obere Gewölbe kommt eine Schuttschichte und darüber ein Dach, oder wenn der Keller an einer Berglehne angelegt ist, kommt über die Schuttschichte eine Betonschichte und darüber Erde.

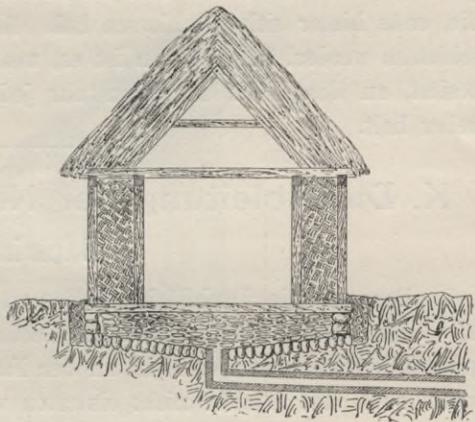


Fig. 232.

Die Einfüllung des Eises geschieht bei den oberirdischen Eiskellern durch eine Öffnung im Dach oder bei gewölbter Decke unmittelbar unter den Gewölben. Die zu konservierenden Gegenstände bringt man nicht unmittelbar zum Eis, sondern man stellt zu diesem Zweck einen Vorraum her, der von dem Eisraum durch eine Holzwand getrennt ist, in der sich eine Tür befindet, um durch diese zum Eis selbst zu kommen, wenn es nötig ist. In den Vorraum gelangt man

durch zwei Türen, und es darf die zweite immer erst geöffnet werden, wenn die erste geschlossen ist.

c) Eiskeller in Wohngebäuden.

Will man in den Kellern eines Wohngebäudes einen Eiskeller herstellen, so darf das Eis nicht direkt mit den Kellermauern in Berührung kommen, sondern es muß in einem Abstände von 20 bis 50 *cm* von der Kellermauer eine starke Pfostenwand errichtet werden. Pflasterung des Bodens, ein Abfluß-Kanal für das Schmelzwasser, sowie ein hölzerner Rost als Unterlage für das Eis ist ebenso nötig, wie bei den sub *a* und *b* beschriebenen Eiskellern. Ebenso stellt man auch hier einen Vorraum her, in welchen zwei Türen führen. Der Eiskeller soll auch eine separate Stiege haben und überhaupt von den anderen Kellerräumen ganz getrennt sein.

Will man in allen diesen Eiskellern das Eis über den Sommer möglichst lange erhalten, so ist folgendes zu beachten: Schon längere Zeit, bevor die Eiskeller gefüllt werden, müssen diese bei starkem Frostwetter geöffnet werden. Das Eis soll bei starkem Frost, also gehörig trocken eingelagert werden, wobei es in möglichst kleine Stückchen zerschlagen wird, damit das ganze Eis in ein einziges Stück zusammenschmilzt, in dem sich keine Luft befindet. Die Öffnung, durch welche das Eis eingelagert wurde, bleibt längere Zeit offen und wird erst bei anhaltendem Tauwetter geschlossen. Während des Sommers soll man nur früh oder abends in den Eiskeller gehen und es darf immer erst die nächste Türe geöffnet werden, wenn man die erste hinter sich geschlossen hat. Alle Türen müssen rasch wieder geschlossen werden. Am besten ist es, wenn man im Hause einen Eisschrank besitzt, zu dessen Füllung man nur jeden zweiten Tag Eis aus dem Eiskeller holt.

K. Die Ableitung der Niederschlagswässer.

I. Dachrinnen.

Das auf die Dachflächen gelangende Regen- und Schneewasser soll bei jedem, selbst dem einfachsten Gebäude in Rinnen gesammelt und abgeleitet werden, damit es nicht an den Fassaden herunterfließt. Aber selbst, wenn auch das letztere nicht eintreten würde, sondern wenn bei weit vorspringenden Dächern das Wasser von der Traufkante abtropft, so spritzt es beim Auffallen auf den Boden den Sockel des Gebäudes an und macht diesen feucht. Es sollen daher an den Traufkanten der Gebäude Rinnen angebracht werden, welche nach einer Seite hin Gefälle haben, um das von den Dachflächen herabfließende Wasser aufzunehmen und nach einem Ende des Gebäudes hinzuleiten, wo es durch senkrechte Abfall- oder Standröhren zur Erde geführt wird. Diese Rinnen werden bei einfachen, ländlichen Gebäuden häufig aus Holz hergestellt, durch halbrundes Aushöhlen eines

schwachen Stammes. Diese Holzrinnen werden unter der Traufkante von Rinnenhaken getragen, welche an den Sparren befestigt sind. Die Abfallröhren bei diesen Holzrinnen sind dann häufig ebenfalls aus Holz, nämlich aus vier Brettern zusammengenagelt, oder aus Blech oder sie fehlen überhaupt. In diesem letzteren Falle muß aber die Rinne 1 bis 1.5 *m* länger gemacht werden, als das Gebäude, damit das Wasser möglichst entfernt von diesem auffällt.

Viel besser und dauerhafter als die Holzrinnen sind Blechrinnen, welche zumeist aus Weißblech (verzinntes Eisenblech), seltener aus Zink- oder verzinktem Eisenblech hergestellt werden, und zwar in der Art, daß man die einzelnen entsprechend gebogenen Blechtafeln ineinander schiebt und verlötet. Die Rinnen aus Weißblech erfordern innen und außen einen guten Anstrich mit Ölfarbe, der öfter erneuert werden muß. Rinnen aus Zink- oder verzinktem Eisenblech dagegen brauchen keinen Anstrich.

Die Rinnen werden entweder unter der Traufkante angebracht, in welchem Falle sie Hängerinnen heißen, oder über der Traufkante, dann nennt man sie Saumrinnen. Die Breite und Tiefe der Rinnen hängt von der aufzuehmenden und fortzuführenden Wassermenge ab, also von der Größe der betreffenden Dachflächen und der Länge der Rinnen. Sie bekommen meist 12 bis 20 *cm* Breite und 8 bis 10 *cm* Tiefe.

Die einfachste und beste Konstruktion sind die Hängerinnen, welche unter der Traufkante in den Rinnenhaken *a* liegen (Fig. 233).

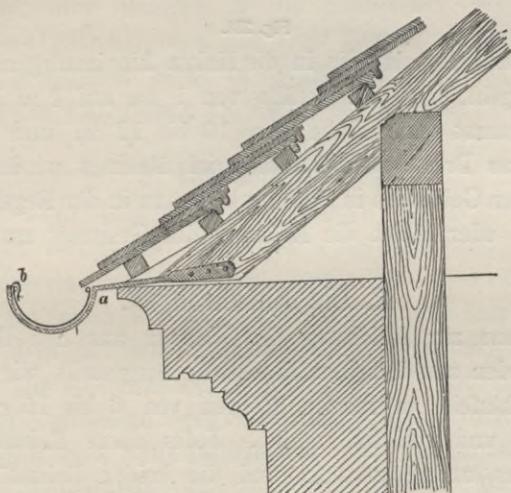


Fig. 233.

Letztere sind an jedem Sparren befestigt, sind aus Eisen, etwa 40 *mm* breit und 2 *mm* dick, und werden ebenfalls mit Ölfarbe angestrichen. Damit die Rinne nicht durch starken Wind aus den Rinnenhaken herausgehoben werden kann, ist an letzteren am vorderen Ende ein dünner Blechstreifen *b* angeietet, welcher in die Rinne hineingebogen wird. Selbstverständlich muß

die Rinne nach jenem Ende des Gebäudes hin, wo die Abfallröhre angebracht ist, Gefälle haben, etwa 8 bis 10 *mm* auf 1 *m* Länge. Dieses Gefälle erzielt man durch allmählich länger werdende Rinnenhaken.

Soll das Gesimse ganz frei hervortreten, so bringt man die Dachrinne über der Traufkante an. Diese Rinnen heißen dann Saumrinnen. In Fig. 234 ist eine solche Konstruktion auf einem Schieferdache dargestellt. Zunächst wird die Schalung des Daches von *a* bis *b* mit Zinklech bedeckt. Dann werden die eisernen Rinnenhaken, welche etwa 40 *mm* breit und 2 *mm* stark sind, in Entfernungen von 1 *m* voneinander mit Schrauben an

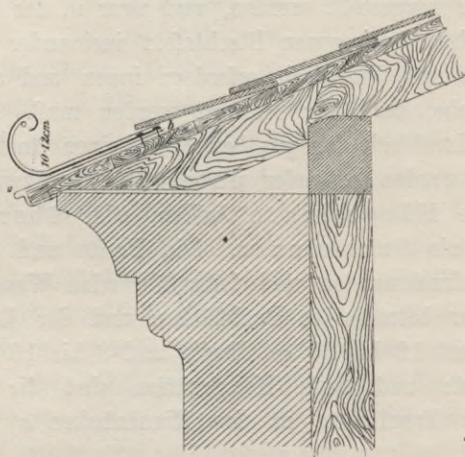


Fig. 234.

der Schalung befestigt, sodaß die in die Haken hineinzulegende Rinne schräg über das Dach geht, also ein Gefälle von 1 *cm* auf 1 *m* Länge bekommt. Die Rinne bekommt eine Höhe von 10 bis 12 *cm* und muß bei *b* auf mindestens 10 *cm* Breite vom Deckmaterial überragt werden.

Bei größeren Gebäuden in Städten legt man in der Regel die Dachrinnen auf die Gesimse oder bildet die Krönung des Gesimses aus der Dachrinne.

2. Die Abfallröhren.

Diese dienen zur Ableitung des Wassers aus den Dachrinnen. Die Abfallröhren werden aus derselben Blechsorte hergestellt, wie die Dachrinnen, indem die Blechtafeln zu runden Röhren von 6 bis 15 *cm* Durchmesser zusammengerollt und verlötet werden. Jedes obere Rohrstück wird etwa 10 *cm* tief in das untere gesteckt und die beiden Rohrstücke werden zusammen verlötet. Es ist immer besser, die Röhren nicht zu eng, sondern lieber etwas weiter zu machen, weil sie dann nicht so leicht einfrieren. Die Abfallröhren werden an den Ecken der Gebäude, neben Vorsprüngen oder in eigenen Vertiefungen herabgeführt. Es ist nicht gut, sie einzumauern, sondern besser, sie frei herabzuführen, damit sie bei nötigen Reparaturen, oder wenn sie eingefroren sind, besser zugänglich sind.

Zur Befestigung der Abfallröhren an den Mauern dienen die Rohrhalter oder Rohreisen, welche in die Fugen der Mauer oder in das Holzwerk eingetrieben werden, und welche entweder die Röhren nur mit Lappen umfassen (Fig. 235), oder sie haben einen aus zwei Teilen bestehenden Ring, dessen beide Teile zusammengenietet oder zusammenschraubt werden, um bei Reparaturen die Röhre leichter herausnehmen zu können (Fig. 236). Unmittelbar über dem Rohrhalter wird an die Röhre eine kleine Blechnase angelötet, mit welcher sich die Röhre auf den Rohrhalter stützt (Fig. 237).

Scharfe Knie sollen bei den Abfallröhren vermieden werden, weil sie Gelegenheit bieten zur Ablagerung von Schmutz und zum Ansetzen von

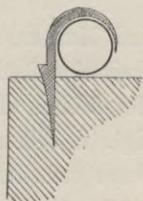


Fig. 235.

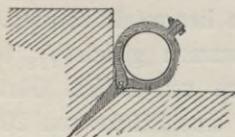


Fig. 236.

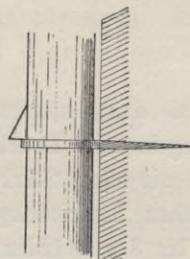


Fig. 237.

Eis. Aus den Dachrinnen wird das Wasser in die Abfallröhren in der Art geführt, daß an die Rinne nach unten ein etwa 10 *cm* langes, konisches Rohrstück gelötet wird, welches in die Abfallröhre gesteckt wird, oder man versieht die Abfallröhre oben mit einer Erweiterung (Kessel), in welche man die Rinne einmünden läßt. In Städten mit Kanalnetzen führt man das Wasser aus den Dachrinnen oft durch ein Rohr in die Abortschläuche.

3. Die Dachkehlen.

Bei Ziegel- und Schieferdächern werden die Kehlen mit Schwarz-, Weiß-, Zink- oder verzinktem Eisenblech eingedeckt und man gibt dieser flachen Blechrinne eine möglichst große Breite, 40 bis 80 *cm*. Die einzelnen Blechtafeln werden zusammengefalt und mit in den Falz hineingebogenen Heftblechen an den Dachlatten oder der Schalung befestigt. Der Falz wird niedergeklopft. Die Seitenränder der Bleche werden etwas nach oben aufgebogen, um zu verhindern, daß etwa das Wasser durch den Wind unter das Dach getrieben wird. Die Dachziegeln und Schieferplatten müssen zirka 15 *cm* über die Seitenränder der Kehlrinne greifen. Weiß- und Schwarzblech muß auf beiden Seiten mit einem guten Ölfarbenanstrich versehen werden. Bei Zinkblech oder verzinktem Eisenblech aber ist dies nicht nötig.

4. Ableitung des Wassers von den Hofflächen.

Um das Eindringen der Niederschlagswässer in den Boden in der nächsten Umgebung des Gebäudes möglichst zu hindern und so die Fundament-

mauern vor Feuchtigkeit zu schützen, ist es ratsam, dem Erdboden von den Mauern an Gefälle zu geben und womöglich einen Streifen um das Gebäude herum abfallend zu pflastern. Die Hofflächen sollen ebenfalls behufs Entwässerung Gefälle haben, aber nicht nach einem Brunnen hin. Das Wasser von den Hofflächen wird am besten durch flache, ausgepflasterte Rinnen oder durch einen überdeckten Kanal abgeleitet, welcher von der tiefsten Stelle des Hofes ausgeht und hier mit einem Gitter bedeckt ist.

L. Einfriedungen.

I. Mauern.

Die dauerhaftesten und sichersten Einfriedungen sind Mauern, welche aus Ziegeln oder Bruchsteinen hergestellt werden. Als freistehende Mauern müssen sie eine Stärke bekommen gleich $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{8}$ der Höhe. Die gewöhnlichen Einfriedungsmauern von Höfen, Gärten u. dgl. in einer Höhe von 2 bis 3 *m* würden daher eine Stärke von 20 bis 40 *cm* erfordern.

Stellt man die Mauer aus Ziegeln her, so gibt man ihr je nach ihrer Höhe eine Stärke von $\frac{1}{2}$ bis 1 Ziegellänge, und in Entfernungen von 3 bis 4 *m* voneinander erhält sie Verstärkungspfeiler in der Breite von 1 bis 2 Ziegellängen, welche um $\frac{1}{2}$ Ziegellänge aus der Mauer heraustreten. Das Fundament wird aus Bruchsteinen hergestellt, und zwar $\frac{1}{2}$ Ziegellänge stärker als die Pfeiler (Fig. 238). Wird die Mauer aus Bruchsteinen gebaut,

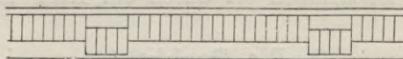


Fig. 238.

so kann sie nicht unter 40 *cm* stark sein, dagegen sind dann keine Verstärkungspfeiler nötig. Sowohl Ziegel- als Bruchsteinmauern werden oben schief abgedeckt, damit das Wasser ablaufen kann. Zu dieser Abdeckung nimmt man Mauerziegel, Dachziegel, Schiefer- oder Steinplatten, auch Schindeln können verwendet werden. Damit das Wasser abtropfen kann und sich nicht an der ganzen Mauer herunterzieht, läßt man die Abdeckung nach beiden Seiten etwas vorstehen (Fig. 239).

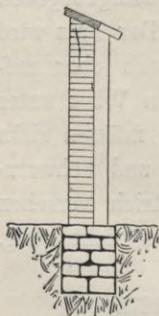


Fig. 239.

Die Mauern werden entweder ganz mit gutem hydraulischen Mörtel verputzt oder es werden nur die Fugen verschlossen. Letzteres ist bei Bruchsteinmauerwerk dem ganzen Verputz vorzuziehen.

2. Hölzerne Zäune.

Alle Holz-Einfriedungen bestehen zunächst aus vertikalen Säulen, welche in Entfernungen von 3 bis 4 *m* voneinander in die Erde gesetzt werden und welche je nach dem Zwecke und der Art des Zaunes verschiedene Höhe und Stärke bekommen. An den Säulen werden zumeist 2 bis 3 horizontal liegende Riegel befestigt, an welchen das weitere Zaundichtungsmaterial angebracht wird.

Die Säulen müssen auf $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe in die Erde gesetzt und mit Steinen umstampft werden. Der in die Erde kommende Teil bleibt rund, der oberirdische Teil bleibt entweder ebenfalls rund oder wird vierkantig behauen. Am oberen Ende werden die Säulen stumpf zugespitzt oder man schrägt sie nur nach einer Seite ab und nagelt auf diese schräge Fläche ein Brettchen wegen des besseren Wasserablaufens.

Häufig werden statt hölzernen Säulen gemauerte Pfeiler oder aus Stein gehäute Säulen verwendet.

Mit den Säulen werden die Riegel verbunden, entweder durch Überblattung oder Verzapfung. Der erste Riegel kommt 30 bis 50 *cm* über den Boden, der nächste etwa 1 *m* über den ersten, nötigenfalls noch ein dritter. Zu den Riegeln nimmt man entweder halbrunde, der Länge nach entzweigeschnittene Rundhölzer, oder vierkantig behauene oder beschnittene Hölzer. In letzterem Falle werden die Riegel auf der oberen Fläche abgeschrägt. An den Riegeln wird nun das Zaundichtungsmaterial angebracht.

Bei niedrigen leichten Zäunen kann dies in der Weise geschehen, daß man drei dünne, ganz runde Riegel anbringt, und nun diese in vertikaler Richtung mit dünnem Material verflecht, wodurch ein Flechtzaun entsteht (Fig. 240). Ein anderer Flechtzaun mit horizontaler Flechtung ist in Fig. 241 dargestellt. Bei diesem werden dünne Pfähle 50 *cm* voneinander entfernt in den Boden geschlagen und mit dünnen Ruten verflochten.

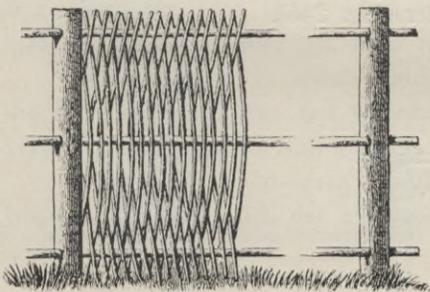


Fig. 240.

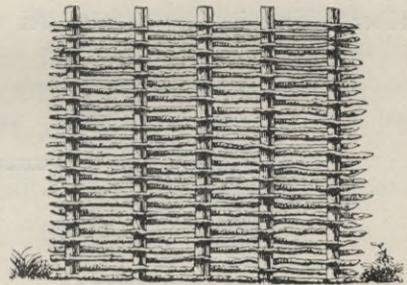


Fig. 241.

Wenn man an die Riegel in vertikaler Richtung dünne, runde Stangen nagelt, so heißt ein solcher Zaun Stacketenzaun, oder geschnittene

Latten, dann heißt der Zaun Lattenzaun. Fig. 242 stellt einen Stacketenzaun dar, Fig. 243 zeigt einen Stacketenzaun, wie er vielfach für Tiergärten verwendet wird, um das Übersetzen des Wildes über den niedrigen Stacketenzaun zu verhüten. Fig. 244 stellt einen Rautenzaun dar.

Der Bretter- oder Pallisadenzaun entsteht, wenn an die Riegel in vertikaler Richtung Bretter oder Schwarten genagelt werden. Die Bretter werden oben zugespitzt oder nach einer Seite abgeschragt.

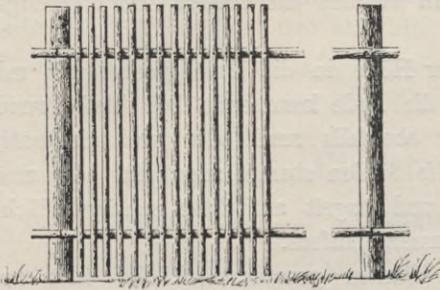


Fig. 242.

Für Tiergärten und ähnliche Zwecke, wenn der Zaun nicht hasendicht sein muß, findet zumeist der Plankenzaun Anwendung. Bei diesem fallen die Riegel weg und es werden an den Säulen horizontal übereinander etwa 6 Zaunplanken

befestigt. Die Zaunplanken sind schmale, 3 bis 4 cm starke Bretter, welche mit hölzernen oder eisernen Nägeln an die Säulen genagelt werden. Oder es werden die Säulen in der Richtung des Zaunes mit rechteckigen Durchlochungen versehen und in diese die Zaunplanken einfach hineingeschoben. Diese letztere Art hat den Vorteil, daß man den Zaun jederzeit an jeder beliebigen Stelle

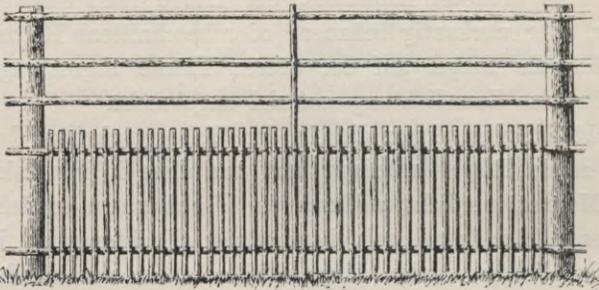


Fig. 243.

sofort öffnen und wieder schließen kann. Die unteren vier Planken kommen näher aneinander, die oberen zwei weiter (Fig. 245).

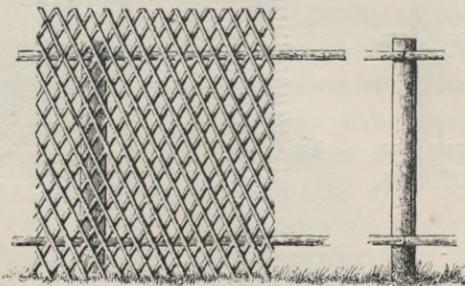


Fig. 244

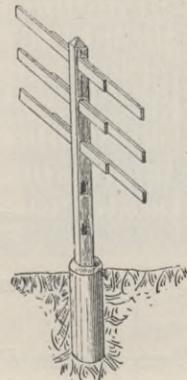


Fig. 245.

Für provisorische Einzäunungen finden häufig übertragbare Zäune, die sogenannten *Hürdenzäune*, Verwendung. Ein solcher Zaun wird aus einzelnen, fertigen Teilen, den sogenannten *Hürden*, zusammengesetzt. Eine solche Hürde (Fig. 246) besteht aus zwei oder drei vertikalen, runden Pfählen, über welche horizontal übereinander eine Anzahl runder Stangen genagelt ist. Über die Stangen sind eine oder zwei Streben schräg genagelt, um eine Verschiebung des Hürdenfeldes zu verhüten.

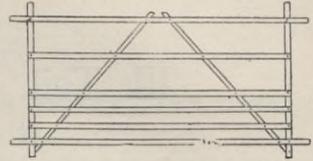


Fig. 246.

Die oberste und unterste Latte stehen über die Pfähle vor, während die übrigen knapp an den Pfählen abgeschnitten sind. Um einen Zaun herzustellen, werden diese einzelnen Hürden einfach nebeneinander gestellt und die vorstehenden Stangenenden an den Pfahl der nebenstehenden Hürde angenagelt oder nur mit Weidenruten, Wieden oder Draht angebunden. Stellenweise wird der Zaun an kurzen, in die Erde getriebenen Pfählen befestigt und eventuell durch Seitenstreben gestützt, um nicht vom Winde umgeworfen zu werden. Zur Herstellung der Hürden kann man schwaches Durchforstungsmaterial verwenden, sie kommen daher sehr billig und vermögen immerhin 10 bis 15 Jahre auszuhalten.

3. Draht-Zäune.

In neuerer Zeit werden statt der Holz-Zäune immer häufiger Draht-Zäune verwendet. Diese bestehen aus eisernen oder hölzernen Säulen, zwischen welchen horizontal und parallel zu einander Drähte gespannt werden. Man verwendet hiezu Eisendraht von 2 bis 5 *mm* Stärke, welcher zum Schutze gegen Rost am besten verzinkt ist.

Da der Draht zwischen den Säulen straff gespannt werden muß, müssen diese sehr fest in die Erde gesetzt werden. Zum Spannen des Drahtes dienen allerhand Vorrichtungen, und an den Säulen wird er entweder mit kleinen, fest eingeschlagenen Drahtklammern befestigt oder die Säule wird für jeden Draht durchbohrt, der Draht wird durchgesteckt, einmal um die Säule gewickelt, noch einmal durchgesteckt und weiter gezogen.

Soll der Zaun in seiner unteren Partie hasendicht sein, so müssen die horizontalen Drähte mit Querdrähten durchflochten werden, oder man verwendet vollständige Drahtnetze.

Statt des gewöhnlichen Drahtes wird auch vielfach der sogenannte Stacheldraht verwendet, der aber teurer ist.

III. Teil. Weg- und Straßenbau.

A. Allgemeine Vorbegriffe.

Nach der verschiedenen Art ihrer Benützung unterscheidet man folgende Arten von Wegen:

1. Fußwege. Diese sind ausschließlich für Fußgänger bestimmt und entstehen häufig durch das Bedürfnis, zwei Orte in der kürzesten Linie miteinander zu verbinden oder sie dienen speziellen Zwecken, z. B. Bürschwege für die Jagdausübung, Hutwege zur Benützung für das Aufsichtspersonal.

2. Reitwege. Diese sind in der Regel etwas breiter als die Fußwege, und sind oft aus diesen entstanden oder fallen mit ihnen zusammen. Reitwege, welche hauptsächlich von lasttragenden Tieren, Saumtieren, als Pferden, Eseln oder Maultieren begangen werden, heißen Saumpfade.

3. Fahrwege. So werden alle Wege genannt, welche mit Fuhrwerken befahren werden. Je nach ihrem Zwecke, ihrer Herstellung und Erhaltung unterscheidet man verschiedene Arten, und zwar:

Feldwege, welche nötig sind, um auf die einzelnen Feldparzellen gelangen zu können, und

Waldwege zur Vermittlung des Verkehrs im Walde.

Die Wege, welche die Ortschaften miteinander verbinden, werden je nachdem, von wem sie hergestellt und erhalten werden, unterschieden, als:

Gemeindewege, von den Gemeinden hergestellt und erhalten, ebenso

Bezirks-, Land- und k. k. Ärrarialstraßen, welche vom Bezirke, Land oder Staat gebaut und erhalten werden.

Die Waldwege haben je nach ihrem verschiedenen Zwecke noch besondere Benennungen, nämlich:

Hauptwaldwege, welche nicht für den allgemeinen Verkehr, sondern für die Ausbringung der Waldprodukte auf die öffentlichen Straßen dienen.

Neben- oder Seitenwege, welche dazu dienen, die Forstprodukte aus den einzelnen Hiebsorten auf die Hauptwege zu bringen und welche daher nur zeitweise benützt werden. Aus diesem Grunde ist ihre Bauart eine möglichst einfache.

Schleif- oder Schlittwege, welche namentlich im Gebirge zum Transport des Holzes mittelst Schlitten oder auch als Weg-Riesen für Langholz dienen.

Bürsch- und Hutpfade für Jagdzwecke und für das Aufsichtspersonal.

Ehe man an den Bau eines Weges schreiten kann, ist eine genaue Kenntnis des Terrains in der Richtung der Weglinie erforderlich. Eine horizontale Fahrbahn wäre wohl für jede Zugkraft am besten, durch die natürliche Beschaffenheit der Erdoberfläche ist aber eine solche nur selten in größerer Länge möglich. Es ist dies aber auch gar nicht wünschenswert, weil auf einer horizontalen Fläche das Wasser stehen bleibt und diese aufweicht, man sucht daher selbst dort, wo eine horizontale Bahn möglich wäre, dieser in ihrer Längsrichtung etwas Neigung zu geben, damit das Wasser abfließen kann. Die Neigung eines Weges bezeichnet man entweder als Gefälle oder Steigung, je nachdem man von einem höheren oder tieferen Punkte aus den Weg betrachtet. Beide Ausdrücke bezeichnen aber ganz dasselbe, man braucht daher meist nur den Ausdruck „Gefälle“. Die Neigung, das Gefälle oder die Steigung eines Weges kann in verschiedener Art bezeichnet werden, vor allem durch die Größe des Neigungswinkels, den die Weglinie mit der Horizontalen bildet. Diese Bezeichnung ist aber nicht gebräuchlich, man bezeichnet die Steigung oder das Gefälle in der Regel durch das Verhältnis des Höhenunterschiedes zweier Punkte zu ihrer horizontalen Entfernung, also $H : D$ oder $\frac{H}{D}$. Man läßt aber diesen Bruch nicht so stehen, sondern dividiert Zähler und Nenner durch den Zähler, damit man einen Bruch mit dem Zähler 1 erhält. Zwischen den Punkten A und B in Fig. 247 ist demnach das Gefälle $\frac{10}{50} = \frac{1}{5}$, d. h. auf 5 m Länge kommt 1 m Höhenunterschied. Oder man drückt auch das Gefälle in Prozenten aus, nach der Proportion $H : D = p : 100$, daher für obiges Beispiel $10 : 50 = p : 100$, und daraus ist $p = 20$, d. h. auf 100 m Entfernung kommt ein Höhenunterschied von 20 m .

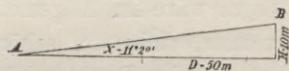


Fig. 247.

Das Gefälle, beziehungsweise der Höhenunterschied zwischen zwei Punkten wird durch das Nivellieren ermittelt. Das Nivellieren bildet einen Teil der Höhenmeßkunst und dessen ausführliche Besprechung gehört in die Geodäsie, deren Kenntnis von den Lesern dieses Buches vorausgesetzt wird, sodaß eine Darstellung des Nivellierens hier entfallen kann.

Wegkrone nennt man die zum Gebrauche der Fuhrwerke bestimmte Fahrbahn samt den an diese sich anschließenden, für die Fußgänger bestimmten Fußbänken oder Banketten.

Weg- oder Seitengräben sind die in der Ebene zu beiden Seiten des Weges, und wenn der Weg an einer Lehne führt, an der Bergseite an-

gebrachten Gräben, welche zur Wasserableitung dienen. Die untere Fläche der im Querschnitt trapezförmigen Gräben heißt die Sohle des Grabens.

Böschung nennt man eine gegen den Horizont geneigte Fläche, beziehungsweise den Winkel, den diese mit der Horizontalen bildet. Der Querschnitt einer Böschung ist demnach ein rechtwinkliges Dreieck (Fig. 248) und man nennt die Hypothenuse ac die Böschungslinie, den Winkel α den Böschungswinkel, bc die Höhe der Böschung und ab den Fuß der Böschung. Um den Grad der Neigung einer Böschung zu bezeichnen, benützt man nicht den Böschungswinkel, sondern das Verhältnis der Höhe zum Fuße.

Ist die Höhe $bc =$ dem Fuße ab (Fig. 249), so ist das eine einfache

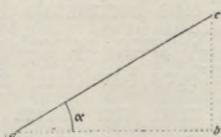


Fig. 248.

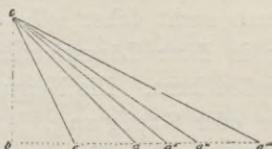


Fig. 249.

oder einfußige Böschung. Ist dagegen $a'b = 1/2 bc$, so ist das eine halbe oder halbfußige Böschung.

Ist $a''b = 1 1/4 bc$, so ist das eine $1 1/4$ fache oder $1 1/4$ fußige Böschung.

„ $a'''b = 1 1/2 bc$, „ „ „ „ $1 1/2$ „ „ $1 1/2$ „ „

„ $a''''b = 2 bc$, „ „ „ „ doppelte „ zweifußige „

B. Führung der Weglinie.

I. Die Richtung und das Gefälle einer Weglinie.

In Bezug auf die Richtung eines zwischen zwei Punkten anzulegenden Weges wäre im Allgemeinen zu wünschen, daß der Weg die kürzeste, bequemste, sicherste, schönste, aber auch die billigste Verbindung zwischen diesen beiden Punkten bilde. Es wird aber selten möglich sein, allen diesen Anforderungen in gleichem Maße zu entsprechen, darum handelt es sich stets darum, eine solche Weglinie aufzufinden, welche die meisten Vorteile und die wenigsten Nachteile hat.

Beim Bau der k. k. Ärarialstraßen war man seinerzeit bemüht, die Hauptorte in möglichst kürzester Linie zu verbinden und daher möglichst gerade Richtungen einzuhalten. Dieser Rücksicht wurde vieles andere, insbesondere oft die Rücksicht auf ein entsprechend geringes Gefälle untergeordnet.

Bei den Bezirksstraßen trachtet man bei möglichster Kürze und Bequemlichkeit zwischen den einzelnen Ortschaften, doch möglichst viele Ortschaften direkt mit der Straße zu berühren oder doch letztere in möglichster Nähe vorüberzuführen.

Bei Gemeindestraßen, welche nur einzelne Gemeinden untereinander oder eine Ortschaft mit der vorüberführenden Bezirks- oder Ärrarialstraße verbinden sollen, sieht man auf möglichste Kürze und Bequemlichkeit.

Feldwege müssen stets so geführt werden, daß kein Grundstück ohne Weg bleibt, sondern daß jedes direkt vom Wege berührt wird. Es ist daher am zweckmäßigsten, diese Wege so zu führen, daß die Grundstücke mit ihren schmalen Seiten (Köpfen) an die Wege anstoßen.

Die Richtung der Waldwege ist mit Rücksicht auf die Transportrichtung der Waldprodukte zu wählen und wird man trachten, es so einzurichten, daß die beladenen Wagen womöglich nur bergab zu fahren haben.

Eine sehr wichtige Rücksicht für die Richtung aller Wege und Straßen ist die, sie so zu führen, daß die abzugrabende Erdmasse, der Abtrag, gleich ist der aufzuschüttenden, dem Auftrage, um einen weiten Transport der Erdmassen beim Bau zu verhüten, wodurch dieser sehr verteuert würde.

Am leichtesten wird die Wahl der Wegrichtung in der Ebene sein, denn wenn auch diese nicht ganz horizontal ist, so sind doch immer nur geringere, gleichmäßig verlaufende, dabei aber wechselnde Neigungen des Bodens vorhanden. Man kann daher am leichtesten die Weglinie dem Terrain anschmiegen, so daß man keine großen Ab- und Aufträge bekommt, und kann am leichtesten die kürzeste gerade Linie einhalten, welche abwechselnd in geringem Maße steigt und fällt.

Im Hügelland und Gebirge, wo bedeutende Erhöhungen und Vertiefungen abwechseln, ist die Wahl der Weglinie oft schwierig. Man muß hier das Gefälle häufig wechseln lassen und kann nicht mehr auf die kürzeste, gerade Linie sehen, sondern muß die Weglinie so führen, daß das zulässige Gefälle nicht überschritten wird und daß Abtrags- und Auftragsmassen sich ausgleichen. Um stärkerem Gefälle auszuweichen, wird man häufig den Weg auf der Talsohle führen, muß ihn dann aber so hoch legen, daß er nicht einer Überschwemmung ausgesetzt ist. Ist das Gefälle der Talsohle zu stark, so muß der Weg in Serpentinaen geführt, d. h. es muß ihm eine größere Länge gegeben werden, damit das zulässige Gefälle nicht überschritten wird. Soll der Weg an einer Berglehne hinaufführen, so muß er selbstverständlich ebenfalls so geführt werden, daß das zulässige Gefälle nirgends überschritten wird. Sehr wichtig ist es dabei auch, wenn es möglich ist, den Weg in entgegengesetzter Richtung zum Fall der Talsohle zu führen, weil dann bei einem bestimmten Gefälle die Weglinie viel kürzer ausfällt, als wenn man sie in der Richtung des Falles der Talsohle führt. Bei starkem Gefälle der Talsohle könnte es da sogar vorkommen, daß man bei einem gewissen, nicht übersteigbaren Gefälle des Weges die Talsohle niemals erreicht.

Soll ein Weg ein Gebirge überschreiten, so muß er stets, wenn möglich, über einen Sattel, d. h. eine Einbuchtung zwischen zwei Kuppen geführt werden.

Einen bedeutenden Einfluß auf die Wegrichtung, d. h. auf die Führung der Weglinie übt die Bodenbeschaffenheit aus. Um den Weg möglichst billig bauen und in Stand halten zu können, ist es wichtig, daß das Steinmaterial zur Befestigung der Fahrbahn nicht weit transportiert werden muß. Wenn es daher möglich ist, ohne andere wichtige Umstände zu vernachlässigen, so wird man lieber von der kürzesten Linie abweichen, um den Weg bei den Lagerstätten dieses Materials vorüberzuführen. Ebenso wird man von der kürzesten Linie abweichen und lieber einen Umweg machen, wenn die Bodenbeschaffenheit sehr ungünstig ist und große Bau- und Erhaltungskosten nötig wären, z. B. wenn der Boden aus Flugsand besteht oder versumpft ist. Auch verdeckt liegenden Felsen, deren Vorhandensein häufig an der Bodenbedeckung erkannt werden kann, wird man auszuweichen trachten, da diese beim Bau viele Schwierigkeiten machen.

Auch die Schönheit der Weganlage wird oft bestimmend sein, von der kürzesten, geraden Linie abzuweichen. Sehr lange, gerade Strecken wirken ungemein ermüdend und langweilig, nicht nur auf den Menschen, sondern selbst auf die Zugtiere. Es sollten daher niemals längere, gerade Wegstrecken als 2 bis 3 Kilometer vorkommen. Kann man den Weg durch eine geringe Abweichung von der kürzesten Linie an Stellen führen, wo sich ein schöner Ausblick bietet, so wird dies Niemand tadeln können.

Wenn der Weg durch einen alten haubaren Wald geführt werden soll und der Weg in einer größeren Breite durchgehauen werden muß, dann darf bei der Feststellung der Wegrichtung nicht außer Acht gelassen werden, daß durch das Aushauen einer breiten Gasse unter Umständen für den stehenden Bestand eine Windbruchsgefahr eintreten kann, welche durch eine entsprechende Wahl der Wegrichtung verhütet werden muß.

Der wichtigste Umstand aber, der uns sehr häufig zwingt, von der kürzesten, geraden Linie abzuweichen, ist das Gefälle. Ein Weg mit zu großem Gefälle ist schwer zu befahren, außerdem aber leidet er auch durch den raschen Ablauf des Wassers, so daß bei starken oder länger andauernden Regengüssen, beim Schneeabgang u. s. w. bedeutende Beschädigungen des Weges eintreten können. Wenn daher ein Weg zwischen zwei Punkten in gerader Verbindungslinie ein zu großes Gefälle hätte, so muß man von dieser geraden Linie abweichen und den Weg in einem Bogen oder in Serpentinaen führen, weil dann bei gleichbleibendem Höhenunterschied die Länge größer und daher das Gefälle geringer wird. Auf einer guten, trockenen Straße mit glatter Fahrbahn läuft ein leichter Wagen bei 2⁰/₀ Gefälle schon von selbst bergab und muß vielleicht sogar schon etwas gehemmt werden, ein schwerer Wagen muß schon stärker gehemmt werden. Je rauher, kotiger oder nasser die Oberfläche des Weges ist, desto stärker kann das Gefälle sein, ehe der Wagen bergab von selbst läuft und gehemmt werden muß, so daß dann hiezumal schon ein Gefälle von 4 bis 5⁰/₀ bei gut gebauter Straße, dagegen bis 8⁰/₀ bei gewöhnlichen Feld- und Waldwegen

nötig ist. Je rauher also die Fahrbahn ist, desto mehr wird dadurch bei starkem Gefälle das Bergabfahren erleichtert, dagegen ist dann das Bergauffahren umso schwerer, so daß unter Umständen die gewöhnliche Bespannung nicht mehr ausreicht und Vorspann nötig wird. Damit solche Fälle nicht eintreten, darf ein gewisses höchstes Gefälle nicht überschritten werden. Öffentliche, für den allgemeinen Verkehr bestimmte Straßen erhalten daher jetzt in der Regel nicht mehr als 5 bis 6⁰/₁₀ Gefälle.*)

Bei Waldwegen ist in der Regel ein Gefälle von 6 bis 8⁰/₁₀ einzuhalten, nur wenn die beladenen Fuhrwerke nur bergab, und bergauf nur die leeren Wägen zu fahren haben, kann das Gefälle bis 12⁰/₁₀ betragen.

Schlitt-, Reit- und Fußwege sollen auf größeren Strecken nicht mehr als 20⁰/₁₀ und nur ausnahmsweise und auf kurze Strecken bis 30⁰/₁₀ Gefälle erhalten.

In starken Krümmungen, sowie an gefährlichen Stellen muß das Gefälle möglichst gering sein, damit man das Fuhrwerk jeden Augenblick anhalten kann, es soll daher hier nicht mehr als 2⁰/₁₀ betragen.

2. Die Wegbreite.

Die Breite eines Weges muß so groß sein, daß der Verkehr keine Störung erleidet; sie hängt daher von der Art und dem Zwecke des Weges ab. Die Wegbreite bedarf bei der Anlage eines Weges einer sorgfältigen Erwägung, denn wenn man einen neu zu bauenden Weg etwas breiter macht, so sind die Mehrkosten nicht so bedeutend, als wenn ein fertiger Weg sich später als zu schmal herausstellt und nachträglich breiter gemacht werden muß. Jedoch darf man den Weg auch nicht breiter machen als nötig ist, weil dadurch viel Bodenfläche verschwendet wird und die Bau- sowie die späteren Erhaltungskosten dadurch erhöht werden. Für Fußwege genügt eine Breite von 1 bis 1·5 *m*, Reitwege dagegen müssen 1·8 bis 2 *m* Breite erhalten. Schlittwege bekommen dieselbe Breite. Bei Fahrwegen hängt die Breite von verschiedenen Umständen ab. Vor allem hat darauf Einfluß die Breite der Fuhrwerke. Diese kann man für die gewöhnlichen

*) Nach dem Gesetze vom 31. Mai 1866, gültig für das Königreich Böhmen, betreffend die technisch-ökonomische Administration der öffentlichen nicht ärarischen Straßen (L.-G.-Bl. vom 3. Juli 1866, XI. Stück, Nr. 41) und der Verordnung der k. k. Statthalterei vom 31. Jänner 1876, Z. 5883, L.-G.-Bl. Nr. 15, wird im § 38, Absatz lit. f bestimmt, daß das Gefälle bei neu angelegten Landesstraßen in der Regel 5⁰/₁₀, bei sehr ungünstigem Terrain nicht mehr als 6⁰/₁₀ betragen soll. Größere Steigungen sind nur bei Gebirgsstraßen, und zwar nur in einer Länge von höchstens 100 *m* zulässig, worauf wieder eine Strecke von geringerer Steigung folgen muß. Für neu anzulegende Bezirksstraßen bestimmt § 39, Absatz lit. f desselben Gesetzes, daß die Steigung in der Regel nicht mehr als 6⁰/₁₀, bei ungünstigem Terrain nicht mehr als 8⁰/₁₀ betragen darf. Größere Steigungen sind nur bei außerordentlichen Terrainschwierigkeiten und bei Straßen, die für den Transport minder schwerer Lasten bestimmt sind, mit Bewilligung des Landesausschusses zulässig.

Ökonomie- und Holzfuhrwerke mit 1·8 bis 2 *m* annehmen. Dazu sind 0·5 *m* als Raum für den daneben gehenden Fuhrmann zu rechnen. Sollen zwei Wägen bequem aneinander vorüberfahren können, so ist demnach eine Breite von 5 bis 6 *m* nötig. Je mehr ein Weg von Fuhrwerken und Fußgängern gleichzeitig benützt wird, desto breiter muß er sein. Sollen die Fußgänger nicht durch den Wagenverkehr behindert werden, so muß die Breite der Fahrbahn allein 5 bis 6 *m* betragen, wozu dann noch die Bankette, etwa 1 *m* auf jeder Seite, kommen. Können dagegen beim Ausweichen zweier Fuhrwerke auch die Bankette mit benützt werden, so genügt für die ganze Wegkrone eine Breite von 5 *m*. Kann das Ausweichen mit etwas Unbequemlichkeit verbunden sein, indem sich der Fuhrmann vor sein Gespann stellt und vielleicht das eine, leere Fuhrwerk zum Ausweichen auch den Graben benützt, z. B. bei Waldwegen, da kann die Breite der Wegkrone auch nur 4 oder sogar nur 3 *m* betragen.

Einen Weg, zu dem Luft und Sonne keinen Zutritt haben, also z. B. einen Waldweg, noch dazu in feuchter Lage, wird man immer breiter machen müssen, als einen solchen, wo Luft und Sonne ungehinderten Zutritt haben, sodaß er leichter austrocknen kann. In starken Krümmungen, an gefährlichen Stellen, in starkem Gefälle muß die Wegbreite immer größer sein.*)

3. Das Abstecken der Weglinie (Trassierung).

a) Mit vorherigem Entwurf der Linie auf einer Karte.

Wenn es sich um den Bau eines längeren Weges handelt, so ist es immer vorteilhaft, mag es nun in der Ebene oder im Hügelland oder Gebirge sein, wenn man die Weglinie zuerst auf einer Karte entwirft. Nur bei ganz kurzen Linien in der Ebene wird man sofort zwischen den zwei Punkten, welche durch den Weg verbunden werden sollen, eine gerade Linie abstecken können. Ist jedoch eine längere Linie in der Ebene abzustecken, so wird man wohl auch trachten, möglichst die kürzeste, gerade Richtung einzuhalten, es werden aber da doch schon manche von den Rücksichten für die Abweichung von der Geraden eintreten, welche in dem Kapitel über die Richtung der Weglinien näher besprochen wurden. Man wird also den Weg auf der betreffenden Karte (Waldkarte, Katastralkarte oder Generalstabskarte) zuerst entwerfen und die Linie dann nach dieser Karte in die Natur übertragen. Zu diesem Behufe sucht man zuerst die in der Karte angenommenen

*) Mit Berücksichtigung dieser Umstände bestimmt § 38, Absatz a des früher erwähnten Gesetzes für die neu anzulegenden Landesstraßen eine Breite ohne Seitengräben von 6·5 bis 7·5 *m* je nach der Wichtigkeit des Verkehrs. Absatz d bestimmt für die Breite der Sohle des Grabens 0·5 *m* und eine Böschung der Seitenwände von 35° bis 45°, sodaß also die obere Breite des Grabens mit 1·5 *m* angenommen werden kann. Es hätte also die Breite der Straßen inklusive 2 Gräben 9·5 bis 10·5 *m* zu betragen. — § 39, Absatz a bestimmt für Bezirksstraßen eine Breite ohne Gräben von 6 bis 6·5 *m*, Absatz d für die Grabensohle 0·4 *m* und als Böschung der Seitenwände 35 bis 45°, sodaß die obere Breite des Grabens 1 bis 1·5 *m* beträgt, die Breite der Straße inklusive 2 Gräben daher 7·5 bis 9 *m*.

Brechungspunkte der Weglinie im Terrain auf und steckt dann zwischen ihnen gerade Linien ab. Je zwei unter einem Winkel zusammenstoßende gerade Wegstrecken müssen durch einen Bogen miteinander verbunden werden. Entweder steckt man diese Bogenlinien gleichzeitig mit den geraden Strecken ab, oder man steckt vorerst nur die geraden Strecken mit scharfen Brechungspunkten ab, nimmt von dieser gebrochenen Linie einen Situationsplan auf, zeichnet in diesen die Abrundungen ein und überträgt letzere aufs Feld. Schwieriger und umständlicher gestaltet sich aber die Sache im hügeligen oder gebirgigen Terrain. In diesem Falle ist es ganz besonders vorteilhaft, ja bei langen Linien unumgänglich nötig, die Weglinie zuerst auf der Karte zu entwerfen, welche die Terraindarstellung durch Schichtenlinien enthält. Zu diesem Zwecke genügt ein vertikaler Abstand der Schichten von 5 bis 10 *m*. Hat man keine eigene solche Terrainkarte, so kann man die großen Generalstabskarten im Maßstabe 1 : 25.000 benützen, in welchen die Schichtenlinien im Abstände von 10 *m* eingezeichnet sind.

Es wäre z. B. ein Weg von dem auf der Höhe gelegenen Punkte *A* nach dem in dem Tale gelegenen Punkte *B* und von hier wieder hinauf auf den Bergrücken nach *C* zu führen (Taf. I). Da der Punkt *A* in einer Höhe von 330 *m* ü. d. M. und *B* 250 *m* ü. d. M. liegt, so beträgt der Höhenunterschied zwischen den beiden Punkten 80 *m*. Greift man auf der Karte die gerade Entfernung von *A* nach *B* ab, so findet man 800 *m*, es ist daher das Gefälle der geraden Linie von *A* bis *B* nach der Proportion $800 : 80 = 100 : x$, gerade 10⁰/₁₀₀. Ist dieses Gefälle zu groß, so wird man den Weg nicht in gerader Linie von *A* nach *B* führen können, sondern man muß ihm eine größere Länge geben, um ein kleineres Gefälle zu erhalten. Es soll z. B. das Gefälle 5⁰/₁₀₀ nicht überschreiten, das macht für 10 *m* Höhenunterschied eine Länge von 200 *m* aus. Man nimmt 200 *m* in den Zirkel, setzt die Spitze in *A* ein und schneidet die nächste Schichtenlinie im Punkte *a*, setzt dann in *a* ein, schneidet die nächste Schichtenlinie in *b*, dann wieder von hier mit derselben Zirkelöffnung die nächste Schichtenlinie in *c*, von hier aus die nächste in *d* u. s. w. Im Punkte *f* ergibt sich eine Brechung der Linie. Von *h* bis *B* geht die Linie horizontal, kann daher gerade geführt werden. Die Länge des Weges von *A* bis *B* würde somit 2280 *m* betragen müssen. Um diese Länge etwas abzukürzen, könnte man die Brechung der Weglinie schon im Punkte *d* eintreten lassen und sie nach *e'* u. s. w. bis *h'* und dann gerade nach *B* führen. Die Länge dieser Linie wäre dann nur 1800 *m*, also um 480 *m* kürzer, bei denselben Steigungsverhältnissen.

Nun arbeitet man ebenso von *C* gegen *B*. Man zieht zuerst von *C* aus eine Gerade gegen *B* bis an den Rand der ersten Schichtenlinie, bis *i*, diese Strecke ist horizontal, nimmt jetzt wieder 200 *m* in den Zirkel und bekommt den Punkt *k*, dann nacheinander die Punkte *l*, *m*, *n* und *o*, welcher gerade mit *B* verbunden wird.

Man sieht also schon in der Karte, wie die Weglinie zu führen ist, damit sie nirgends ein größeres Gefälle besitzt als 5% , und kann nun die Linie auch in der Natur abstecken. Hierzu ist ein Nivellier-Instrument oder ein sogenannter Gefällmesser nötig. Die aufgefundenen Punkte der Wegmittellinie werden in gleichen Entfernungen von $20\ m$ durch eingeschlagene Pflöcke markiert. Das Aufsuchen, resp. Ausstecken der Weglinie im Terrain geschieht in folgender Weise. Bei 5% Gefälle kommt auf $20\ m$ Länge ein Höhenunterschied von $1\ m$. Man stellt das Nivellier-Instrument im Punkte A auf und mißt die Instrumentshöhe, z. B. $1.25\ m$. Hierzu addiert man den Höhenunterschied von $1\ m$ und bezeichnet die Höhe von $2.25\ m$ auf der Nivellierlatte. Dann mißt man von A aus gegen a $20\ m$ ab, in der Richtung, die man aus der Karte ersieht, und am Ende dieser $20\ m$ stellt ein Gehilfe die Latte in verschiedenen Punkten höher und tiefer an der Lehne auf, bis in einem solchen Punkte die Visur des Nivellier-Instrumentes den markierten Punkt an der Latte trifft, so liegt dieser Punkt 1, wo die Latte steht, $1\ m$ tiefer, als A und ist von hier $20\ m$ entfernt, diese Linie hat also 5% Gefälle und der Punkt 1 wird durch einen eingeschlagenen Pflöck bezeichnet. Nun mißt man wieder von 1 aus $20\ m$ ab, addiert abermals zu der Lattenhöhe $1\ m$ und wiederholt dasselbe Verfahren, so erhält man den Punkt 2 u. s. w. Kann man nicht mehr weiter sehen, so wird das Nivellier-Instrument auf den zuletzt eingeschlagenen Pflöck gestellt, wieder die Instrumentshöhe gemessen und wie in A die Arbeit fortgesetzt. Es wird also die Weglinie von 20 zu $20\ m$ in dieser Weise mit Pflöcken bezeichnet. Ist man bis B gekommen, so arbeitet man dann ebenso von C gegen B . Es ist überhaupt immer praktischer, von oben nach unten zu arbeiten.

Statt mit einem Nivellier-Instrument kann man diese Absteckung auch mit einem sogenannten Gefällmesser vornehmen. Bei diesen Instrumenten kann man durch eine Einstellung auf das gewünschte Gefällprozent der Visur die entsprechende Neigung geben. Man stellt dann das Instrument in A auf, stellt es auf 5% ein, mißt die Instrumentshöhe, markiert diese auf der Latte, stellt die Latte in $20\ m$ Entfernung höher oder tiefer auf, bis die geneigte Visur den an der Latte markierten Punkt trifft, und schlägt dort den Pflöck 1 ein. Jetzt wird das Instrument wieder in 1 aufgestellt und ebenso der Punkt 2 aufgesucht, dann kommt das Instrument in Punkt 2 und so geht man von Punkt zu Punkt vor.

b) Absteckung im Terrain ohne Karte.

Hat man keine Terrainkarte zur Verfügung, auf der man vorher den Weg entwerfen kann, um schon eine beiläufige Richtschnur für die Richtung der Weglinie zu haben, so muß die Absteckung sofort am Felde selbst erfolgen, und es sind da wesentlich zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich:

1. Es sind zwei bestimmte Punkte gegeben, welche durch einen Weg zu verbinden sind, und

2. Es ist nur ein Endpunkt genau bestimmt, bei dem zweiten aber ist es gleichgiltig, wo er hinkommt; es ist z. B. nur mit der Weglinie von einem gegebenen Punkte aus eine Höhe zu ersteigen, oder umgekehrt von einem gegebenen Höhenpunkte ein Tal zu erreichen; wo dann der zweite Endpunkt hinkommt, ist gleichgiltig.

ad 1. Im ersten Falle, wenn also beide Endpunkte der Weglinie unveränderlich gegeben sind, muß vor allem durch ein Nivellement der Höhenunterschied zwischen den beiden Endpunkten und ebenso ihre gerade horizontale Entfernung voneinander ermittelt werden, um das durchschnittliche Gefälle der Verbindungslinie der beiden Punkte kennen zu lernen. Angenommen z. B., man fände den Höhenunterschied mit 20 *m* und die Entfernung der beiden Punkte voneinander ist 500 *m*, so ergibt sich aus der Proportion $500 : 20 = 100 : p$ das Gefälle mit $p = \frac{2000}{500} = 4\%$. Man wird also, um die Weglinie möglichst genau dem Terrain anzuschmiegen, in dem einen Punkte beginnen und in der früher beschriebenen Weise mit einem Nivellier-Instrument oder Gefällmesser eine Linie mit 4% Gefälle, also mit 0.8 *m* Höhenunterschied auf 20 *m* Länge in der Richtung gegen den zweiten Punkt hin aufsuchen. Man wird aber dabei wohl selten genau in dem zweiten Endpunkte anlangen, so daß man in der letzten Strecke das Gefälle etwas vermindern oder erhöhen muß, um genau in den zweiten Endpunkt zu kommen. Oder, besonders bei einer längeren Linie arbeitet man zuerst von dem oberen Punkt ein Stück bis etwa in die Mitte, indem man die Linie in bekannter Weise absteckt, dann bricht man die Arbeit ab und fängt wieder im unteren Punkt an, die Linie nach oben abzustecken, bis diese die früher abgesteckte Linie schneidet.

Wenn das gefundene durchschnittliche Gefälle das zulässige Gefälls-Maximum nicht überschreitet, wie in dem oben angenommenen Beispiel, und wenn die Entfernung zwischen den beiden Punkten sehr gering ist, wenn ferner das Terrain eine gleichmäßige Neigung hat, so kann man auch einfach zwischen diesen beiden Punkten eine gerade Linie abstecken mit dem gefundenen Durchschnittsgefälle, d. h. man schlägt in der geraden Verbindungslinie der zwei Punkte in gleichen Entfernungen, z. B. 20 *m* voneinander Pföcke ein, so daß ihre Köpfe in einer geneigten geraden Linie liegen. Dies macht man in folgender Weise: Man stellt das Nivellier-Instrument oder den Gefällmesser in dem einen Punkt, z. B. in *A* auf (Fig. 250), richtet die Visier-Vorrichtung gegen den zweiten Endpunkt *B*, mißt die Instrumentshöhe, bezeichnet diese auf der Latte und stellt diese im Punkt *B* auf. Dann richtet man die Visur so, daß diese den markierten Punkt auf der Latte trifft, so ist jetzt die Visur parallel mit der geraden Verbindungslinie zwischen *A* und *B*. Dann werden in gleichen Entfernungen

von 20 *m* Pflöcke eingeschlagen, und zwar so tief, bis die Visur den markierten Punkt der auf den Pflöck gestellten Latte trifft. In den Punkten *n* und *o* müssen lange Pfähle eingeschlagen werden, im Punkt *m* muß ein Loch ausgegraben und in dieses der Pflöck eingeschlagen werden. Diese Arbeit kann man aber auch ohne Nivellier-Instrument mit den Visier- oder Pflaster-Kreuzen ausführen. Diese bestehen aus einer etwa 1 bis 1.5 *m* langen, unten mit einem eisernen Schuh versehenen Latte, an welcher oben

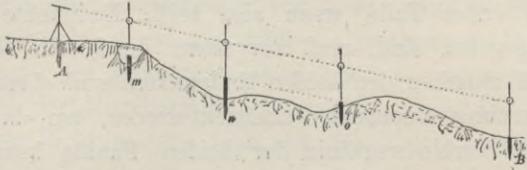


Fig. 250.

eine etwa 60 *cm* lange Querlatte rechtwinkelig befestigt ist (Fig. 251). Man verwendet immer drei solcher Kreuze, von denen eins weiß, ein zweites rot, das dritte schwarz angestrichen ist und welche alle gleiche Dimensionen haben. Ein Kreuz wird im Punkt *A*, ein zweites im Punkt *B* gehalten (Fig. 252). Das dritte wird nacheinander auf die in den Zwischenpunkten eingeschlagenen Pflöcke gestellt und diese soweit eingeschlagen, eventuell auch abgegraben, bis die Visur die Querlatten aller drei Kreuze tangiert.

Bisher wurde angenommen, daß das gefundene Durchschnittsgefälle zwischen den zwei gegebenen Endpunkten der abzusteckenden Weglinie das

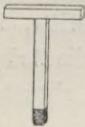


Fig. 251.

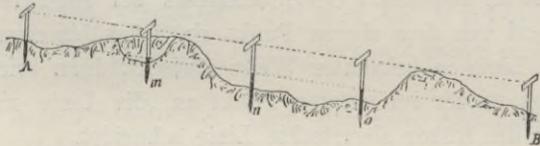


Fig. 252.

zulässige Gefäll-Maximum nicht übersteigt. Wenn dies aber der Fall ist, wenn es sich z. B. um die zwei Punkte *A* und *B* auf Tafel I handeln würde, deren Höhenunterschied durch das Nivellement mit 80 und deren Entfernung durch Messung mit 800 *m* gefunden wird, so beträgt das Durchschnittsgefälle 10⁰/₀. In diesem Falle kann die Linie nicht gerade sein, sondern muß in einem Bogen geführt werden, daher wird man sich für ein gewisses Gefäll-Maximum entschließen, z. B. 5⁰/₀, und beginnt von dem einen Punkte aus mit dem Instrument die Weglinie aufzusuchen, nur hat man eben jetzt, wo die Linie nicht vorher in der Karte entworfen werden konnte, keine Ahnung, wie diese gehen wird. Man muß daher bestrebt sein, von *A* aus möglichst in der Richtung gegen *B* zu bleiben und wird vielleicht verschiedene Versuche machen müssen, wie man am kürzesten mit dem bestimmten Gefälle nach dem zweiten Punkte kommen kann. Am besten ist es, von dem einen Punkte aus ein Stück etwa bis zur Hälfte aufzusuchen,

dann die Arbeit abzubrechen und wieder im anderen Punkte zu beginnen, bis diese Linie die früher abgesteckte schneidet.

ad 2. Ist nur ein Endpunkt des Weges gegeben, der andere aber beliebig, d. h. handelt es sich nur darum, von einem in der Talsohle gegebenen Punkte die Höhe zu erreichen oder umgekehrt, wobei es gleichgiltig ist, wohin das zweite Ende des Weges hinfällt, so entschließt man sich für ein gewisses Gefäll-Maximum und beginnt mit dem Instrumente die Weglinie von dem gegebenen Punkte aus in der beschriebenen Weise abzustecken.

4. Die Abrundung und Ausglei- chung der Weglinie.

Wenn in der im vorigen Kapitel beschriebenen Weise eine Weglinie mit bestimmtem Gefälle im Terrain abgesteckt wurde, so bildet sie eine vielfach gebrochene Linie, aus einzelnen geraden, gleich langen Strecken von z. B. 20 *m* Länge bestehend, deren Brechungspunkte durch Pflöcke bezeichnet sind. Die einzelnen geraden Linien stoßen unter mehr oder weniger stumpfen Winkeln zusammen und es muß daher eine Ausglei- chung und Abrundung geschehen. Stellenweise wird eine seitliche Verschiebung der mit dem Instrumente gefundenen Punkte nötig sein, um aus der vielfach gebrochenen, aus lauter kurzen, nur 20 *m* langen, geraden Strecken bestehenden Weglinie eine mehr stetig verlaufende, aus längeren, geraden Strecken bestehende Linie zu erhalten. In den noch verbleibenden Brechungspunkten aber muß eine Abrundung durch Bogenlinien geschehen. Zum Zwecke der Ausglei- chung und Abrundung wird am zweckmäßigsten ein Grundriß (Situations-Plan) der mit dem Instrumente aufgesuchten und durch Pflöcke bezeichneten Punkte aufgenommen. In den Situationsplan zeichnet man die abgerundete Linie ein und überträgt dann diese in die Natur. Zu diesem Zwecke greift man in dem Plan mit Zirkel und Transversalmaßstab die Abstände der neuen Punkte von den zuerst abgesteckten ab und trägt die gefundene Entfernung draußen auf, worauf dann der Pflöck herausgezogen und in dem neu erhaltenen Punkte eingeschlagen wird.

In den verbleibenden Brechungspunkten muß eine Abrundung durch einen Bogen geschehen. In der Regel wählt man dazu Kreisbögen, welche mit einem Zirkel so in den Plan eingezeichnet werden, daß die geraden Wegstrecken Tangenten zu den Bögen bilden. Die Übertragung der Bogenlinien in die Natur kann ebenfalls mit Hilfe des Situationsplanes geschehen. Um z. B. den Bogen in Fig. 253 zwischen den Punkten *a*, *b* und *c* zu übertragen, verbindet man im Plan die Punkte *a* mit *b* und *b* mit *c*, teilt diese Linien in mehrere Teile, errichtet in den Teilpunkten Senkrechte (Ordinaten) und greift nun mit Zirkel und Transversalmaßstab die Längen dieser Ordinaten, sowie ihre Abstände (Abszissen) ab. In der Natur werden dann zunächst zwischen den Punkten *a* und *b* und zwischen *b* und *c* die

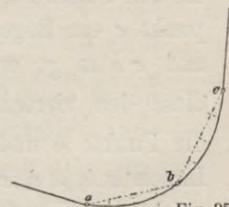


Fig. 253.

Abszissen aufgetragen, in den erhaltenen Punkten mittelst Winkeltrammel, Winkelspiegel oder dgl. Senkrechte errichtet und auf diese die Längen der Ordinaten aufgetragen. So erhält man eine Anzahl der Punkte des Bogens, zwischen welchen leicht noch weitere Punkte nach dem Augenmaße abgesteckt werden können. Diese Art der Absteckung der Bogenlinien in der Natur mit Hilfe des Situationsplanes wird wohl beim Weg- und Straßenbau in den meisten Fällen, besonders beim Bau der Waldwege genügen, es sollen aber doch noch einige Methoden besprochen werden, wie Bogenlinien ohne Situationsplan direkt in der Natur abgesteckt werden können, weil ja in der Ebene oder bei sehr geringem Gefälle die ganze Weglinie sofort abgesteckt werden kann, ohne vorherige Aufsuchung einer Linie mit bestimmtem Gefälle.

a) **Bogenlinien ohne bestimmten Radius.**

1. In flachem und freiem, übersichtlichem Terrain trägt man vom Brechungspunkte C der beiden Weglinien (Fig. 254) nach beiden Seiten gleiche Stücke auf, bis m und n , errichtet hier Senkrechte und bestimmt deren Durchschnittspunkt O , so ist dies der Mittelpunkt eines Kreisbogens zwischen m und n , zu dem Am und Bn Tangenten bilden. Man mißt nun die Länge des Radius Om oder On ab und trägt diese Länge in mehreren Richtungen von O aus auf, so erhält man eine Anzahl Bogenpunkte.
2. Wenn bei größeren Bögen die Länge Om zu groß wäre, so kann man in folgender Weise verfahren (Fig. 255). Man trägt wieder vom Brechungspunkte

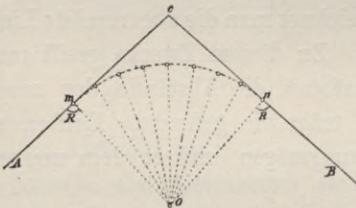


Fig. 254.

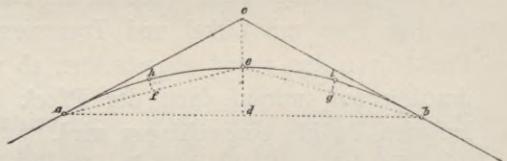


Fig. 255.

punkte C nach beiden Seiten gleiche Stücke auf $Ca = Cb$, dann halbiert man die Linie ab und errichtet im Halbierungspunkte d eine Senkrechte, die den Punkt c treffen muß. Nun halbiert man Cd , so ist der Halbierungspunkt e ein Bogenpunkt. Jetzt halbiert man wieder die Linie ae in f und eb in g , errichtet in diesen Punkten Senkrechte und trägt auf diese den vierten Teil der Länge ed auf, also $fh = gi = \frac{de}{4}$, so sind die Punkte h und i abermals Bogenpunkte. Jetzt kann man wieder die Linien ah , he , ei , ib halbieren, in den Halbierungspunkten Senkrechte errichten und auf diese ein Viertel von fh oder ig auftragen, so erhält man wieder Bogenpunkte. Diese Methode nennt man die Viertels-Methode.

3. Wäre es nicht möglich, vom Brechungspunkte C nach beiden Seiten gleiche Stücke aufzutragen, wenn z. B. die Endpunkte des Bogens in den Punkten A und B genau gegeben sind, so steckt man

statt eines Kreisbogens einen Parabelbogen in folgender Weise ab (Fig. 256). Man teilt die zwei Winkel BAC und ABC in eine gleiche Anzahl gleicher Teile,

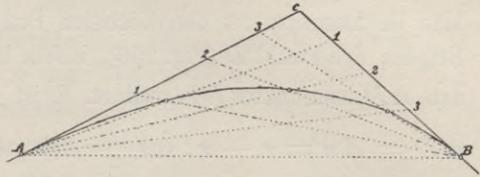


Fig. 256.

verlängert die Teilungslinien bis an die Linien BC und AC und bezeichnet sie hier mit Pflöcken mit Nummern in umgekehrter Reihenfolge. Die Durchschnittspunkte je zweier mit derselben Nummer bezeichneten Teilungslinien geben dann die Bogenpunkte.

b) **Bogenlinien mit bestimmtem Radius.**

Soll ein Bogen von bestimmtem Halbmesser abgesteckt werden, so müssen zunächst sein Anfangs- und Endpunkt, also die Punkte A und B gefunden werden, wo sich die geraden Strecken als Tangenten dem Bogen anschließen (Fig. 257). Zu diesem Behufe halbiert man zunächst den Brechungswinkel C und steckt die Teilungslinie aus. Dann errichtet man in irgend einem beliebigen Punkte der Geraden $A'C$ oder $B'C$ eine Senkrechte, auf welche man den gegebenen Halbmesser r aufträgt, z. B. mn , errichtet dann im Endpunkte n abermals eine Senkrechte und bestimmt ihren Durchschnittspunkt mit der Halbierungslinie, so ist dieser der Mittelpunkt O des Bogens. Von diesem fällt man Senkrechte auf die geraden Strecken $A'C$ und $B'C$, so sind die Fußpunkte dieser Senkrechten die Punkte A und B , der Anfangs- und Endpunkt des Bogens.

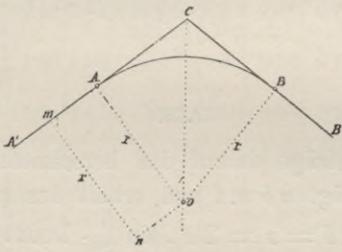


Fig. 257.

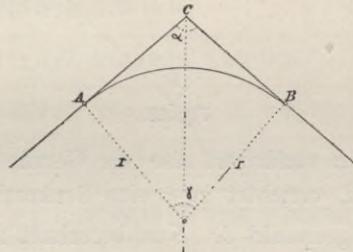


Fig. 258.

Zweckmäßiger ist es, die Entfernungen CA und CB durch Rechnung zu bestimmen (Fig. 258). Man mißt den Winkel α , so ist der Winkel $\gamma = 180 - \alpha$, und nun ist $\frac{AC}{r} = \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$ daher $AC = BC = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$. Die gefundene Länge wird von C aus nach beiden Seiten aufgetragen und man erhält den Anfangs- und Endpunkt des Bogens.

Hat man einmal die beiden Punkte A und B , so kann die Aussteckung des Bogens nach den unter 1 und 2 beschriebenen Methoden erfolgen oder in folgender Weise:

4. Man bestimmt zuerst den höchsten Punkt, den sogenannten Scheitel des Bogens, den Punkt D (Fig. 259), indem man die Abszisse Am und die Ordinate mD des Punktes D berechnet. Es ist $\gamma = 18 - \alpha$, $Am = nD = r \cdot \sin \frac{\gamma}{2}$
 $mD = An = r - r \cdot \cos \frac{\gamma}{2}$. Die gefundene Länge Am trägt man von A aus auf, bis m ebenso von B aus bis m' , errichtet in m und m' Senkrechte und trägt auf diese die Länge mD auf, so erhält man den Punkt D . Um noch weitere Bogenpunkte zu finden, denkt man sich den Winkel $\frac{\gamma}{2}$ in eine beliebige Anzahl gleicher Teile geteilt, d. h. man dividiert $\frac{\gamma}{2}$ durch 3, 4, 5 u. s. w. und nennt einen solchen Teil β , so ist $Bp = r \cdot \sin \beta$ und $pq = r - r \cdot \cos \beta$, ebenso $Bt = r \cdot \sin 2\beta$ und $st = r - r \cdot \cos 2\beta$. Die Längen Bp und Bt werden von B aus aufgetragen, ebenso auch von A aus gegen C , in den Punkten Senkrechte errichtet und auf diese die Längen pq und st aufgetragen.
5. Eine weitere sehr praktische Methode ist folgende, welche man das „Einrücken der Punkte“ nennt (Fig. 260). Nachdem man den Anfangspunkt A und den Endpunkt B des Bogens gefunden und den $\sphericalangle AOB := \gamma$ berechnet hat, dividiert man diesen durch eine beliebige Zahl, z. B. n und erhält $\frac{\gamma}{n} = \beta$. Nun ist $Aa = r \sin \beta$ und $ab = r - r \cdot \cos \beta$.

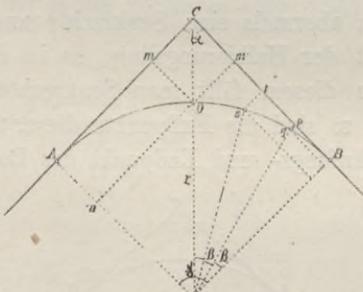


Fig. 259.

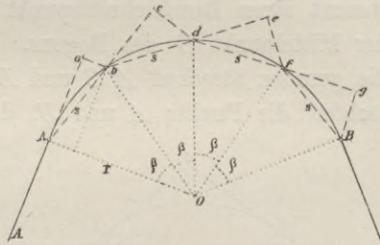


Fig. 260.

Man verlängert also die Gerade $A'A$, trägt darauf das berechnete Aa auf, errichtet in a eine Senkrechte, trägt ab auf und erhält den ersten Bogenpunkt b . Nun berechnet man $Ab = s = 2r \cdot \sin \frac{\beta}{2}$. Denkt man sich nun die Sehne Ab verlängert und wieder die gleiche Sehne $bd = s$ gezogen, so ist $\sphericalangle cbd = \beta$, daher ist $bc = s \cdot \cos \beta$ und $cd = s \cdot \sin \beta$. Man trägt also auf die verlängerte Sehne die berechnete Länge bc auf, errichtet in c eine Senkrechte, trägt auf dieselbe cd auf und erhält den zweiten Bogenpunkt d . Nun verlängert man wieder die Sehne bd und es ist $de = bc$ und $ef = cd$, ebenso dann weiter $fg = bc$ und $gB = cd$.

Diese Methode wendet man in der Praxis besonders dann an, wenn man gleich beim Abstecken der Weglinie bei einer scharfen Brechung sofort den Bogen abstecken will (Fig. 261). Es ist dann die Gerade AA' und der Anfangspunkt A des Bogens gegeben, sowie der Halbmesser r . Man wählt nun einen beliebigen Winkel β und findet $x_1 = r \cdot \sin \beta$ und $y_1 = r - r \cdot \cos \beta$, ferner

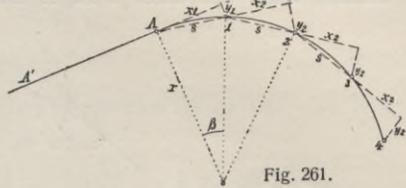


Fig. 261.

$s = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\beta}{2}$, dann weiter $x_2 = s \cdot \cos \beta$ und $y_2 = s \cdot \sin \beta$. Diese Abszisse x_2 wird nun immer für alle Bogenpunkte auf die verlängerte Sehne aufgetragen, eine Senkrechte errichtet und auf diese immer dieselbe Ordinate y_2 aufgetragen.

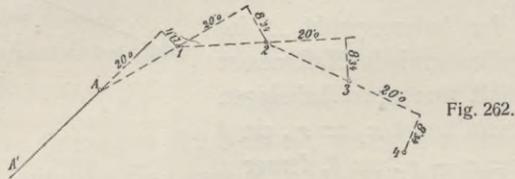
Noch einfacher, mit weniger Rechnung macht man es so, daß man nur x_1 und y_1 berechnet, nämlich $x_1 = r \cdot \sin \beta$ und $y_1 = r - r \cdot \cos \beta$. Statt x_2 zu berechnen, trägt man auf die verlängerte Sehne wieder dieselbe Abszissen x_1 auf und macht dann $y_2 = 2 y_1$ und nun wird für alle weiteren Bogenpunkte immer x_1 und $2 y_1$ aufgetragen. Hat der Bogen die genügende Länge, so geht man wieder in einer Geraden weiter.

Um gar nichts rechnen zu müssen, kann man auch Tabellen benutzen, in welchen für eine bestimmte angenommene Länge der Abszissen x , die Länge der Ordinate y , für verschiedene Halbmesser ausgerechnet ist z. B.:

$r =$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	35	40	45	50
x_1	y_1																
3	0.46	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.18					
5	1.34	1.20	1.09	1.00	0.92	0.86	0.81	0.75	0.71	0.67	0.64	0.50	0.42	0.36	0.31	0.28	0.25
10	10.0	6.42	5.37	4.69	4.20	3.82	3.51	3.25	3.03	2.85	2.68	2.09	1.72	1.46	1.27	1.13	1.01
15	.	.	.	.	.	15.00	10.43	9.00	8.05	7.34	6.77	5.00	4.02	3.38	2.92	2.57	2.30
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20.00	10.00	7.64	6.28	5.36	4.69	4.17
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25.00	13.42	10.53	8.77	7.58	6.70

Der Gebrauch dieser Tabelle bedarf wohl keiner besonderen Erläuterung. Hat man die gerade Strecke AA' abgesteckt und will nun im Punkte A einen Bogen beginnen lassen (Fig. 262), so entscheidet man sich zunächst für einen gewissen Halbmesser, z. B. 50 m. Dann wählt man irgend eine Abszisse x , z. B. 20 m, so findet man in der

Tabelle als zugehörige Ordinate $y_1 = 4.17 \text{ m}$. Man verlängert also die Gerade $A'A$, trägt auf die Verlängerung 20 m auf, errichtet eine Senkrechte, trägt auf diese 4.17 m auf und erhält den ersten Bogenpunkt 1.



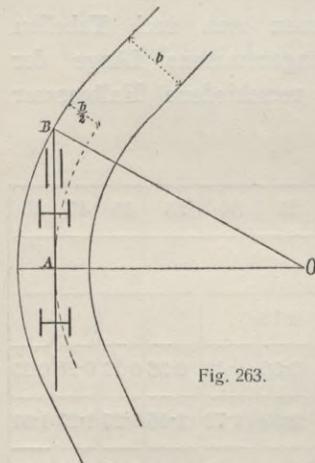
Nun verlängert man $A1$, trägt auf die Verlängerung wieder 20 m auf, errichtet eine Senkrechte und trägt auf diese $2 \times 4.17 = 8.34 \text{ m}$ auf, so erhält man den Punkt 2, verlängert nun wieder 1, 2 u. s. w., trägt aber jetzt immer auf die Senkrechte 8.34 m auf.

c) **Der kleinste zulässige Krümmungs-Halbmesser.**

Der Halbmesser einer Wegkrümmung ist von verschiedenen Umständen abhängig. Es liegt auf der Hand, daß eine Wegkrümmung sich umso besser befahren läßt, je größer ihr Halbmesser ist; mit Rücksicht auf die Baukosten und auf die Terrainverhältnisse ist man aber oft gezwungen, besonders

bei sehr scharfen Brechungen der Weglinie im Gebirge, den Halbmesser so gering als möglich zu machen. Die Größe dieses Minimal-Radius hängt hauptsächlich von der Gesamtlänge der Fuhrwerke einschließlich der Bespannung ab, welche den Weg befahren sollen. Den geringsten

Halbmesser gestatten demnach zweirädrige Karren, einen bedeutend größeren erfordern Langholzfuhren. Weiter hängt der Halbmesser von der Wegbreite und von der Bauart der Fuhrwerke ab, d. h. insbesondere von der Größe der Drehung, welche das Vordergestell des Wagens gestattet.



Wenn man nun voraussetzt, daß beim Befahren eines Bogens das äußere Zugtier und die äußeren Räder des Wagens immer in der Fahrbahn des Weges bleiben sollen, so läßt sich der nötige Halbmesser des Weges in folgender Weise berechnen (Fig. 263). Bezeichnet man den Halbmesser der Mittellinie der Wegkrümmung mit R , so ist $AO = R$, ferner sei die Gesamtlänge des Fuhrwerkes mit L bezeichnet, so ist $AB = \frac{L}{2}$, ferner die Breite der Fahrbahn mit b , so ist $OB = R + \frac{b}{2}$. Es ist nun:

$$OA^2 = OB^2 - AB^2 \text{ oder}$$

$$R^2 = \left(R + \frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$R^2 = R^2 + bR + \frac{b^2}{4} - \frac{L^2}{4}$$

$$bR = \frac{L^2}{4} - \frac{b^2}{4}$$

$$R = \frac{L^2}{4b} - \frac{b}{4}$$

Es wäre z. B. die Gesamtlänge der Langholzfuhrwerke 30 m und die Fahrbahn soll eine Breite von 4 m erhalten, so wäre

$$R = \frac{30^2}{4 \times 4} - \frac{4}{4} = \frac{900}{16} - 1 = 56.25 - 1 = 55.25 \text{ m.}$$

Es müßte also in diesem Falle der Halbmesser der Krümmung mindestens 55.25 m sein. Aus diesem Beispiel ersieht man auch, daß das Glied $\frac{b}{4}$ gegen das erste Glied $\frac{L^2}{4b}$ sehr klein ist, so daß man es ohne großen Fehler weglassen kann. Man wendet daher in der Praxis nur die Formel an $R = \frac{L^2}{4b}$

Wünscht man den so ausgemittelten Halbmesser zu verringern, so braucht man nur den Weg in der Krümmung etwas breiter zu machen. Würde man z. B. im obigen Beispiel die Fahrbahn in der Krümmung 6 m breit machen, so ist $R = \frac{30^2}{4 \times 6} = \frac{900}{24} = 37.5 \text{ m.}$

In vorstehenden Berechnungen wurde das Fuhrwerk als gerade Linie angenommen. Da sich aber das Vordergestell des Wagens drehen läßt, so braucht man in die Formel $R = \frac{L^2}{4b}$ für L nicht die Länge des ganzen Fuhrwerkes samt Bespannung, sondern nur die Länge von der Vorderachse zum rückwärtigen Ende des Fuhrwerkes einsetzen.

d) Rampen.

Bei Wegen im Gebirge, welche mit dem Maximum des zulässigen Gefälles abgesteckt werden, kommen häufig starke Krümmungen vor, wenn der Weg in Serpentinaen geführt werden muß, und man nennt dann solche

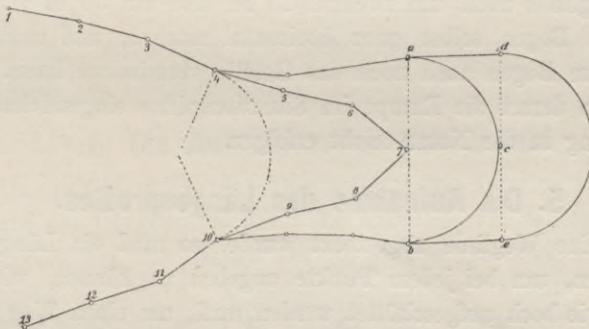


Fig. 264.

starke Krümmungen speziell Rampen. Die Anlage dieser erfordert besondere Aufmerksamkeit.

Es wären beispielsweise in Fig. 264 mit dem Instrumente die Punkte 1 bis 13 in gleichen Entfernungen von 20 m und mit einem Gefälle von

5⁰/₀, also auf 20 *m* Länge 1 *m* Höhenunterschied aufgesucht worden, welche Weglinie sich im Punkte 7 stark bricht, sodaß ein Bogen eingelegt werden muß. Zunächst handelt es sich um Bestimmung des kleinsten zulässigen Halbmessers. Dieser würde vielleicht mit Rücksicht darauf, daß man in der Krümmung den Weg breiter macht, mit 25 *m* gewählt werden können. Einen solchen Bogen könnte man in der Figur 264, an die Weglinie passend anschließend, nur zwischen die Punkte 4 und 10 legen. Dieser Bogen wäre aber bedeutend kürzer als die gebrochene Linie 4 bis 10, welche 120 *m* Länge hat, während der Bogen nur zirka 50 *m* lang wäre. Der Höhenunterschied zwischen den Punkten 4 und 10 aber würde gleich bleiben, nämlich 6 *m*, so daß nach der Proportion $6 : 50 = x : 100$ das Gefälle im Bogen 12⁰/₀ betragen würde. Ein so starkes Gefälle wäre aber in der scharfen Krümmung ganz unzulässig. Es muß daher die Weglinie sogar bedeutend verlängert werden, um für den Bogen ein möglichst geringes Gefälle zu erhalten. Man könnte also vielleicht den Punkt 7 als Mittelpunkt des Bogens wählen und einen vollen Halbkreis bilden, und dessen Endpunkte *a* und *b* etwa mit den Punkten 4 und 10 passend verbinden. Die Entfernung des Punktes 4 von *a* und ebenso 10 von *b* würde dann je 50 *m*, zusammen also 100 *m* betragen. Die Länge eines Halbkreises von 25 *m* Radius ist $3.1416 \times 25 = 78.54$ *m*, der Höhenunterschied zwischen 4 und 10 ist 6 *m*, wenn also die Strecken von 4 bis *a* und 10 bis *b* mit 5⁰/₀ angelegt werden, so ergibt dies $100 \times 0.05 = 5$ *m*, es bleibt also für den Bogen ein Höhenunterschied von 1 *m*, was für 78.54 *m* Länge 1.3⁰/₀ beträgt. In dieser Weise könnte also der Bogen ganz gut angelegt werden, um aber nicht unmittelbar von 5⁰/₀ Gefälle auf 1.3⁰/₀ übergehen zu müssen, wird man lieber den Bogen noch etwas weiter hinauslegen. In der Praxis ist es Gewohnheit, von dem Brechungspunkte 7 zuerst die Länge des Halbmessers, hier also 25 *m* aufzutragen, dadurch erhält man den Punkt *c*, den man als Mittelpunkt des Bogens resp. des Halbkreises annimmt; dadurch wird die ganze Weglinie noch um zweimal 25 *m*, also um 50 *m* verlängert, sodaß man den Bogen selbst ganz horizontal machen, und unmittelbar vor und hinter dem Bogen auch noch das Gefälle vermindern kann.

Hat man derart die Rampe im Situationsplane eingezeichnet, so kann die Übertragung in die Natur leicht erfolgen.

5. Die Aufnahme des Längenprofiles.

Wenn eine Weglinie abgesteckt wurde, so muß ein Längenprofil gezeichnet werden, um bei jedem Punkte angeben zu können, wie tief abgegraben oder wie hoch aufgeschüttet werden muß, um einen Weg mit gleichmäßiger Neigung zu erhalten. Denn wenn man auch mit dem Nivellier-Instrumente eine Linie von gleichem Gefälle aufgesucht und durch Pflöcke bezeichnet hat, so können doch diese Pflöcke nicht sofort als Mittellinie des Weges gelten, weil sie eine vielfach gebrochene Linie bilden, welche eine

Ausrundung und seitliche Verschiebung vieler Punkte nötig macht. Hiedurch werden aber die Höhenverhältnisse der einzelnen Punkte gegen einander geändert, sodaß die neue, ausgeglichene und abgerundete Linie nicht mehr jenes gleichmäßige Gefälle hat, wie die ursprünglich aufgesuchte, sodaß eben bei einzelnen Punkten wird abgegraben, bei anderen wieder aufgeschüttet werden müssen. Auch bei einer in der Ebene, oder in wenig geneigtem Terrain ohne Nivellier-Instrument einfach in langen geraden Strecken abgesteckten Weglinie ist es nötig, stellenweise abzugraben, oder aufzuschütten, um eine gleichmäßige Neigung zu bekommen. Ist die seitliche Verschiebung der Punkte stellenweise sehr bedeutend, so wird aber auch die ursprünglich gleich gewesene Entfernung der Punkte von einander jetzt nicht mehr dieselbe sein. Es ist aber für die Berechnung der Auf- und Abtrags-Massen vorteilhaft, wenn die Entfernung der einzelnen, die nunmehrige Mittellinie des Weges bezeichnenden Pflöcke, eine gleiche ist. Es ist daher am zweckmäßigsten, die nunmehr ausgeglichene und abgerundete neue Wegmittellinie durch neue, in gleichen Entfernungen von 20 bis 50 *m* eingeschlagene Pflöcke, welche Stationspflöcke heißen, und welche fortlaufend numeriert werden, zu bezeichnen. Hierauf wird diese Linie nivelliert und ein Längenprofil gezeichnet. Hiezu verwendet man am besten Millimeter-Papier und zeichnet die Längen im Maßstabe 1 *cm* = 10 *m* oder zumeist 1 *cm* = 20 *m*, die Höhen ober 1 *cm* = 1 *m* oder 1 *cm* = 2 *m*. Die erhaltenen Punkte werden mit einander verbunden, mit schwarzer Tusche ausgezogen, und diese Linie stellt den Durchschnitt des Terrains in der Mittellinie des Weges dar.

Hat man das Längenprofil des Terrains in der Richtung der Wegmittellinie gezeichnet, so zeichnet man eine Linie mit gleichmäßigem Gefälle ein, welche die Krone des herzustellenden Weges bildet. Diese Linie wird vorläufig nur mit Bleistift gezogen und zwar derart, daß nach dem Augenmaß die Abtragsfläche der Auftragsfläche beiläufig gleich wird. Erst nach durchgeführter Berechnung und Ausgleichung der Erdmassen wird diese Linie rot ausgezogen und die Auftragsflächen mit blassem Karmin, die Abtragsflächen aber mit hellgrauer Tusche oder Sepia koloriert. Zu jedem Punkte wird dazu geschrieben, wie hoch aufzuschütten oder abzugraben ist. (Taf. II. enthält ein Längenprofil.)

6. Die Aufnahme der Querprofile.

Die Querprofile stellen den Durchschnitt des Terrains in der Richtung senkrecht auf das Längenprofil dar. Die Aufnahme der Querprofile geschieht zu dem Zwecke, um die Menge der abzugrabenden und aufzuschüttenden Erde berechnen zu können. Diese Berechnung ist deshalb nötig, um das ganze Projekt derart verfassen zu können, daß womöglich die abzugrabende Erdmasse gleich wird der aufzuschüttenden, damit man nicht übrigbleibende Erdmassen wegschaffen oder fehlende herbeiführen muß. Ferner ist diese Berechnung deshalb nötig, um den Kostenanschlag für den Bau verfassen zu

können. Die Querprofile werden in jedem Stationspunkt und bei bedeutenden Terrainänderungen auch zwischen zwei Stationspunkten aufgenommen. Die Aufnahme geschieht mit zwei Meßblättern, von denen eine mittels einer darauf befestigten Libelle horizontal gehalten wird und zum Messen der Längen dient, während die zweite, mit der die Höhenunterschiede gemessen werden, vertikal gehalten wird. Für die Berechnung würde wohl eine Länge der Querprofile gleich der Wegbreite inklusive Böschungen genügen, wegen Ausgleichung der Auftrags- und Abtragsmassen ist es aber oft nötig, die Weglinie in einzelnen Punkten nochmals seitlich zu verschieben, daher ist es zweckmäßig, die Querprofile nach beiden Seiten von dem Stationspflocke um einige Meter länger aufzunehmen, als die Wegbreite eigentlich erfordern würde. Von jedem Querprofil wird eine Skizze angefertigt und die erhaltenen Maßzahlen in diese eingetragen (Fig. 265). Hierbei ist zu beachten, daß alle

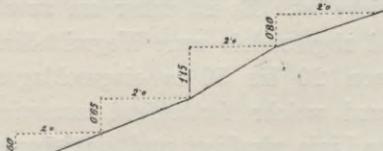


Fig. 265.

Querprofile in derselben Richtung gezeichnet werden, und zwar derart, daß, wenn man in der Richtung des Längenprofils nach der Nummernfolge vorwärts schreitet, man auch in der Zeichnung jene Seite des Querprofils links

hat wie in der Natur. Die Querprofile werden in einem großen Maßstabe 1 : 100 oder auch 1 : 200 gezeichnet, und zwar Längen und Höhen in demselben Maßstabe, weil die Querprofile zur Flächenberechnung dienen und daher Masse in verschiedenen Richtungen abgegriffen werden müssen. Sind sämtliche Querprofile gezeichnet, so muß in diese das Querprofil des Weges eingezeichnet werden. Hierzu nimmt man das Längenprofil zur Hand, entnimmt aus diesem, wie viel in jedem Punkt aufzuschütten oder abzugraben ist, trägt diesen Punkt ins Querprofil ein und zeichnet den Querschnitt des Weges. Diese Einzeichnung geschieht vorläufig nur mit Blei und erst nach vollständiger Fertigstellung des Projektes wird der Querschnitt des Weges rot ausgezogen und die Auftrags- und Abtragsflächen so wie im Längenprofil koloriert. Tafel III zeigt einige Querprofile.

7. Die Berechnung der Auftrags- und Abtrags-Massen.

Nachdem die Querprofile gezeichnet sind und auch in jedes das Querprofil des Weges eingezeichnet wurde, wird in jedem Querprofile die Auftrags- und Abtragsfläche berechnet. Zu diesem Zwecke zerlegt man diese Flächen in Dreiecke, greift mit dem Zirkel deren Grundlinien und Höhen ab und berechnet dann die Flächen (Fig. 266). Eine pedantische Genauigkeit ist hiebei nicht notwendig, weil ja das gezeichnete Querprofil nicht vollkommen der Natur entspricht und daher auch die Massenberechnung nur eine angenäherte, summarische sein kann. Hat man die Quer-

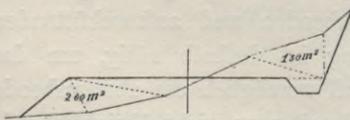


Fig. 266.

profile auf Millimeterpapier gezeichnet, so kann die Flächenberechnung auch durch Abzählung der in die Flächen fallenden Quadratmillimeter erfolgen. Im Maßstabe 1 : 100 entspricht jeder Quadratmillimeter einer Fläche von 0.01 m². Die Fläche des Grabens, welche in allen Querprofilen, wo ein solcher vorkommt, gleich ist, wird im voraus ein für allemal berechnet und zugeschlagen. Sind diese sämtlichen Flächen berechnet, so kann die Berechnung der abzugrabenden und aufzuschüttenden Erdmassen erfolgen. Diese Berechnung kann nur eine genäherte, summarische sein, weil das Terrain zwischen je zwei Querprofilen nicht ganz gleichmäßig bleibt. Man berechnet daher die Auftrags- und Abtragsmassen zwischen zwei Querprofilen einfach in der Weise, daß man aus den Auftragsflächen dieser zwei Querprofile das arithmetische Mittel nimmt und dieses mit der Stationslänge (Entfernung der zwei Querprofile) multipliziert, dadurch erhält man die Auftragsmasse. Nun macht man es ebenso mit den Abtragsflächen. Z. B. die Stationslänge, d. h. die Entfernung der Querprofile Nr. 15 und 16 (Fig. 267 und 268) sei 20 m, so ist zwischen

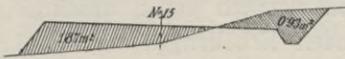


Fig. 267.

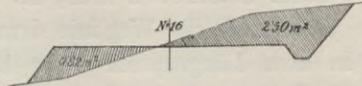


Fig. 268.

diesen Profilen der Auftrag $= \frac{1.87 + 0.82}{2} \times 20 = 26.9 \text{ m}^3$ und ebenso der Abtrag $= \frac{0.93 + 2.50}{2} \times 20 = 34.3 \text{ m}^3$. Es kann nun vorkommen, daß das eine Querprofil ganz im Auftrag, das andere ganz im Abtrag liegt, z. B. das Querprofil Nr. 6 ist ganz Auftrag, Nr. 7 ganz Abtrag (Fig. 269 und 270). In diesem Falle nimmt man das Längenprofil (Fig. 271) und greift

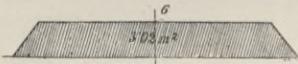


Fig. 269.

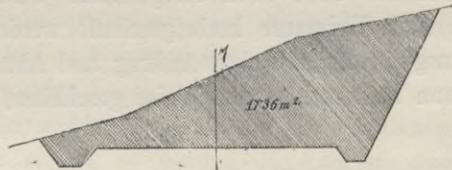


Fig. 270.

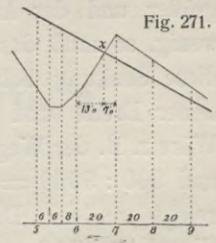
in diesem die Entfernungen der Punkte 6 und 7 von jenem Punkte ab, z. B. x , wo das eingezeichnete Profil des Weges das Terrain schneidet, wo also der Auftrag aufhört und der Abtrag beginnt, z. B. 13 m und 7 m, und dann ist der

$$\text{Auftrag} = \frac{3.92 \times 13}{2} = 25.5 \text{ m}^3 \text{ und der}$$

$$\text{Abtrag} = \frac{17.36 \times 7}{2} = 60.8 \text{ m}^3.$$

Hat man so die Auftrags- und Abtragsmassen in den einzelnen Stationen berechnet, so werden sie summiert, um die gesamten Massen der Erde zu

erhalten, welche abzugraben und aufzuschütten ist. Man muß es nun immer



so einzurichten trachten, daß die abzugrabenden und aufzuschüttenden Erdmassen einander möglichst gleich werden. Hierbei sollte man aber berücksichtigen, daß die abgegrabene Erdmasse, wenn sie aufgelockert wird, einen größeren Raum einnimmt als zuvor. Diese Volumsvergrößerung sollte daher zu der durch die Berechnung erhaltenen Erdmasse zugerechnet und dann erst diese Summe mit der aufzuschüttenden Menge verglichen werden. Die Volumsvergrößerung durch Auflockerung ist verschieden je nach der Bodenart. Erfahrungsmäßig nimmt man sie an

bei Felsen mit	$\frac{1}{5}$	bis	$\frac{1}{4}$	der abzugrabenden	Masse
„ Ton	„ $\frac{1}{7}$	„	$\frac{1}{6}$	„	„
„ Lehm	„ $\frac{1}{15}$	„	„	„	„
„ Sand	„ $\frac{1}{30}$	„	„	„	„

In der Regel wird aber auf die Volumsvergrößerung keine Rücksicht genommen, weil ja die aufgeschütteten Massen sich später setzen und man daher höher aufschütten muß, als nach dem Projekt anzunehmen wäre.

Wenn sich die Weglinie dem Terrain ziemlich genau anschmiegt, so daß in dem Längenprofil keine bedeutenden Erhöhungen und Senkungen der Weglinie gegen das Terrain vorkommen, so ergibt sich von selbst, daß in jeder Station so ziemlich die auf der einen Seite abzugrabende Erdmasse zur Aufschüttung der anderen Seite ausreichen wird. Muß aber in einzelnen Stationen eine bedeutende Erhöhung oder Senkung der Weglinie gegen das Terrain stattfinden, so kann es vorkommen, daß sich in den berechneten Auftrags- und Abtragsmassen ein bedeutender Unterschied zeigt. Hat man zu viel Abgrabung, so wäre das unnötiger Geldverlust, indem die überflüssige Erdmasse auch noch fortgeschafft werden muß. Hat man aber zu wenig, so muß Erdmasse herbeigeschafft werden. Man muß daher trachten, eine Ausgleichung zwischen Auftrag und Abtrag zu erreichen. Diese Ausgleichung kann in verschiedener Weise geschehen, nämlich:

a) Durch Hebung oder Senkung des Längenprofiles.

Denkt man sich das ganze Längenprofil des Weges etwas gehoben, so wird in jedem Querprofil mehr Auftrag und weniger Abtrag entstehen. Senkt man dagegen das Längenprofil des Weges, so wird überall der Abtrag größer und der Auftrag kleiner. Hätte man z. B. um $900 m^3$ Abtrag zu wenig, so muß das Längenprofil gesenkt werden. Um zu erfahren, wie viel diese Senkung betragen muß, multipliziert man die Länge des Weges mit seiner Breite und dividiert mit diesem Produkte in die fehlende Erdmasse. Wäre z. B. der Weg $1500 m$ lang und $6 m$ breit, so wäre $1500 \times 6 = 9000 m^2$ und $900 : 9000 = 0.10$. Es müßte also der ganze Weg um $0.10 m$ tiefer gelegt werden. Dadurch würden aber natürlich auch beide Endpunkte des Weges um $0.10 m$ tiefer kommen. Wollte man aber z. B. den einen Endpunkt beibehalten und nur den anderen senken, so müßte dann hier die

Senkung das doppelte, also 0.20 *m* betragen. Ebenso könnte man beide Endpunkte beibehalten und den Weg irgendwo in der Mitte um 0.20 *m* senken.

Man zeichnet nun dementsprechend in das Längenprofil die neue abgeänderte Weglinie ein, ebenso werden dann auf Grund dieses geänderten Längenprofils neue Querprofile gezeichnet und die Berechnung noch einmal vorgenommen. Ist dann der Auftrag nahezu gleich dem Abtrag, was wohl meist der Fall sein wird, so werden die zuerst nur mit Bleistift gezeichneten Längen- und Querprofile erst mit Tusche ausgeführt.

b) Ausgleichung durch seitliche Verschiebung des Weges.

Wird der Weg an einer Lehne geführt, so kann man eine Ausgleichung auch erzielen, wenn man einzelne Querprofile des Weges in derselben Höhe seitlich verschiebt. Verschiebt man in Fig. 272 das Profil *abcd* des Weges gegen die Berglehne, also nach *a'b'c'd'*, so wird in der betreffenden Station der Auftrag kleiner, der Abtrag größer. Verschiebt man jedoch das Profil gegen die Talseite, also nach *a''b''c''d''*, so wird der Auftrag größer, der Abtrag kleiner. Selbstverständlich darf diese Verschiebung nur in einer solchen Weise geschehen, daß dadurch der Grundriß des Weges nicht nachteilig verändert wird, d. h. daß keine Brechungen der geraden Weglinie oder dgl. entstehen, denn der die Mittellinie

des Weges bezeichnende Pflock *x* kommt ja dann nach *x'* oder *x''*. Die Größe dieser Verschiebungen kann man versuchsweise annehmen und rechnet noch einmal. Weil die neuen Punkte

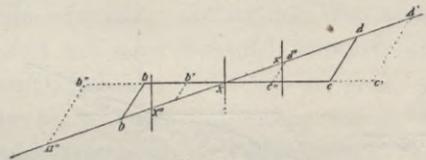


Fig. 272.

x' und *x''* auch höher oder tiefer liegen als *x*, so wird durch diese Verschiebung auch das Längenprofil geändert und muß daher korrigiert werden, ebenso muß der Grundriß berichtigt werden.

Hat man endlich auf die eine oder andere Weise eine Übereinstimmung zwischen Auftrags- und Abtragsmasse erzielt, so werden die Längen- und Querprofile definitiv mit Tusche ausgezogen, weiter ausgeführt und schließlich noch einmal die definitive Massenberechnung durchgeführt. Dann kann der Kostenanschlag verfaßt und die weiteren Vorbereitungen zum Bau selbst getroffen werden.

C. Die Herstellung des Wegkörpers.

I. Vorbereitung zum Bau.

Ist das Projekt für den Bau des Weges fertiggestellt, so muß vor allem die Mittellinie des Weges in der Natur definitiv bezeichnet werden, denn zwischen der ersten Absteckung der Weglinie und der Fertigstellung des Projektes verstreicht doch oft ein längerer Zeitraum, so daß vielleicht alle

oder viele Pflöcke inzwischen verloren gehen. Außerdem kommen vielleicht bei der Ausarbeitung des Projektes noch Änderungen vor, z. B. wo man eine Verschiebung des Querprofils vorgenommen hat, muß der betreffende Stationspflöck herausgezogen und um die entsprechende Größe seitwärts eingeschlagen werden. Das Maß dieser Verschiebung greift man in dem betreffenden Querprofil ab. Von diesen, die Mittellinie des Weges bezeichnenden Pflöcken wird dann nach beiden Seiten die halbe Wegbreite aufgetragen, und es werden die so erhaltenen Ränder der Wegkrone durch Pflöcke bezeichnet. Ferner entnimmt man den Querprofilen auch die Breite bis zum äußersten Rande der Böschungen und schlägt auch hier Pflöcke ein (Fig. 273). Endlich muß bei jedem Mittelpfahl deutlich aufgeschrieben werden, wie tief abzugraben oder aufzuschütten ist. Die Angabe geschieht in Zentimetern und wird für die Aufschüttung mit +, für die Abgrabung mit — bezeichnet. Da die Stationspflöcke 20 m voneinander entfernt sind, so werden zwischen je zweien dieser Pflöcke noch weitere Pflöcke etwa 5 m voneinander mittels Visierkreuzen bestimmt. Bei der Abgrabung bleibt dann vorerst ein Erdkegel mit dem Pflöcke stehen, um abmessen zu können, bis die erforderliche Tiefe erreicht ist, dann erst wird auch dieser Kegel beseitigt (Fig. 274). Wo

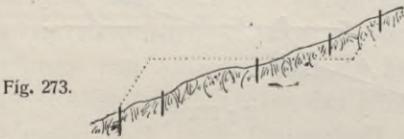


Fig. 273.

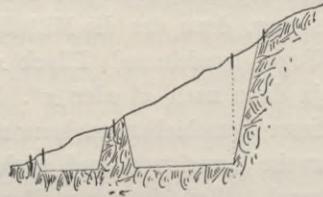


Fig. 274.

Aufschüttungen zu machen sind, werden diese am besten durch Lattenprofile bezeichnet (Fig. 275 u. 276). Die Daten für die Tiefe der Abgrabung, Höhe der Aufschüttung etc. werden selbstverständlich den definitiven Längen- und Querprofilen entnommen.

Ist die Fläche mit Holzwuchs bestanden, so wird man nach definitiver Absteckung der Wegmittellinie vorerst die Wegbreite samt Böschungen nur

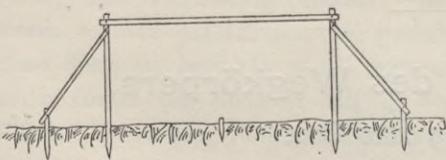


Fig. 275.

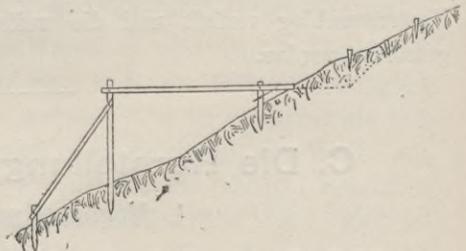


Fig. 276.

durch Anplätzen der Bäume bezeichnen, die Fläche vom Holze räumen und dann erst die weiteren Vorbereitungen zum Bau treffen.

2. Grund- oder Unterbau.

Die eigentlichen Bauarbeiten beginnen mit der Beseitigung eines etwa vorhandenen Bodenüberzuges, z. B. Laub- oder Nadelstreu, Moos, Heide, Vaccinien u. s. w. Alle diese Stoffe, auch die Humusschichte, müssen entfernt werden und dürfen nicht in den Wegkörper hineinkommen, da sie zu locker sind und durch späteres Verfaulen nachteilige Setzungen verursachen würden. Aus demselben Grunde müssen auch vorhandene Stöcke und Baumwurzeln entfernt werden. Beginnt man mit dem Bau im Winter, wenn der Boden noch mit Schnee oder Eis bedeckt ist, so muß auch diese Decke entfernt werden und darf nicht in den Wegkörper hineinkommen. Ist der Boden mit einer starken Rasendecke versehen, so wird diese sorgfältig abgestochen und die Rasenplaggen werden seitwärts aufbewahrt, da sie später zur Befestigung der Böschungen vorteilhafte Verwendung finden können. Ist die ganze Breite des Weges sowohl dort, wo eine Abgrabung stattfinden soll, als auch dort, wo die Aufschüttung hinkommt, vom Überzuge gereinigt, so wird mit der Abgrabung begonnen, und zwar dort, wo die Krone des Weges mit dem natürlichen Boden zusammenfällt. An der Bergseite wird die Erde losgehauen und sofort an der Talseite angeschüttet. Schmiegt sich der Weg möglichst dem Terrain an, sodaß die auf der Bergseite abgegrabene Erde gerade zur Aufschüttung auf der Talseite ausreicht, und ist der Weg nicht breit, so wird die abgegrabene Erde sofort mit einer Schaufel seitwärts geworfen. Ist aber die Entfernung für einen Schaufelwurf schon zu groß, so benützt man zum Transporte der Erde bis zu einer Entfernung von 5 bis 10 *m* Tröge oder Mulden von Holz oder Eisenblech, mit Handhaben versehen (Fig. 277). Auf größere Entfernungen von 10 *m* bis 30 *m* benützt man Schiebkarren, bei noch größerer Entfernung bis 400 *m* zweirädrige Handkarren. Muß die abgegrabene Erde auf größere Entfernungen transportiert werden, so muß dazu Fuhrwerk benützt werden oder es ist auch Verwendung von transportablen Eisenbahnen sehr vorteilhaft. Der Transport des Erdreiches muß immer über die bereits aufgeschüttete Erdmasse hinweggehen, um diese dadurch möglichst zu befestigen und das Setzen zu beschleunigen. Ist irgendwo der Weg als tiefer Einschnitt herzustellen, so wird man mit der Ausgrabung von der Seite her beginnen, nach welcher die zu gewinnende Erdmasse transportiert werden soll. Muß die Aufschüttung an einer steilen Lehne erfolgen, so muß ein Abrollen der aufgeschütteten Erde verhindert werden, indem man auf den unteren Rand der herzustellenden Böschung große Steine legt, oder wenn diese nicht vorhanden sind, hebt man einen Graben aus und macht von der ausgehobenen Erde einen Damm.

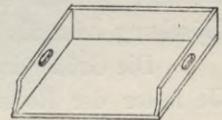


Fig. 277.

Finden sich in dem Boden, auf welchem die Aufschüttung erfolgen soll, nasse, sumpfige oder moorige Stellen, so müssen diese ausgehoben und durch feste, steinige Massen ersetzt werden, um einer späteren Setzung vorzubeugen.

Kommt man bei der Abgrabung auf einzelne größere Steine, so werden diese gesammelt, da sie zur Herstellung der Kanäle, Mulden, Stützmauern u. s. w. Verwendung finden können.

Häufig stößt man beim Abgraben auf Felsen. Sind diese zerklüftet, so lassen sie sich oft bloß durch Anwendung von Brechstangen, Spitzhauen, und Keilen beseitigen. Ist dies nicht möglich, so muß Sprengung angewendet werden. Vor allem muß der Felsen vollständig abgeräumt werden. Einzelne größere Blöcke werden möglichst bloß gelegt, auch wohl untergraben. Dann wird alles beseitigt, was sich mit Spitzhau, Brechstangen etc. beseitigen läßt, dann erst werden die Bohrlöcher für die Aufnahme der Ladung hergestellt. Die Sprengung geschieht ganz in der auf Seite 3 u. f. bei der Gewinnung der natürlichen Bausteine beschriebenen Weise.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß die aufgeschüttete Erdmasse sich mit der Zeit bedeutend setzt, und zwar dauert dies ein halbes bis ein ganzes Jahr. Es ist daher notwendig, daß die Aufschüttung um 10 bis 15⁰/₀ höher gemacht wird, als in dem Projekte angegeben ist.

3. Befestigung der Böschungen.

Führt ein Weg längs eines Abhanges, so heißt die über der Wegfläche gelegene Böschung die „obere“, diejenige unterhalb des Weges die „untere“. Bildet ein Weg einen tiefen Einschnitt im Gelände, so daß zwei obere Böschungen vorhanden sind, so nennt man beide „Einschnittsböschungen“. In diesem Falle, oder wenn der Weg ganz durch einen mehr weniger hohen Damm gebildet wird, so daß zwei untere Böschungen vorhanden sind, bezeichnet man sie entweder nach den Weltgegenden, z. B. nördliche, südliche Böschung oder als linke und rechte Böschung.

Die Größe der Neigung einer Böschung ist abhängig von der Bodenart. Je fester der Boden, desto steiler, je lockerer aber der Boden ist, desto sanfter geneigt muß die Böschung sein, um ein Abrutschen zu verhüten. Fester, nicht leicht verwitterbarer Felsen kann eine nahezu senkrechte Böschung erhalten. Leicht verwitterbarer Felsen aber erhält eine „halbe Böschung“. Stärkeres Trümmergestein kann ebenfalls noch eine steile, also etwa eine „halbe“ Böschung bekommen. Kleinerem Trümmergestein und Gerölle, sowie gewöhnlichem lehmigen Boden gibt man eine „einfache“ Böschung. Ist der lehmige Boden sehr trocken und bindend, so kann man selbst eine $\frac{3}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ fache Böschung geben. Lockerer, sandiger Boden aber muß eine sanfte, also etwa $1\frac{1}{2}$ fache Böschung bekommen.

Um bei lockerem Boden die Böschungen gegen Abrutschung zu schützen, ohne sie sehr sanft machen zu müssen, weil dadurch einmal viel Fläche verloren geht und auch die Kosten sehr erhöht werden, kann man die Böschungen in verschiedener Weise befestigen.

Kann man ohne besondere Kosten, vielleicht schon bei der Abräumung der Baufläche, viel Rasenplaggen gewinnen und ist der Boden nicht gar zu

arm, auch der Weg nicht zu sehr beschattet, so ist das Belegen der Böschungen mit diesen Rasenplaggen sehr zu empfehlen. Diese werden knapp nebeneinander gelegt, fest aneinander und an den Boden angedrückt und auf diesem mit durchgeschlagenen Holzpflockchen befestigt. Sind sie einmal angewachsen, so bieten sie den Böschungen sehr guten Schutz.

Hat man nicht so viele Plaggen, um die ganzen Flächen der Böschungen zu belegen, so stellt man aus den Plaggen etwa 30 *cm* breite, sich rechtwinkelig kreuzende Streifen her, so daß zwischen diesen quadratische Felder von etwa 1 *m* Seitenlänge frei bleiben (Fig. 278), welche man mit Grassamen oder mit zusammengekehrtem Staub von Heuböden besäet. Hat man gar keine Rasenplaggen oder wäre dieses Belegen zu kostspielig, so kann man auch die ganzen Böschungsfächen einfach mit Grassamen besäen oder mit Quecken-Wurzeln bestecken.

Eine sehr gute Befestigung an besonders gefährlichen Stellen, ja zur Not sogar an fließendem Wasser ist die Befestigung mit „Kopfrasen“ oder die „Rasen-Böschung“, welche aber nicht verwechselt werden darf mit der eben besprochenen Deckung mit Rasen. Bei der Rasenböschung (Fig. 279)

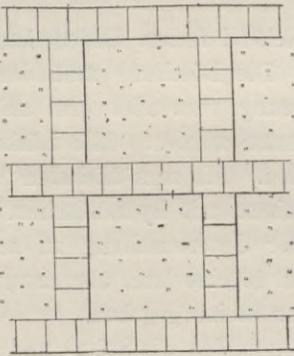


Fig. 278.

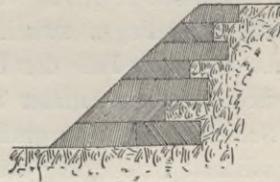


Fig. 279.

werden die Plaggen in regelmäßigem Verbande wie die Ziegel in einer Mauer übereinander gelegt. Die Grasseite der Plaggen kommt immer nach unten, jede Schichte wird gut mit Erde hinterfüllt, fest angedrückt und begossen.

Bei sehr lockerem Sandboden bringt man mehrere Reihen von Flechtzäunen übereinander an. Man schlägt in Entfernungen von etwa 50 *cm* voneinander in horizontalen Reihen Pfähle ein, so daß sie etwa 50 *cm* über die Erde herausragen und diese werden mit Weidenruten, Reisig oder dergleichen verflochten. Diese Art der Befestigung ist besonders bei Flugsand notwendig.

Eine gute Befestigung für die Böschungen insbesondere im durchweichten Boden bilden die Strebepfeiler, Böschungspfeiler, Sporen oder Sickerschlitze, welche den doppelten Zweck verfolgen, Stützung und Wasserabführung. Es sind dies aus Trockenmauerwerk hergestellte, in die Böschung eingelassene Pfeiler, welche eine Breite von

0.60 bis 3.00 *m* und eine Stärke von 0.60 bis 2.00 *m* bekommen und welche in Abständen von 5 bis 20 Meter von einander errichtet werden. Selbstverständlich hängt die Stärke und die Entfernung voneinander von der Höhe der Böschung und der Beweglichkeit des Bodens ab. Je beweglicher letzterer und je höher die Böschung ist, desto stärker und desto näher aneinander müssen sie gemacht werden. Fig. 280 stellt diese Befestigungsart in Ansicht und Durchschnitt dar.

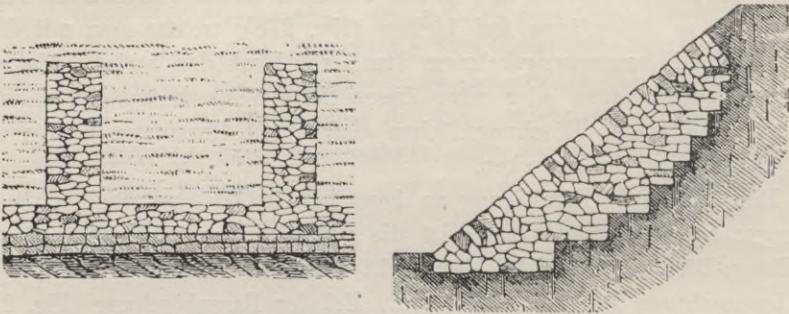


Fig. 280.

An fließendem Wasser und bei hinreichend festem Boden kann man die Böschung durch Pflasterung befestigen. Die Böschung muß dann aber sehr sanft, $1\frac{1}{2}$ bis 2fach sein. Zur Pflasterung verwendet man möglichst große, d. h. lange Steine, welche dicht gesetzt werden. Alle Lücken zwischen ihnen müssen sorgfältig verkeilt werden. Bis zum höchsten Wasserstande werden die Fugen zwischen den Steinen mit hydraulischem Mörtel verstrichen. Um den Fuß der Böschung vor Unterwaschung zu schützen, wird vor diesen ein sogenannter Steinwurf, d. h. eine lose, übereinander geschüttete Schichte möglichst großer, schwerer Steine gegeben.

Die solideste Befestigung der Böschungen bilden die Stütz- und Futtermauern (Fig. 281). Stützmauer nennt man eine Mauer, welche an der unteren

Böschung hergestellt wird und welche den Wegkörper zu stützen hat.

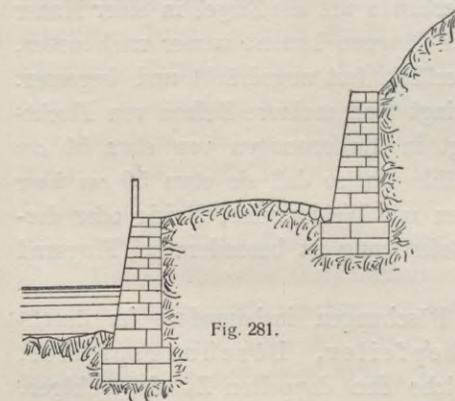
Futtermauern dagegen haben die oberen Böschungen zu tragen. Oft nennt man aber beide Mauern ein-

fach Stützmauern. Stütz- und

Futtermauern werden angewendet, wenn nahezu senkrechte Böschungen hergestellt werden müssen, wenn

z. B. der Weg an einer Eigentums-

grenze geführt wird, sodaß man mit der Böschung nicht über die Grenze



gehen darf. Oder auch, wenn der Weg an einer sehr steilen Lehne geführt wird, sodaß man außerordentlich große Auf- und Abtragsmassen erhalten

würde, wenn man z. B. eine einfache Böschung herstellen wollte. Endlich sind Stützmauern sehr häufig bei Rampen und an größeren fließenden Gewässern nötig. Die Stütz- und Futtermauern werden zumeist aus Bruchsteinen hergestellt, u. zw. entweder als Trockenmauern, deren Fugen mit Mörtel verschlossen werden, oder als Mörtelmauern. Sie bleiben aber immer roh, ohne Verputz. In den Mauern müssen stellenweise kleine Öffnungen bleiben für den Abfluß des Sickerwassers. Bei großen Flüssen oder Strömen ist eine solide Mörtelmauer mit Quaderverkleidung notwendig. Ziegelmauerwerk wird man nur ausnahmsweise anwenden, wenn keine Steine vorhanden wären. Es müssen dann sehr gute, hart gebrannte Ziegel verwendet, und die Mauer verputzt werden.

4. Der Oberbau.

Durch die Herstellung des Wegkörpers durch Auf- und Abtrag wird die so erhaltene ebene, oder gleichmäßig geneigte Wegfläche nur selten schon ein dauerhafter, fahrbarer, guter Weg sein. Ist der Untergrund sehr steinig, so könnte wohl der so gewonnene Weg als weniger, vielleicht nur zeitweise benützter Neben- oder Seitenweg sofort benützt werden. Auch bei leichtem Sandboden in der Ebene, der sehr schnell austrocknet, und bei gänzlichem Mangel des nötigen Steinmaterials kann die Befestigung unterbleiben. Bei allen stärker benützten Wegen, Hauptwegen und Straßen aber muß eine Befestigung der Fahrbahn stattfinden.

Die Befestigung darf nicht früher stattfinden, bis sich nicht die Aufschüttung überall gehörig gesetzt hat. Bei größeren Auftragshöhen wird man dies erst nach Ablauf eines Jahres annehmen dürfen. Nur bei geringer Auftragshöhe, bei anhaltend feuchtem Wetter und wenn der planierte Weg sofort befahren wird, ist die Setzung schon früher erfolgt.

Bevor man an die Befestigung geht, muß eine Nachplanierung stattfinden, indem die entstandenen Vertiefungen in der Aufschüttung wieder nachgefüllt werden. Hiezu wird man das jedenfalls an vielen Stellen von der oberen Böschung abgerutschte Material benützen können. Sollte dieses nicht ausreichen, so kann das nötige Material durch das spätere Ausheben des Steinbettes gewonnen werden. Hierauf schlägt man in der Mitte des Weges in ganz kurzen Abständen von 5 oder höchstens 10 *m* wieder Pflöcke ein, mißt bei jedem Pflöcke die Breite der herzustellenden, d. h. zu befestigenden Fahrbahn senkrecht auf die Wegrichtung ab und bezeichnet diese Punkte ebenfalls mit Pflöcken. Diese Fahrbahn wird nun mit der Schaufel so tief ausgehoben (Fig. 282), als die Höhe der Steinbahn betragen soll, also etwa 20 bis 30 *cm*. Die Aushebung wird an beiden Seiten tiefer vorgenommen als in der Mitte, sodaß die Wegkrone eine sanfte Wölbung erhält, welche 2 bis 4⁰/₀ der Breite der Wegkrone betragen soll. Die Breite



Fig. 282.

der auszuhebenden Fahrbahn richtet sich nach der Breite des Weges, und wird so groß genommen, daß beiderseits noch 0·6 bis 1·0 *m* breite Bankette für die Fußgänger bleiben. Mit dem ausgehobenen Materiale werden die Bankette erhöht. Bei Straßen und Hauptwegen erhält die Fahrbahn eine Breite von 4 bis 5 *m*, bei Seitenwegen 2·8 bis 4 *m*. Die Höhe der Steinbahn bezeichnet man am besten an den Seitenpflöcken, spannt dann zwischen diesen in der Höhe der Marken eine Schnur und legt nach dieser die Rand- oder Bordsteine, auch Wandsteine genannt. Das sind 20 bis 25 *cm* hohe und etwa 10 bis 15 *cm* starke Steine, welche dicht nebeneinander gestellt und aneinander gepaßt werden und welche den Zweck haben, die Steindecke seitlich zusammenzuhalten und ein Auseinanderdrücken zu verhindern. Sie werden so tief eingegraben, daß ihre Köpfe nur bis zur Höhe der Steinlage kommen. Die Befestigung der Fahrbahn kann in verschiedener Weise geschehen.

a) **Chaussierung.**

Zwischen die Randsteine kommt bei dieser Art der Befestigung das Sturzpflaster oder die Packlage (Fig. 283). Dieses besteht aus Bruchsteinen, 10 bis 20 *cm* hoch, welche reihenweise in auf die Straßenachse



senkrechten Reihen dicht aneinander gestellt werden und zwar kommt das breitere Ende nach unten. Die Steine werden möglichst vertikal gestellt. Die verbleibenden Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinen werden mit kleinen Steinsplintern ausgekeilt. Sind einzelne Steine höher, sodaß sie über die anderen emporragen, so werden diese Spitzen mit einem großen Hammer abgeschlagen. Ist der Untergrund sehr feucht, so ist es gut, unter das Sturzpflaster erst eine Sandschicht zu geben, auch werden dann stellenweise Sickerdohlen angebracht. (Siehe Bauten zur Wasserableitung.)

Über das Sturzpflaster wird eine 8 bis 12 *cm* hohe Schotterdecke und zwar aus geschlägeltem Schotter ausgebreitet. Dieser Schotter muß aus einem harten Steinmateriale hergestellt sein, und die einzelnen Stücke sollen 4 bis 6 *cm* stark sein. Schließlich wird die ganze Straße noch mit einer 3 bis 5 *cm* hohen Decke von Kies oder grobem Sand versehen.

Sehr vorteilhaft ist es, wenn die Fahrbahn zuletzt mit einer schweren Straßenwalze einigemal überwalzt werden kann, wodurch eine feste glatte Oberfläche erzielt wird.*)

*) Das schon früher erwähnte Straßen-Administrations-Gesetz für Böhmen vom 31. Mai 1866, ergänzt durch die Statthaltereiverordnung vom 31. Jänner 1876, Z. 5883, bestimmt im § 38 für Landesstraßen:

Abatz b) das Sturzpflaster mit 4·5 bis 5 *m* Breite, 25 bis 30 *cm* vergleichener Höhe,
„ c) die Schotterdecke in gleicher Breite des Sturzpflasters und 10 bis 15 *cm* vergleichener Höhe mit einem 3 bis 5 *cm* hohen Übergange von Sand oder feinkörnigem Steingerölle.

b) **Makadamisieren.**

Eine andere Art der Befestigung der Fahrbahn ist das Makadamisieren, so genannt nach dem englischen Ingenieur Mak-Adam. Zwischen den Randsteinen wird eine etwa 10 *cm* hohe Schichte zerschlagener Steine gleichmäßig mit der Schaufel ausgebreitet. Die Steine sollen etwa 10 *cm* Seitenlänge haben. Diese Schichte wird festgestampft, dann kommt darüber abermals eine etwa 10 *cm* hohe Schichte von gewöhnlichem, geschlägeltem Schotter, dessen einzelne Stücke 4 bis 5 *cm* Seitenlänge haben. Auch diese Schichte wird festgestampft oder besser festgewalzt, und schließlich kommt noch darüber eine etwa 3 *cm* starke Schichte Kies oder lehmiger Sand, worauf wieder gewalzt wird. Endlich wird noch eine 1 bis 2 *cm* hohe Schichte von scharfem Sand ausgebreitet.

In der ersten Zeit nach dem Baue werden sich beim Befahren des Weges wohl Gleise bilden. Wenn diese aber sofort mit kleingeschlagenem Schotter nachgefüllt werden, so erlangen diese Wege bald einen hohen Grad von Festigkeit.*)

c) **Befestigung mit Kies.**

Eine dritte Art der Befestigung der Fahrbahn kann mit Kies geschehen. In ebenen Gegenden des Diluviums und Alluviums fehlt es nämlich sehr oft vollständig an Bruchsteinen, dagegen finden sich oft bedeutende Kieslager. In diesem Falle wird das gröbere Gerölle von dem feineren Kies mittelst Durchwerfen durch Siebe getrennt und es kommt in das ausgehobene und womöglich mit Randsteinen versehene Steinbett zuerst eine Schichte groben und darüber als Decklage eine Schichte feinen Kieses. Um die

Absatz e) bei Straßen von 6·5 *m* Breite soll die Konvexität 15 bis 20 *cm*, bei 7·5 *m* Breite aber 20 bis 25 *cm* betragen;

ferner im § 39 für Bezirksstraßen:

Absatz b) das Sturzpflaster mit 4 bis 5 *m* Breite, 20 bis 25 *cm* vergleichener Höhe.

„ c) die Schotterdecke in gleicher Breite mit dem Sturzpflaster, 8 bis 10 *cm* hoch mit 3 *cm* hohem Überzuge von Sand oder feinkörnigem Steingerölle,

„ e) bei Straßen von 6 *m* Breite soll die Konvexität 10 bis 15 *cm*, bei 6·5 *m* Breite aber 15 bis 20 *cm* betragen.

*) Über diese Art der Befestigung bestimmt der § 40 des Straßen-Administrations-Gesetzes für Böhmen folgendes:

„Da, wo ein zum Sturzpflaster brauchbarer Stein besonders kostspielig ist, oder wo es aus anderen Gründen vorteilhafter erscheint, kann die Fahrbahn auch makadamisiert werden. In diesem Falle ist der zu Gebote stehende grobe oder kleine Schotter schichtenweise aufzutragen und zu überwalzen und die Schotterschichte in dieser Weise auf die vergleichene Höhe, bei Landesstraßen von 25 bis 30 *cm*, bei Bezirksstraßen von 20 bis 25 *cm* zu bringen. Ferner ist die makadamisierte Fahrbahn mit Bordsteinen zu versehen, um das Ausweichen des Schotters bei dessen Überwalzung hintanzuhalten. Die so hergestellte Straße ist mit einem Überzuge von reschem Sande zu bedecken und bei feuchter Witterung oder nach künstlicher Befechtung so lange zu walzen, bis eine ebene und feste Fahrbahn hergestellt ist.“

Zwischenräume zwischen dem Kies gut auszufüllen und letzteren besser zu binden, bedeckt man ihn mit einer Schichte Lehm oder stark lehmigem Sand.

d) **Pflasterung.**

Bei Straßen, welche durch Ortschaften führen, ist als weitere Art der Befestigung die Pflasterung zu nennen. Hiezu sind möglichst regelmäßig geformte, prismatische, harte und dauerhafte aber nicht glatte Steine notwendig, von etwa 15 *cm* Höhe und 120 bis 400 *cm*² Grundfläche. Ist der Untergrund sehr fest, so genügt zum Versetzen des Pflasters eine 8 bis 10 *cm* hohe Sandschichte. Ist aber der Untergrund nachgiebig, so gibt man dem Pflaster als Unterlage erst eine 15 bis 30 *cm* hohe Schichte von Kies oder Steinschutt, welche festgestampft oder gewalzt wird. Darüber kommt dann erst die Sandschichte, in welche das Pflaster gesetzt wird. Die Pflasterung geschieht reihenweise so, daß die Stoßfugen jeder Reihe durch die Steine der folgenden Reihe gedeckt werden. Die Steine werden möglichst dicht aneinander gesetzt, ihr unteres Ende ganz in Sand eingebettet und auch die Fugen zwischen den Steinen mit Sand ausgefüllt. Ist das Pflaster fertig, so wird darüber etwa 1 *cm* hoch Sand ausgebreitet, mit einem Besen in die Fugen getrieben, und schließlich das Pflaster mit Wasser begossen und mit einer Handramme von 20 bis 40 *kg* Gewicht festgestampft.

In größeren Städten verwendet man zur Pflasterung gegenwärtig immer häufiger regelmäßige Holzwürfel, welche auf einer 20 bis 25 *cm* hohen festgewalzten Kiesunterlage in eine 5 *cm* hohe Sandschichte verpflastert werden.

Ferner wäre das in größeren Städten häufig angewendete Asphaltpflaster zu nennen, welches in einer Stärke von 4 bis 5 *cm* als „Stampf-asphalt“ auf einer 10 bis 15 *cm* hohen Betonunterlage hergestellt wird.

e) **Befestigung mit Holz.**

Bei Waldwegen war in früherer Zeit die Befestigung der Fahrbahn durch Holz sehr gebräuchlich. Heute dürfte das wohl seltener mehr vorkommen, und es rechtfertigt sich nur bei vollständigem Steinmangel in holzreichen Gegenden bei sehr geringen Holzpreisen, oder in sumpfigem Boden, wo die Steindecke immer wieder versinkt.

Bei den Prügel- oder Knüppelwegen wird die Fahrbahn aufgehoben und in die Vertiefung werden zwei bis drei Rundhölzer von 15 bis 20 *cm* mittlerem Durchmesser in der Richtung der Wegachse gelegt (Fig. 284).



Fig. 284.

Senkrecht darüber werden dicht aneinander runde oder halbrunde Schalhölzer gelegt von einer Länge, welche gleich ist der Wegbreite. An beiden

Enden werden sie durch darüber genagelte Latten befestigt und schließlich kommt darüber eine Kies- oder Sandschichte.

Statt der Schalhölzer können auch Faschinen quer über den Weg gelegt werden (Fig. 285). Hierunter versteht man Bündel von schlanken Gerten, am besten Stocktrieben, von verschiedenen Holzarten. Diese Bündel

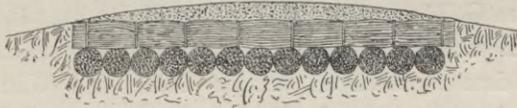


Fig. 285.

haben einen Durchmesser von zirka 15 bis 30 *cm*, sind in Abständen von zirka 25 *cm* mit Weidenruten fest zusammengebunden und haben eine Länge gleich der Wegbreite. Ist der Boden nicht allzu weich, so genügt eine Lage solcher Faschinen, welche quer über den Weg, dicht aneinander und zwar immer Stock- und Zopfende wechselnd gelegt werden. Bei sehr weichem Boden legt man zwei bis drei Lagen Faschinen, immer eine Lage in der Richtung des Weges, die zweite quer darüber. Die oberste Lage muß aber immer quer über den Weg liegen und wird mit Kies oder Sand bedeckt.

5. Bauten zur Wasserableitung.

Um den Weg in festem fahrbarem Zustande zu erhalten, ist es vor allem nötig, daß er möglichst trocken bleibt. Es muß daher das durch Niederschläge auf den Weg gelangende oder das im Untergrunde aufsteigende Wasser rasch abgeleitet werden. Es kommt aber auch häufig vor, daß der Weg einen kleineren oder größeren Wasserlauf kreuzt, dann muß dieser über oder unter dem Weg durchgeführt werden.

Das auf den Weg fallende Niederschlagswasser wird zunächst durch die Wölbung der Wegkrone nach beiden Seiten zum Abfließen gebracht. Zur weiteren Fortleitung sind die Seitengräben nötig. Wird ein Weg ganz in einem Einschnitte oder in der Ebene hergestellt, so sind auf jeder Seite Gräben nötig. Führt der Weg an einem Abhang, sodaß eine Seite im Auftrag, die andere im Abtrag liegt, so ist nur ein Graben an der Bergseite nötig, um das den Abhang herabströmende Wasser aufzufangen und vom Wegkörper abzuhalten. Nur wenn der Weg ganz durch Auftrag hergestellt ist und die Krone mindestens 40 *cm* über dem Terrain liegt, können die Gräben fortbleiben. Die Herstellung der Gräben geschieht gleichzeitig mit dem Herstellen des Planums, d. i. mit den Auf- und Abtragsarbeiten. Die Breite und Tiefe der Seitengräben richtet sich nach der Menge des aufzunehmenden Wassers. In der Regel nimmt man die obere Breite zwischen 0.5 und 1.5 *m* an, die Sohle muß so tief liegen, daß sie unter allen Umständen tiefer liegt, als die Sohle des Steinbettes. Es wird daher zumeist

eine Tiefe von 0·3 bis 0·5 *m* genügen. Die Grabenwände erhalten in der Regel eine einfache Böschung, sodaß die Sohlenbreite 0·15 bis 0·4 *m* beträgt.)*

Jeder Graben muß Gefälle erhalten, selbst dann, wenn das Längsenprofil der Wegkrone ganz horizontal ist, damit das Wasser ablaufen kann und nicht stehen bleibt. Das Gefälle muß mindestens 0·1 bis 0·2‰ betragen. Hat der Weg ein bedeutendes Gefälle, so hat selbstverständlich auch die Grabensohle dieses Gefälle, und es sind dann die Grabenwände und Grabensohle sehr der Beschädigung durch die Gewalt des strömenden Wassers ausgesetzt. Um dem vorzubeugen, werden Sohle und Wände mit Rasenplaggen belegt, oder man legt die Grabensohle terrassenförmig an, um ein geringeres Gefälle zu erhalten (Fig. 286). Selbstverständlich müssen aber



die Stufen durch Pflasterung geschützt werden, oder man legt wenigstens, besonders bei Waldwegen, ein Holzscheid quer in die Grabensohle, welches durch Pföcke festgehalten wird (Fig. 287). Diese Befestigungen sind aber



nur dann nötig, wenn man nicht von Zeit zu Zeit das Wasser aus dem Graben an der Bergseite entweder unter, oder über den Weg, gegen die Talseite hin, ableiten kann. Diese Ableitung ist aber sehr notwendig, damit nicht bei zu großem Wasserzufluß, den der Graben nicht schnell genug abführen kann, eine Stauung und Überflutung des Wegkörpers stattfindet. Diese seitliche Ableitung geschieht durch Quermulden und Kanäle.

Die Gräben können auch durch gepflasterte Rigole, Rinnen oder Mulden ersetzt werden (Fig. 288). Dies wird besonders dann geschehen,



wenn man Bruchsteine im Überfluß hat oder wenn der Weg schmal ist,

*) Das mehrmals erwähnte Straßen-Administrations-Gesetz für Böhmen bestimmt bezüglich der Straßengräben im § 38, Absatz d) für Landesstraßen eine Sohlenbreite des Grabens mit 0·5 *m* und für die Seitenwände eine Böschung von 35 bis 45°, ferner im § 39, Absatz d) für Bezirksstraßen eine Sohlenbreite des Grabens von 0·40 *m* und für die Seitenwände eine Böschung von 35 bis 45°.

so daß diese Mulden auch zum Ausweichen benützt werden können, ferner wenn an der Bergseite eine Futtermauer errichtet wird, oder endlich wenn der Weg durch Ortschaften führt.*)

In sumpfigem oder moorigem Boden würden die Grabenwände selbst bei sehr sanfter Böschung nicht halten, sondern immer wieder nachrutschen. In diesem Falle werden die Grabenwände vertikal abgestochen und sofort mit 8—10 *cm* starken runden Waldlatten verschalt, welche von 2 zu 2 *m* durch vertikal eingeschlagene Pfähle von 10 bis 15 *cm* Stärke mit Querstreben festgehalten werden (Fig. 289).

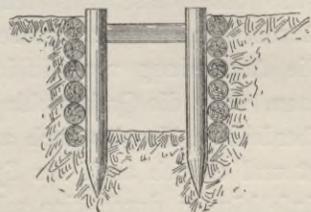


Fig. 289.

Hat ein Weg eine harte, feste und glatte Oberfläche, so wird das Regenwasser, wenn der Weg gehörig gewölbt ist, rasch nach beiden Seiten in die Gräben ablaufen, selbst wenn das Längenprofil des Weges Gefälle zeigt. Ist aber die Oberfläche des Weges rau und bilden sich tiefere Gleise, so bleibt in diesen das Wasser stehen oder wenn der Weg Gefälle hat, strömt das Wasser in den Gleisen nach der Richtung des Weges abwärts. Je weiter in dieser Weise das Wasser fließt, desto größere Mengen sammeln sich an, und bei starkem Gefälle kann durch die Gewalt dieses fließenden Wassers die Wegkrone sehr beschädigt werden. Man muß daher verhindern, daß das Wasser in den Gleisen ungehindert nach abwärts fließen kann, indem man es stellenweise seitwärts in die Straßengräben ableitet. Dies geschieht durch die Quermulden. Hierunter versteht man flache, rinnenartige Vertiefungen, welche den Weg unter einem Winkel von 70 bis 80° mit seiner Längsrichtung quer gegen die Talseite durchschneiden. Auf der Bergseite erhalten diese Rinnen am Rande des Weges eine Tiefe von 6 bis 8 *cm*, dagegen auf der Talseite eine Tiefe von 9 bis 12 *cm*. Die Breite der Mulde beträgt 40 bis 60 *cm*. Durch diese Mulden wird das in der Richtung des Weges herabfließende Wasser aufgehalten und seitwärts geführt. Die Mulden werden in Entfernungen von 120 bis 150 *m* voneinander angelegt, bei starkem Gefälle des Weges aber unter Umständen noch viel näher, etwa 60 *m* voneinander. Die Mulden müssen natürlich auch gegen die Zerstörung durch das fließende Wasser gesichert werden, indem man sie ausplästert oder doch wenigstens mit Kies oder Schotter auslegt. Besonders ist die untere Seite gut zu befestigen. Bei einfachen

*) § 41 des Straßen-Administrations-Gesetzes für Böhmen lautet: „Falls infolge örtlicher Verhältnisse in den Ortschaften die Durchfahrtsstraße in einer geringeren als der in den §§ 38 und 39 vorgezeichneten Breite angelegt werden mußte, so sind statt der Straßengräben gepflasterte Rinnsole (Rigole) für den Wasserabzug anzulegen; außerdem sind aber auch insbesondere bei einem lebhaften Verkehre abgeordnete Schotter- und Kotablagerungsplätze auf Kosten der beteiligten Gemeinde zu ermitteln.“

Waldwegen mit gar nicht befestigter Oberfläche wird der untere Muldenrand durch eine eingegrabene und durch eingeschlagene Pflöcke festgehaltene runde Stange befestigt.

Solche Quermulden, jedoch von größerer Breite und Tiefe und gut ausgepflastert, werden auch angewendet, um von Stelle zu Stelle das Wasser aus dem Seitengraben der Bergseite gegen die Talseite über den Wegkörper hinwegzuführen, denn wie schon erwähnt wurde, ist es notwendig, stellenweise das Wasser aus dem Graben der Bergseite gegen die Talseite zu führen, um einer zu großen Wasseransammlung im Graben vorzubeugen. Die Anwendung von Mulden zu diesem Zwecke empfiehlt sich besonders dann, wenn die Grabensohle nicht tief liegt und wenn zur Herstellung eines überdeckten Kanales auch auf der Talseite nicht die nötige Höhe vorhanden ist und endlich auch aus Sparsamkeitsrücksichten. Ja selbst kleine Wasserläufe können durch eine solche, solid ausgepflasterte Mulde über den Weg geführt werden.

Sonst aber ist es immer vorteilhafter, zur Überführung des Wassers von der Berg- gegen die Talseite gedeckte Durchlässe, Kanäle oder Dohlen anzuwenden. Diese werden insbesondere überall da angebracht, wo starker Wasserandrang zu erwarten ist. Nach der Größe der zu erwartenden Wassermenge richtet sich auch die lichte Weite dieser Durchlässe. In den meisten Fällen genügt 0.5 bis 0.6 *m* Breite und ebensolche Höhe. Die Seitenmauern werden aus Bruchsteinen hergestellt, und zwar wenn man sehr große Steine zur Verfügung hat, einfach als Trockenmauerwerk, bei kleineren Steinen aber mit hydraulischem Mörtel. Die Mauern bleiben roh, d. h. ohne Verputz, nur die Fugen werden nach außen mit gutem hydraulischen oder Zementmörtel verschlossen. Zur Überdeckung des Durchlasses wendet man am besten Steinplatten an, welche eine solche Länge haben müssen, daß sie auf jeder Seite mindestens 15 *cm* aufliegen. Schließen die Steinplatten nicht dicht aneinander, so werden die Zwischenräume mit Stein splitter ausgekeilt, damit keine Erde durchrieseln kann. Die Sohle des Durchlasses wird dicht ausgepflastert, das Pflaster ist muldenförmig und erhält etwas Gefälle. Fig. 290 zeigt einen solchen Durchlaß im Querschnitt.

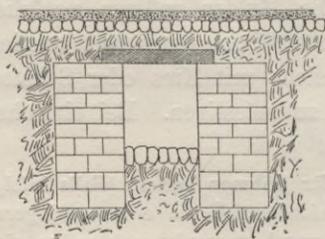


Fig. 290.

Erfordert der Durchlaß eine größere Weite, so daß man ihn mit Platten nicht mehr überdecken kann, so muß er überwölbt werden, wobei das Gewölbe 50 *cm* stark gemacht wird, oder man bringt einen Doppel-durchlaß an, indem man in der Mitte der Durchlaßöffnung einen Pfeiler auführt, wodurch zwei Öffnungen entstehen, von denen

jede mit Steinplatten überdeckt wird. Das gegen die Zuflußseite gerichtete Ende des Pfeilers wird abgerundet. Die Stärke der Seitenmauern beträgt bei niedrigen Kanälen bis 1 *m* lichter

Höhe 50 *cm*. Bei größerer Höhe werden die Seitenmauern mit Rücksicht auf ihre Höhe, sowie Stützmauern hergestellt.

Die Decke des Durchlasses, mögen es nun Platten oder ein Gewölbe sein, darf niemals von den Wagenrädern erreicht werden, sie muß daher mindestens 15 bis 20 *cm* unter der Sohle des Steinbettes liegen und mit Erdmaterial überdeckt sein.

Um ein Unterwaschen der Seitenmauern zu verhüten, müssen diese an den Enden mit kurzen Flügelmauern versehen sein, welche mit den Seitenmauern entweder einen rechten oder einen Winkel von 45° bilden. Seiten- und Flügelmauern müssen mindestens 50 *cm* unter die Sohle des Pflasters reichen. Tafel IV enthält die Pläne für zwei kleine Kanäle mit Plattenüberdeckung im Maßstabe 1 : 100 in farbiger Ausführung. Tafel V zeigt einen größeren, überwölbten Kanal in schwarzer Ausführung.

Wenn der Durchlaß dazu dient, das in dem einen Seitengraben sich ansammelnde Wasser unter dem Wegkörper hindurch auf die andere Seite zu führen, und wenn die Sohle des Durchlasses bedeutend tiefer liegt als die Grabensohle, so muß das Wasser aus dem Graben in den Durchlaß durch einen „Hals“ oder „Einfalltrichter“ geleitet werden. Hierunter versteht man einen von der Grabensohle nach unten bis zur Kanalsohle gehenden, senkrechten, ummaurten und gut abgepflasterten Schacht (siehe Tafel IV). Wenn ein Durchlaß nicht auf gewachsenem Boden, sondern hoch in der Böschung ausmündet, was jedoch stets möglichst zu vermeiden ist, so muß von dem Ende des Durchlasses über die Böschung hinunter bis auf den gewachsenen Boden eine ausgepflasterte, muldenförmige Rinne hergestellt werden, um ein Zerreißen des Dammes durch das ausfließende Wasser zu verhüten.

In neuerer Zeit benützt man für Durchlässe, besonders bei Mangel an Steinen auch Ton-, Zement- oder gußeiserne Röhren, welche quer durch den Wegkörper gelegt werden. Je nach der zu erwartenden Wassermenge legt man eine, zwei oder drei nebeneinander.

Bei einfachen Waldwegen, bei vorhandenem Steinmangel und wenn man das Wasser nicht durch Quermulden über den Wegkörper führen will, kann man auch hölzerne Durchlässe konstruieren. Zu diesem Zwecke werden vier entsprechend lange 6 bis 8 *cm* starke Pfosten aus Eichen- oder harzreichem Lärchen- oder Kiefernholz zu einem Kasten zusammengenagelt, der quer durch den Wegkörper gelegt wird. Oder es werden die Seitenwände des Durchlasses aus horizontal übereinander gelegten Stangen hergestellt, welche durch vorgeschlagene Pfähle und Zangen festgehalten werden. Zur Überdeckung werden Schalhölzer verwendet, worüber dann eine Schotter-schichte kommt.

Wenn ein Weg auf sumpfigem Boden angelegt werden muß, so muß für die Trockenlegung des Weges durch die „Sickerdohlen“ gesorgt werden. Es muß aber in diesem Falle der Boden etwas Gefälle haben und

darf nicht ganz horizontal sein. Diese Sickerdohlen werden angelegt, ehe man noch mit der Aufschüttung beginnt. Unterhalb des Wegrandes auf der tieferen Seite beginnt man einen Graben nach oben herzustellen, sodaß das vorhandene Wasser abfließen kann. Von diesem Graben gehen auch noch Seitengräben nach oben. Alle diese Gräben werden dann mit großen Steinen so lausgefüllt, daß zwischen diesen möglichst große Zwischenräume bleiben. Hat man keine Steine, so könnte auch sperriges Reisig oder Dornengestrüpp verwendet werden, oder jedenfalls besser die gewöhnlichen Drainröhren. Dann werden die Gräben wieder zugeschüttet, und durch die verbleibenden Hohlräume kann das Wasser abfließen. Diese Sickerdohlen müssen, wo es nötig ist, in kurzen Abständen voneinander angebracht werden.

6. Anlagen zur Sicherheit.

Bei Wegen, welche an einem steilen Abhänge oder neben einem Gewässer hinführen, sowie überhaupt auf höheren Dämmen müssen Schutzvorrichtungen angebracht werden. Die größte Sicherheit bieten jedenfalls Brüstungsmauern, welche in einer Stärke von 45 *cm* und einer Höhe von 75 bis 90 *cm* über der Straße hergestellt werden. Sie sind aber sehr kostspielig, und man wird sie daher nur dort anwenden, wo die dazu nötigen Bruchsteine unmittelbar an Ort und Stelle vorhanden sind. Besonders wendet man sie gern über den Stützmauern als deren Fortsetzung an, oder über den Kanälen. Bei sehr großen und schweren Steinen können sie als Trockenmauern hergestellt werden, bei welchen bloß die Fugen von außen mit einem guten hydraulischen Mörtel verstrichen werden. Um den Wasserabfluß nicht zu hindern, muß von 5 zu 5 *m* Entfernung eine etwa 25 *cm* im Quadrat messende Öffnung in der Mauer bleiben. Oben wird die Mauer mit zugehauenen Platten abgedeckt.

Statt der vollen Mauern werden zumeist nur zugehauene steinerne Säulen in Entfernungen von 1·5 bis 2·5 *m* voneinander aufgestellt, welche etwa 0·5 *m* tief in die Erde gesetzt werden und über diese 0·75 bis 1 *m* emporragen. Diese Säulen, die aus einer harten, festen Gesteinsart sein müssen (Granit, Syenit, Säulenbasalt u. dgl.), kann man auch in Entfernungen von 4 bis 6 *m* aufstellen und durch eiserne Stangen, alte Eisenbahnschienen oder Holzriegel miteinander verbinden und so eine Barriere herstellen.

Bei Waldwegen wird man wohl oft eine ganz hölzerne Barriere herstellen, indem von 4 zu 4 *m* Entfernung hölzerne Säulen aufgestellt werden, welche man durch runde Latten verbindet.

Auch Baumpflanzungen an den Rändern des Weges tragen zur Sicherheit und außerdem zur Verschönerung des Weges bei. Im freien Felde werden zumeist Obstbäume gepflanzt. Von Waldbäumen empfehlen sich Linden, Eschen, Ahorne, Pappeln, Eichen, Vogelbeeren. Im Walde würden Obstbäume nicht gedeihen und auch nicht zur Umgebung passen. Im Nadelwalde wählt man gerne eine andere als die bestandbildende Holzart, also z. B.

Lärchen, Birken, Vogelbeeren, Eichen, besonders *Quercus rubra* und ähnliche. Auch im Laubwalde ist eine andere Holzart vorzuziehen als die dominierende, vielleicht selbst Lärchen.*)

D. Die Wegerhaltung.

Wenn man einen neugebauten Weg nach seiner Fertigstellung dem Verkehre übergeben und nichts weiter für dessen Erhaltung vorkehren würde, so würde selbst aus der besthergestelltem Straße in kürzerer oder längerer Zeit ein schlechter, kaum fahrbarer Weg entstehen. Ganz besonders er-

*) Bezüglich der Schutzvorrichtungen enthält das mehrfach erwähnte Straßen-Administrations-Gesetz für Böhmen folgende Vorschriften:

§ 42. An höheren Straßendämmen sind zur Erzielung der nötigen Sicherheit des verkehrenden Fuhrwerkes Sicherheitssteine von 1 bis 1 25 *m* Höhe in Entfernungen von 1 75 bis 2 5 *m* zu setzen. Auf besonders hohen Dämmen oder längs der Flüsse, Bäche, Teiche, Schluchten und steilen Abhänge sind die Sicherheitssteine dichter und zwar in Entfernung von 1 bis 1 75 *m* voneinander zu setzen oder starke Barrieren anzubringen.

Bäume ersetzen die Sicherheitssteine oder Barrieren dann, wenn sie eine Stärke von 9 bis 10 *cm* erreicht haben und in der oben vorgeschriebenen Distanz der Sicherheitssteine voneinander stehen.

Dort, wo lebende Zäune angelegt werden, welche jedoch die Sicherheitssteine nicht ersetzen, sind die ersteren unter der Schere zu halten, Baumsetzlinge aber hochstämmig zu ziehen und die eingegangenen sorgfältig und tunlichst stark nachzupflanzen.

§ 43. Alles Kalkmauerwerk auf Straßen ist in solid gearbeitetem Rohbaue, dessen Fugen mit Zement oder hydraulischem Kalke zu verstreichen sind, auszuführen. Mörtelverputz darf nur ausnahmsweise und dort angewendet werden, wo die Qualität der Ziegel oder Bruchsteine den Schutz des Anwurfes notwendig macht und wo besseres Baumaterial nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten zu beschaffen ist. Lehm-mauerwerk darf nicht angewendet werden.

§ 45. Auf allen Landesstraßen haben die politischen Gemeinden, jede auf ihrem Territorium die Pflanzung der Alleen zu besorgen. Ein gleiches hat auf den Bezirksstraßen zu geschehen, insofern der Bezirksausschuß nicht aus Rücksichten auf deren geringe Breite oder andere Umstände eine Abweichung davon beschließt. Im letzteren Falle hat der Bezirksausschuß die Anrainer dahin zu vermögen, daß sie solche Alleen jenseits des Straßengrabens anpflanzen und erhalten. Die Nutzungen der Straßenalleen stehen jenen Gemeinden zu, welche sie gepflanzt haben und erhalten. Durch diese Anordnung bleibt jedoch der, anderen Personen oder Korporationen zustehende Besitz der bereits bestehenden Alleen unberührt, jedoch haben diese derlei Alleen immer nachzupflanzen, falls sie es nicht vorziehen, zu Gunsten der politischen Gemeinden auf ihr diesfälliges Recht zu verzichten.

Bei neuen Anpflanzungen sollen die Allee-bäume in Distanzen von 8 *m* auf den Kanten der Straßenbankette oder aber auf einer und derselben Straße durchgehends hinter den Straßengraben gesetzt werden. Es sind für diesen Zweck je nach der Beschaffenheit des Bodens und der klimatischen Verhältnisse Obst- und Maulbeer-bäume zu wählen. Die Setzlinge müssen gesund, gerade gewachsen und mindestens 3 *cm* stark sein; sie sind möglichst hoch zu ziehen, damit sie die Passage nicht belästigen, und sind mit den tunlichsten Schutzmitteln gegen Beschädigung und Windstrich zu versehen. Wenn eine Straße längs der Grenze zweier Gemeinden hinzieht, so obliegt jeder Gemeinde auf ihrer Seite die Pflanzung und Erhaltung der Allee-bäume.

fordern neugebaute Wege in der ersten Zeit ihrer Benützung große Aufmerksamkeit und Sorgfalt, indem durch das verkehrende Fuhrwerk, durch Regen- und Schneewasser etc. Beschädigungen entstehen, die sofort beseitigt werden müssen, damit der Weg immer im normalen Zustande erhalten wird. Hierzu ist vor allem nötig, jedes Übermaß von Nässe fernzuhalten, bezw. schnellstens abzuleiten. Es müssen daher die Seitengräben, Kanäle und Quermulden öfter revidiert und von Gerölle u. s. w. gereinigt werden. Besonders ist bei heftigen Regengüssen sofort Nachschau zu halten, ebenso beim Schneeabgange. Das in den Gleisen und etwaigen Vertiefungen sich sammelnde Wasser muß durch ganz schmale Rinnen, die mit der Haue quer über die Bankette eingehauen werden, in die Seitengräben abgeleitet werden.

Bei neugebauten Wegen mit Schotterdecke werden durch die Fuhrwerke stets hie und da einzelne Steine herausgefahren. Diese müssen so bald als möglich wieder eingereicht werden, ehe sich vollständige Gleise bilden können. Mit der Zeit ist die Bildung von Gleisen und mancherlei Vertiefungen unvermeidlich; diese müssen mit frischem Schotter ausgefüllt und stets die normale Wölbung der Fahrbahn erhalten werden. Aber auch die ganze Deckschicht aus kleingeschlagenem Schotter wird mit der Zeit bedeutend abgenützt, sie muß daher durch zeitweises Aufbringen von kleinem Schotter über die ganze Breite der Fahrbahn immer wieder auf ihre ursprüngliche Höhe gebracht werden, damit niemals das Sturzpflaster zu Tage tritt. Es muß daher stets eine entsprechende Menge kleingeschlagenen Schotters im Vorrat sein, welcher in prismatischen Haufen von 0.5 bis 1 m^3 auf den Banketten oder bei schmalen Wegen auf besonderen Vorratsplätzen aufgeschichtet wird. Die zur Instandhaltung der Straßen pro Jahr nötige Schottermenge richtet sich nach der Frequenz und nach der Beschaffenheit des Schotters. Bei geringer Frequenz und gutem, hartem Material wird man per 100 m Straßenlänge mit 5 bis 10 m^3 auskommen können, vielleicht mit noch weniger. Bei stärkerer Frequenz wird man schon 12 bis 15 m^3 und bei starker Frequenz und schlechterem Materiale vielleicht bis 20 oder 25 m^3 brauchen. Man kommt immer besser weg, wenn man das härteste und beste Steinmaterial, das man haben kann, für den Schotter wählt, selbst wenn man größere Brech- und Fuhrlöhne zahlen müßte.

Kleine Reparaturen der Fahrbahn mit Schotter nimmt man am besten unmittelbar nach einem stärkeren Regen vor, so lange noch das Wasser in den Vertiefungen steht, weil man diese so am besten erkennt. Größere Mengen von Schotter werden ebenfalls bei feuchtem Wetter, am besten im Herbst aufgebracht, damit er sich besser mit der alten Unterlage verbindet. Vor jedem Aufbringen von Schotter muß aber vorher der vorhandene Kot und Schlamm sorgfältig abgekratzt werden.

Wenn sich auf breiten Wegen schon anfangen, Gleise zu bilden, so verhindert man die Bildung tieferer Gleise dadurch, daß man die Fuhrwerke zwingt, die Gleise zu verlassen und andere Stellen des Weges zu befahren.

Zu diesem Zwecke werden über die schon in Bildung begriffenen Gleise große Steine gelegt. Auf öffentlichen Wegen müssen aber diese Steine des Abends beseitigt werden, damit nicht ein Unfall geschieht.

Die meiste Aufmerksamkeit erfordern stets jene Strecken, welche ein starkes Gefälle haben, da diese am meisten beschädigt werden.

Am meisten sind solche Wege der Beschädigung ausgesetzt, welchen eine Befestigung der Fahrbahn durch eine Steindecke fehlt. Hier bilden sich bei anhaltend feuchtem Wetter sehr tiefe Gleise und Löcher, wodurch der Weg vielleicht ganz unfahrbar werden kann. Auch bei diesen Wegen muß man deshalb darauf achten, die ursprüngliche Wölbung der Wegkrone zu erhalten und für raschen Abfluß des Wassers zu sorgen. Die entstandenen Gleise und Löcher werden am besten mit Schotter ausgefüllt, denn ein einfaches Einebnen würde nicht viel nützen. Bei anhaltend nassem Wetter ist es am besten, wenn es angeht, solche Wege vollständig zu sperren.

Nebst der Fahrbahn müssen aber auch die übrigen Teile des Wegkörpers, besonders alles vorhandene Mauerwerk, gefährliche, befestigte Böschungen, Pflasterungen u. s. w. zeitweise sorgfältig untersucht und alle entdeckten Schäden sofort wieder gut gemacht werden.

Am besten ist es, für die ständige Aufsicht und Pflege der Straßen besondere Straßeneinräumer anzustellen, von denen jeder eine Strecke von 6 bis 8 Kilometer zugewiesen bekommt.

IV. Teil. Wald- und Feld-Eisenbahnbau.

A. Einleitung.

Das Holz ist eine Ware, welche bei großem Umfang und Gewicht einen verhältnismäßig kleinen Wert hat. Die Produktionsstätte des Holzes, der Wald, ist von den Verbrauchsorten des Holzes zumeist weit entfernt und nimmt in gebirgigen Ländern die höheren Lagen ein, sodaß in der Regel ein weiter und oft schwieriger Transport des Holzes nötig ist. Man muß daher bestrebt sein, den Transport des Holzes möglichst billig zu gestalten. Aus diesem Grunde hat man in früheren Jahrhunderten den Transport des Holzes zu Wasser eingeführt, der ja auch heute noch in Form der gebundenen Flößerei von enormer Bedeutung ist. Insbesondere in Österreich wurden zu Ende des 18. und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts großartige Bauwerke für die Zwecke des Holztransportes zu Wasser errichtet. Heute sind aber viele dieser oft mit großem Kostenaufwande errichteten Bauwerke unbenützt, weil durch die Anlage eines entsprechenden Wegenetzes in den betreffenden Waldungen eine rationellere, mit weniger Verlust verbundene und daher billigere Ausbringung des Holzes möglich geworden ist. Das Übergewicht über den Wassertransport kann aber der Transport des Holzes auf Wegen nur dann erlangen, wenn gute Wege vorhanden sind, mit glatter harter Fahrbahn, sodaß wegen der sehr verminderten Reibung große Massen billig transportiert werden können. Die Verminderung der Reibung wird am vollkommensten beim Lauf eines glatten eisernen Rades auf einer glatten eisernen Schiene erreicht. Hierin liegt der große Vorzug der Eisenbahnen. Während man die Eisenbahn als „Rollbahn“ im Bergbaubetriebe schon seit Jahrhunderten benützt, hat sie erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in den Wald Eingang gefunden, um hier unter geeigneten Verhältnissen entweder an Stelle der Waldwege zu treten, oder gleichzeitig mit letzteren den Holztransport zu übernehmen.

Die Wald- und Feldeisenbahnen können entweder ein festes Gleis haben, oder sie können eine transportable Bahn mit fliegendem Gleis sein. Es bedarf keiner umständlichen Erklärung, daß feste Gleisstrecken etwa wie ein Weg zur dauernden Verbindung weiter entfernter Punkte angelegt werden, z. B. zur Verbindung eines Sägewerkes, oder anderer industrieller Unternehmungen, eines Torfstiches oder eines Waldkomplexes

mit einer Eisenbahnstation. Fliegende Gleise dagegen werden im Anschluß an die feste Gleisstrecke an dem Arbeitsorte selbst gelegt, wenn sie nur vorübergehend benützt werden sollen, um das Material vom Erzeugungsorte auf die feste Gleisstrecke zu bringen. So kann im Holzschlage ein fliegendes Gleis zu jedem Klotz, zu jedem Stoß Brennholz gelegt werden. Fliegende Gleise allein finden Anwendung bei mancherlei Bau-, insbesondere Erd- und Wasserbau-Arbeiten.

Die Anlage fester Gleisstrecken rentiert sich umso mehr, je größere Massen ununterbrochen in der gleichen Richtung zu transportieren sind. Bei großen Waldkomplexen, welche erst aufgeschlossen werden sollen, deren Erzeugnisse nur nach einer Richtung hin, z. B. nach einer Eisenbahnstation zu schaffen sind, dürfte die Anlage einer Waldeisenbahn besser rentieren, als ein gutes Wegenetz. Besonders vorteilhaft ist in diesem Falle die Anlage einer Eisenbahn, wenn das Terrain derart beschaffen ist, daß die beladenen Wagen nur sanft bergab zu fahren haben und daher selbst rollen, während eine Zugkraft, etwa ein Pferd, nur zur Heraufbeförderung des leeren Wagenzuges nötig wird. Ein Lokomotivbetrieb auf den festen Gleisstrecken rentiert sich nur dann, wenn schon ganz große Massen ununterbrochen auf einer sehr langen Strecke zu befördern sind. Für Wald- und Feldeisenbahnen werden Lokomotiven von 30 bis 50 *HIP* mit 6 bis 10 *t* Dienstgewicht verwendet.

Einer sorgfältigen Erwägung bedarf die Spurweite, d. h. der normale Abstand der zwei Schienenstränge, zwischen den Schienenköpfen gemessen. Je größer die Spurweite ist, desto sicherer ist der Betrieb, denn bei kleinen Spurweiten ist besonders in den Kurven die Gefahr des Umkippens der Wagen groß. Auch die Leistungsfähigkeit der Bahn wächst mit der Spurbreite; mit dieser wachsen aber auch die Kosten des Baues. Für feste Gleise würde sich wohl eine größere Spurweite empfehlen, für die fliegenden Gleise ist jedoch eine größere Spurweite sehr hinderlich. Da es von Wichtigkeit ist, daß mehrmaliges Umladen der Wagen vermieden werde, so müssen feste und fliegende Gleise die gleiche Spurweite bekommen, und daher schmalspurig gebaut werden. Als normale Spurweite bezeichnet man die Spurweite der dem öffentlichen Verkehre dienenden Hauptbahnen, welche von England herübergenommen wurde und 1.436 *m* beträgt. Alle Bahnen mit geringeren Spurweiten nennt man schmalspurige Bahnen. Letztere haben sehr verschiedene Spurweiten, am häufigsten findet man 1.000, 0.760, 0.700, 0.600 und 0.500 *m*. Am verbreitetsten für Wald- und Feldeisenbahnen ist die Spurweite von 0.760 und 0.600 *m*.

B. Der Bau fester Gleisstrecken.

I. Die Trassierung und Projektverfassung.

Bei der Feststellung der Linienrichtung der festen Gleisstrecken ist mit Rücksicht auf möglichste Betriebssicherheit und geringste Abnutzung der Wagen vornehmlich auf möglichste Festhaltung gerader Richtungen zu sehen. In ebenen Waldungen mit langen geraden Einteilungslinien dürften sich diese sehr gut für die Bahnlinie eignen.

Ein weiterer wichtiger Umstand, der bei der Feststellung der Bahnlinie nicht zu übersehen ist, ist das Gefälle. Mit Rücksicht auf möglichste Billigkeit des Baues müssen umfangreiche Erdbewegungen tunlichst vermieden und die Bahnlinie möglichst dem Terrain angeschmiegt werden. Die Bahnlinie soll auch womöglich so geführt werden, daß die beladenen Wägen stets bergab rollen können und es soll daher Gegengefälle soviel als möglich vermieden werden. Das Gefälle darf aber auch ein gewisses Maximum nicht überschreiten, damit die beladenen, selbst bergab rollenden Wagen durch mäßige Bremsung in angemessener, mäßiger Geschwindigkeit erhalten werden können. Durch zu starkes Anziehen der Bremsen würden Wägen und Gleis zu viel leiden und auch die Betriebssicherheit würde durch zu starkes Gefälle nachteilig beeinflußt werden. Endlich gestaltet sich bei zu starkem Gefälle die Hinaufbeförderung der leeren Wagenzüge durch eine Zugkraft beschwerlich. Das Gefälle der Wald- und Feldeisenbahnen sollte daher im allgemeinen 3 bis 4⁰/₀ nicht übersteigen und nur ausnahmsweise auf kurze Strecken sollte noch 5⁰/₀ zulässig sein.

Es bedarf wohl auch nicht besonderer Erwähnung, daß das Gefälle möglichst gleichmäßig verteilt sein soll und daß starker Wechsel im Gefälle unbedingt vermieden werden muß.

Die geraden Strecken müssen bei einer Änderung der Richtung durch Kurven verbunden werden. Für die Sicherheit des Betriebes sind Kurven von größerem Halbmesser den scharfen Kurven vorzuziehen, doch wird man oft gezwungen sein, den geringsten zulässigen Halbmesser zu wählen. Dieser hängt nicht nur von der Beschaffenheit der Wagen und der Länge des zu transportierenden Holzes ab, sondern auch von der Anzahl der Wagen, welche zu einem Wagenzuge vereinigt werden sollen, und endlich auch von der Größe der Fliehkraft (Zentrifugalkraft), welche der fahrende Wagen in der Kurve erreicht.

Bezeichnet man mit F die Fliehkraft, mit Q das Gewicht des Wagens samt Ladung in Kilogramm, mit v die Geschwindigkeit in Metern in der Sekunde, mit g die Akzeleration der Schwere ($9.81 m$) und mit r den Halbmesser in Metern, so ist pro Achse

$$F = \frac{Q \cdot v^2}{2g \cdot r} \text{ oder bei einem zweiachsigen Wagen } F = \frac{Q v^2}{g \cdot r}.$$

Bezeichnet man ferner die Reibung des Wagens auf den Schienen mit R , das Gewicht des Bahnstranges mit G und den Reibungskoeffizienten

mit f (bei gußeisernen Rädern 0.018 bis 0.021), so ist $R = f (G + Q)$. Soll die Reibung der Fliehkraft das Gleichgewicht halten, soll also $R = F$

$$\text{so ist } \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot r} = f (G + Q) \text{ und hieraus } r = \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot f \cdot (G + Q)}.$$

Als kleinsten Krümmungshalbmesser kann man demgemäß bei Wägen mit Drehschemeln und einem Wagenzug von nur einem oder zwei Wägen 20 m , bei mehr als zwei Wägen dagegen 30 m annehmen. Bei Klotz- oder Langholz bis 8 m Länge, bei einem Wagen 50 m , bei mehreren Wägen 100 m , und bei längerem Holz bei einem Wagen 75, bei mehreren 150 m .

Bei der Absteckung der Linie beginnt man mit dem Bezeichnen der Winkelpunkte, nämlich derjenigen Punkte, in welchen sich die Verlängerungen der geraden Strecken schneiden. Bei größeren Eisenbahnbauten werden diese Winkelpunkte durch 3 bis 4 m lange Stangen bezeichnet, an welchen oben zwei sich rechtwinklig kreuzende kleine Brettchen befestigt sind. Die Stangen werden nicht direkt in den Boden gesteckt, sondern in eine aus Brettchen gefertigte, in die Erde versenkte, viereckige Röhre, um nach Bedarf das Signal entfernen und ein Meß-Instrument an dessen Stelle geben zu können.

Zwischen den Winkelpunkten werden dann die geraden Strecken abgesteckt, welche durch Kreisbögen verbunden werden, zu welchen die geraden Strecken Tangenten sind. Wegen der in den Kurven nötigen Spurerweiterung und Schienenüberhöhung auf der äußeren Seite der Kurve, welche nicht plötzlich eintreten dürfen, darf auch die gerade Strecke nicht unmittelbar in die Kurve von dem bestimmten Halbmesser übergehen, sondern es muß ein allmählicher Übergang durch die sogenannte Übergangskurve stattfinden. Die richtigste Übergangskurve ist eine solche, wo der Übergang vom Halbmesser ∞ beginnt, also eine kubische Parabel, doch erhält man auch eine ganz gute Übergangskurve, welche selbst bei einzelnen Hauptbahnen angewendet worden ist, wenn man sie aus einer Reihe von kurzen Kreisbögen mit immer kleiner werdendem Halbmesser zusammensetzt. Die einzelnen Kreisbögen können 5 m Länge haben und ihre Halbmesser können um 100 m verschieden sein. Soll z. B.

die Hauptkurve 300 m Halbmesser haben, so beginnt man von der geraden Strecke mit einem Kreisbogen von 5 m Länge und 1000 m Halbmesser, reiht daran weitere gleiche, 5 m lange Stücke von 900, 800, 700, 600, 500 und 400 m Halbmesser, woran sich dann die Hauptkurve mit 300 m Halbmesser anschließt. (Siehe Fig. 291). Dieser Vorgang genügt selbst für Hauptbahnen. Bei Wald- und Feldeisenbahnen, welche nicht mit Lokomotiven befahren werden und schärfere Krümmungen haben,

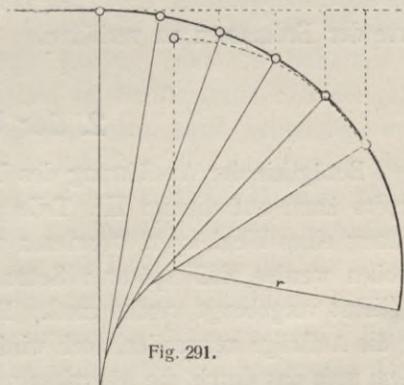


Fig. 291.

kann man auch gleich mit einem etwas kleineren Halbmesser als 1000 *m* beginnen. Es genügt, die Abszissen und Ordinaten der Trennungspunkte zu berechnen und abzustecken. Über die Absteckung von Bögen siehe den betreffenden Abschnitt im III. Teil.

Nachdem die Bahnlinie abgesteckt ist, wird sie in gleichen Abständen mit den Stationspflöcken versehen. Die Stationslänge beträgt bei größeren Bahnen stets 100 *m*. Bogenanfang und Bogenende werden durch Pflöcke bezeichnet, welche mit den Zeichen *BA* und *BE* versehen sind.

Nach der Auspendelung der Bahnlinie wird ein Längennivellement der Trasse durchgeführt und in dieses nicht nur die Stationspunkte, sondern auch alle Zwischenpunkte, in denen sich die Bodenneigung ändert, aufgenommen. Ferner werden in den Stationspunkten und nach Erfordernis auch zwischen diesen Querprofile aufgenommen. Hierauf wird ein Situationsplan, das Längenprofil und die Querprofile gezeichnet. In das Längenprofil wird die Nivellette der Bahnlinie mit roter Farbe eingezeichnet, ebenso in die Querprofile der Querschnitt des herzustellenden Bahnkörpers rot eingezeichnet. Im Übrigen kann die Ausführung des Längen- und der Querprofile so erfolgen, wie für einen Wegbau. Auch in den Situationsplan wird der Bahnkörper mit seinen Böschungen eingezeichnet und hiebei die Böschungen durch Schattierung gekennzeichnet, um Einschnitte von Aufdämmungen zu unterscheiden. Die Aufträge werden rot (oder grün), Abträge gelb (oder braun) angelegt. Steinkonstruktionen werden mit Zinnober, Holzkonstruktionen braungelb und Eisenkonstruktionen blau eingezeichnet. Die bereits bestehenden Objekte werden schwarz, alles neue mit roter Schrift bezeichnet.

Dies geschieht jedoch alles erst, bis das ganze Projekt definitiv festgestellt ist.

Nach Berechnung der Auf- und Abtragsflächen in den Querprofilen erfolgt die Berechnung der Erdmassen ganz in derselben Weise wie bei einem Weg-Projekte. Es ist selbstverständlich, daß man eine Ausgleichung der Auf- und Abtragsmassen u. zw. nicht nur im ganzen, sondern auch in den einzelnen Stationen anstreben muß, um die Notwendigkeit weiter Transporte der Erdmassen zu verhüten.

2. Der Unterbau.

Bezüglich der Ausführung des Unterbaues, d. h. Herstellung des Bahnkörpers kann auf die im III. Teile gegebenen Erläuterungen für die Herstellung eines Wegkörpers verwiesen werden. Es soll nur besonders hervorgehoben werden, daß späteren Setzungen des aufgeschütteten Bahnkörpers möglichst vorgebeugt werden muß. Man sollte also nur ganz festes Material für die Aufträge verwenden, doch wird man da freilich selten wählen können, indem man das durch die Abgrabung gewonnene Material wieder für die Aufschüttung verwenden muß. Man wird aber wenigstens vor der Aufschüttung

den Bodenüberzug, Baumwurzeln, die oberste humöse lockere Erdschichte etc. entfernen und wird diese Stoffe auch nicht in den Auftrag hineintun, da durch deren Verrottung Hohlräume und in deren Folge Setzungen entstehen würden. Das aufgeschüttete Material soll schichtenweise gestampft werden, und der Transport des Materiales soll immer über die Aufschüttung hinweggehen, um deren Setzung möglichst zu beschleunigen. Führt die Bahnlinie über moorigen, schlammigen Boden, so soll dieser womöglich unter dem aufzuschüttenden Dämme entfernt werden, um letzteren auf festem Boden herstellen zu können. Wäre dies nicht möglich, so wird der aufgeschüttete Damm in dem Moorboden versinken; man muß dann diese Setzung des Dammes bis zu einem festen Stande begünstigen, indem man zu beiden Seiten des Dammes etwa 1 *m* vom Fuße der Böschungen entfernt, 50 bis 60 *cm* breite, tief in den Schlammgrund reichende Gräben herstellt. In schlammigem Boden ist auch eine Fundierung des Dammes auf Faschinen zweckmäßig. Die Faschinenbündel, deren Länge gleich der Dammbreite ist, kommen in mehreren Lagen übereinander und immer dicht aneinander. Die unterste Lage muß senkrecht sein zur Bahnachse, darauf kommt eine zweite Lage, welche sich mit der ersten unter einem Winkel von 45° kreuzt, darüber eine dritte Lage parallel mit der Bahnachse, dann eine vierte Lage, welche mit der dritten Lage sich unter 45° kreuzt und welche senkrecht liegt gegen die zweite Lage. Die oberste, fünfte Lage liegt wieder senkrecht gegen die Bahnachse.

Die Kronenbreite des Dammes sowie die Breite des Bahnkörpers in Einschnitten soll der dreifachen, bei hohen Dämmen der vierfachen Spurweite entsprechen, also bei einer Spurweite von 0.760 *m* in der Regel 2.30 *m* betragen, nur bei höheren Dämmen wird die Kronenbreite bis 2.50 *m* sein müssen. Die Böschungen der Dämme und Einschnitte 1 bis 1½fach.

Auch hinsichtlich der Befestigung der Böschungen kann auf den „III. Teil, Wegbau“ verwiesen werden.

So wie für einen Fahrweg, ist es auch für den Bahnkörper notwendig, diesen möglichst trocken zu halten und alle Feuchtigkeit rasch abzuleiten. Liegt daher die Bahnlinie in einem Einschnitte oder in der Ebene, so müssen beiderseits Seitengräben angelegt werden, geht die Bahnlinie an einem Hang entlang, so genügt ein Graben an der Bergseite. Ist der ganze Bahnkörper aufgedämmt, so sind Seitengräben dann nicht notwendig, wenn das Terrain vom Bahndamme weg Gefälle hat; hat aber das Terrain gegen den Bahndamm zu Gefälle, so müssen neben dem Fuße des Dammes Gräben hergestellt werden, um das vom Terrain herablaufende Wasser aufzufangen und fortzuführen. Für die Gräben genügt eine solche Tiefe, daß die Grabensohle etwa 0.2 *m* tiefer liegt als die Sohle der Schwellenbettung. Bezüglich der Breite dürfte wohl meist eine Sohlenbreite von 0.3 *m* genügen. Selbstverständlich müssen die Gräben ein Längsgefälle haben von mindestens 0.20%. Um die Gräben gegen Beschädigungen durch fließendes Wasser zu schützen,

können sie mit Rasenplaggen ausgelegt werden. Einen besseren Schutz gewährt eine Pflasterung der Sohle und Herstellung der Seitenwände als Trockenmauer. Für diese letztere ist eine Stärke von 40 *cm* ausreichend; die gegen das Grabeninnere gekehrten Wände bekommen eine Abböschung von $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{3}$ der Höhe. Diese Sicherung wird man aber selbstverständlich nur dann durchführen, wenn die Gefahr der Beschädigung der Gräben sehr groß ist und wenn die dazu nötigen Steine in unmittelbarer Nähe vorhanden sind. Fig. 292, 293 und 294 zeigen einige solche Gräben, wie sie auf größeren Bahnen hergestellt werden.

Das im Graben an der Bergseite sich sammelnde, oder aus Mulden und Schluchten, welche der Bahnkörper überquert, kommende Wasser muß

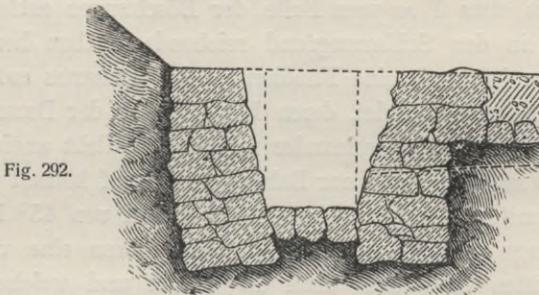


Fig. 292.

durch Durchlässe nach der Talseite geleitet werden. Diese Durchlässe bestehen aus zwei Seitenmauern mit Flügelmauern und brauchen nicht in

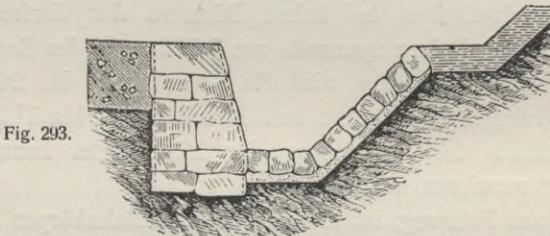


Fig. 293.

der Art überdeckt zu werden, wie bei Wegen, sondern sie werden als offene Durchlässe konstruiert und es genügt selbst für Lokomotivbetrieb bis



Fig. 294.

zu einer Weite des Durchlasses von 1 *m* unter jedem Schienenstrang quer über den Durchlaß auf die Mauern ein vierkantiges $\frac{20}{25}$ bis $\frac{25}{30}$ *cm* starkes Holz zu legen; im übrigen wird der Durchlaß nur mit kurzen Pfosten über-

deckt. Bei einer größeren lichten Breite des Durchlasses von 1 bis 2 m legt man unter jeden Schienenstrang nebeneinander und zwar etwa 10 bis 12 cm voneinander entfernt, zwei solcher vierkantiger $25/30$ bis $30/35$ cm starker Hölzer. Diese Träme werden auf $20/25$ cm starke Querschwellen gelegt, welche letztere auf den Seitenmauern des Durchlasses liegen. Auf die Träme, quer über diese, kommen dann die Schwellen zu liegen. Nur bei großer Höhe des Bahndammes an der Stelle des Durchlasses müßte letzterer überwölbt werden. Für die Durchlässe genügt wohl zumeist eine lichte Breite von 0.5 m, eine Breite von 1 m vermag schon ganz bedeutende Wassermengen durchzulassen. Die Seitenmauern des Durchlasses werden am besten immer in hydraulischen Mörtel gelegt; für Lokomotivbetrieb muß dies unbedingt geschehen. Bis zu einer Höhe von 1 bis 1.5 m genügt für die

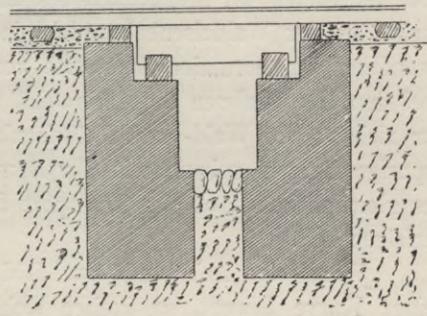
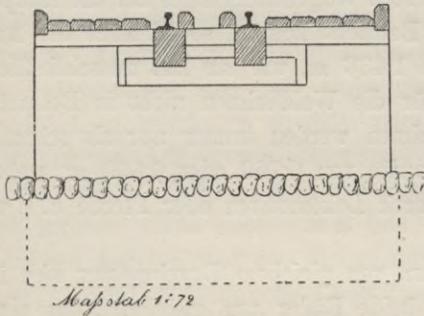


Fig. 295.

Seitenmauern eine Stärke von 0.9 m, bei größerer Höhe müssen sie entsprechend stärker sein. Die Sohle wird gepflastert, wenn sie nicht felsig

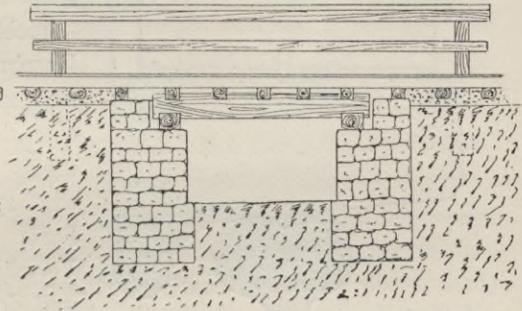
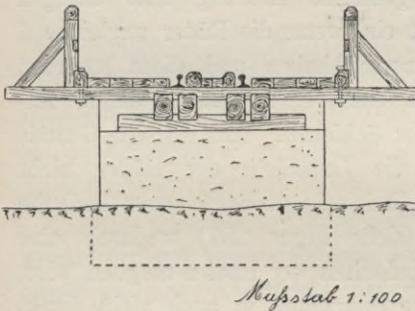


Fig. 296.

sein sollte. Fig. 295 zeigt einen 0.75 m, Fig. 296 einen 2.00 m breiten Durchlaß im Quer- und Längsschnitt.

3. Der Oberbau.

Unter Oberbau versteht man die eigentliche Bahn, welche vom Unterbau getragen wird. Der Oberbau besteht aus drei Teilen, nämlich 1. den Schienen, 2. den Unterlagen oder Schwellen und 3. der Bettung.

Die Unterlagen, welche Langschwellen, Querschwellen oder Einzelunterlagen von Holz, Stein oder Eisen sein können, unterstützen die Schienen und übertragen den Druck auf die Bettung, welche letztere wieder den Druck auf eine größere Fläche des Unterbaues zu verteilen hat.

Wie schon erwähnt wurde, ist die Spurweite von großer Wichtigkeit, denn von dieser hängt die Breite der Bahn und die Dimensionen der Wagen und eventuell Lokomotiven ab. Je größer die Spurweite, desto größer können die Wagen sein, desto mehr kann daher geladen werden und desto größer und kräftiger können auch die Lokomotiven sein; dann müssen aber in Folge des größeren Gewichtes auch die Schienen und der ganze Oberbau viel stärker sein, Durchlässe, Brücken u. s. w. müssen stärker konstruiert sein, so daß die Bau- und Erhaltungskosten der Bahn viel größer werden. Da der Vorteil der Möglichkeit des direkten Wagenüberganges auf die Hauptbahn bei der Waldeisenbahn nicht in Betracht kommt, so ist auch die Anwendung der normalen Spurweite von 1.436 *m*, wie sie fast ausschließlich bei den Hauptbahnen eingeführt ist, für die Waldbahnen nicht in Betracht zu ziehen; die Wald- und Feldeisenbahnen werden immer nur als schmalspurige Bahnen gebaut, mit der Spurweite von 0.760 oder 0.600 *m*, wobei es gleichgültig ist, ob der Transport durch Lokomotiven oder Pferde u. s. w. erfolgen soll.

Wenn eine Achse mit zwei Rädern von gleichem Durchmesser sich in einer Kurve bewegt, so drehen sich beide Räder um gleichviel, das eine (äußere) Rad hat aber einen größeren Weg zurückzulegen, sodaß bei diesem Rade auf der äußeren Seite der Kurve nebst der Drehung auch eine gleitende Reibung entstehen muß, wodurch der Widerstand vergrößert wird.

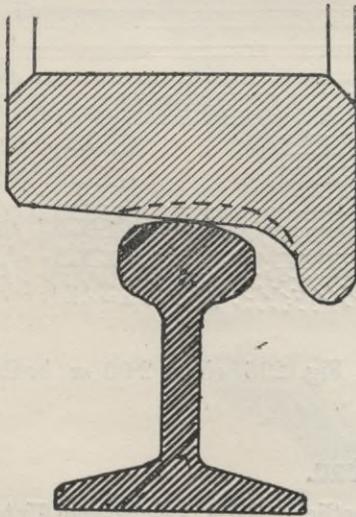


Fig. 297.

Diese gleitende Reibung tritt dagegen nicht ein, wenn die Räder ungleiche Durchmesser haben und diese letzteren sich zu einander verhalten, wie die Radien der Schienen. Aus diesem Grunde erhält die Lauffläche der Räder nicht eine zylindrische, sondern eine konische Form (siehe Figur 297) wodurch eine Verschiedenheit der Radien möglich wird, weil der Spurkranz ja auch nicht direkt an der Schiene anliegen darf, da sonst die Reibung zu groß wäre. Zugleich wird auch durch die konische Form der Räder ein seitliches Hin- und Herschwancken der Wägen verhindert, welches bei zylindrischen Flächen eintritt, weil die Spurkränze der beiden Räder nicht an den Schienen anliegen dürfen, sondern es muß je ein Zwischenraum von 0.5 bis

1·25 *cm* bleiben. Freilich gehen diese Vorteile der konischen Laufflächen bald verloren, weil diese durch Abnützung schließlich doch zylindrisch werden, sie werden sogar nach innen ausgeschliffen, wie die punktierte Linie in Fig. 297 andeutet. Vorausgesetzt, daß diese Abnützung noch nicht eingetreten ist, so daß bei den konischen Laufflächen sich die Radien der sogenannten Laufkreise zu einander verhalten wie die Radien der beiden Schienen, so verursacht die Bewegung einem einzelnen Räderpaar keinen größeren Widerstand als beim Rollen auf gerader Bahn. Das Räderpaar hat aber außer der fortschreitenden Bewegung in der Kurve auch eine drehende Bewegung um seine vertikale Schwerachse zu machen, und dieser Drehung bietet sich ein Widerstand und zwar wirkt dieser an der äußeren Schiene nach rückwärts, an der inneren nach vorwärts. Mit Rücksicht auf die fortschreitende Bewegung wirkt jedoch an beiden Rädern ein Widerstand nach rückwärts, aber an der äußeren Schiene ist dieser Widerstand größer.

Denkt man sich statt eines einzelnen Räderpaares einen Wagen mit zwei Achsen, welche zu einander parallel sind, so wird durch diese parallele Stellung der Achsen der Widerstand gegen die Drehung um die vertikale Achse erhöht. Infolgedessen verschiebt sich die vordere Achse nach außen, die hintere Achse nach innen und es streifen daher die Spurkränze des vorderen äußeren und des rückwärtigen inneren Rades an die Schienen an und es wird dadurch ein Druck auf die Schienen ausgeübt, welchen man annehmen kann mit $D = 7 \frac{Q}{r}$, wenn Q das Wagengewicht und r der Radius der Kurve ist. Bei einem Radius von 50, 100, 200, 500, 1000 *m* ist somit $D = 0\cdot140 Q$, $0\cdot070 Q$, $0\cdot035 Q$, $0\cdot014 Q$ und $0\cdot007 Q$. Wenn der Wagen sich mit einer gewissen Geschwindigkeit in der Kurve fortbewegt, so entsteht eine Flieh-(Zentrifugal-)Kraft, welche pro Achse ist $F = \frac{Q v^2}{2gr}$, wenn Q das Wagengewicht, v die Geschwindigkeit und g die Akzeleration der Schwere ist. Angenommen $v = 4\cdot5$ bis $5\cdot0$ *m* und $g = 9\cdot81$ *m*, so ist ungefähr $F = \frac{Q}{r}$, d. i. für $r = 50, 100, 200, 500, 1000$ *m*. $F = 0\cdot020 Q$, $0\cdot010 Q$, $0\cdot005 Q$, $0\cdot0025 Q$ und $0\cdot001 Q$.

Die Wirkung der Fliehkraft besteht darin, daß der Druck der Spurkränze auf die äußere Schiene vergrößert wird, sodaß nicht nur der Widerstand und die Abnützung der Schienen und Radkränze vergrößert wird, sondern es kann sogar bei kleinen Radien und großer Geschwindigkeit die äußere Schiene verschoben werden, oder eine Aufsteigung des Spurkränzes auf die Schiene und infolgedessen eine Entgleisung eintreten. Wird ungefähr $v^2 > 3\cdot9 r$, so kann sogar ein Umwerfen des Wagens eintreten. Wäre also $v = 5$ *m*, so würde dies bei einem Radius von weniger als 6 *m* schon eintreten können.

Um die Fliehkraft unschädlich zu machen, wird die äußere Schiene der Kurve höher gelegt als die innere, was man die Schienenüberhöhung nennt.

Bezeichnet man die Schienenüberhöhung der äußeren Schiene mit h , und die Spurweite mit w , so ist nach einer einfachen Formel

$$h = \frac{w \cdot v^2}{g \cdot r}$$

Bei Annahme einer Spurweite von 0.76 m , einer Geschwindigkeit v von 5 m in der Sekunde und $g = 9.81$ m ergibt sich die Schienenüberhöhung nach der obigen Formel

für $r = 20$ m mit $h = 0.097$ m	
50 „	0.039 „
75 „	0.026 „
100 „	0.019 „
150 „	0.013 „
200 „	0.010 „
300 „	0.006 „
500 „	0.004 „
1000 „	0.002 „

Würde die Geschwindigkeit größer sein, müßte auch die Überhöhung für die verschiedenen Radien größer gemacht werden. Die Schienenüberhöhung darf beim Übergang einer geraden Strecke in eine Kurve von bestimmtem Halbmesser nicht plötzlich eintreten, sondern muß allmählich von 0 bis auf die bestimmte Größe steigen. Diese allmähliche Überhöhung gibt man der Schiene in der Übergangskurve, welche letztere von der geraden Strecke mit 1000 m Halbmesser beginnt und mit immer kleiner werdendem Halbmesser in die Kurve von dem bestimmten Halbmesser übergeht, so daß mit Beginn der Kurve von bestimmtem Halbmesser die äußere Schiene auch die volle Überhöhung hat.

In der Übergangskurve läßt man auch eine allmähliche Spurerweiterung eintreten bis zu einer bestimmten Größe in der Kurve von gegebenem Halbmesser. Die Spurerweiterung ist nötig, damit eine Verschiebung der konischen Laufflächen der Räder und dadurch eine Veränderung der Halbmesser der beiden Laufkreise eintreten kann, wodurch die gleitende Reibung des äußeren Rades in der Kurve verhindert wird, wie bereits erklärt wurde. Auch deshalb muß die Spurerweiterung stattfinden, weil in der Kurve die Spurkränze an die Schienen stoßen müssen, damit der gerade Wagen im Gleise Platz finde (siehe Fig. 298). Die Größe der

Spurerweiterung hängt von dem Halbmesser der Kurven und von dem Randstand b , d. h. von dem Abstand der beiden Achsen voneinander ab. Bei größeren Halbmessern von mehr als 500 m ist insbesondere für schmalspurige

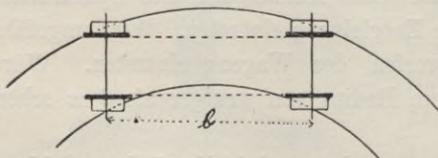


Fig. 298.

Wald- und Feldeisenbahnen mit kleinen Wägen und Lokomotiven eine

Spurerweiterung nicht mehr nötig. Für kleine Halbmesser bis 100 *m* und auch in den kleinsten Kurven soll die Spurerweiterung nicht größer als 20 *mm* sein, 100 bis 200 *m* etwa 16 *mm*, 200 bis 300 *m* 10 *mm*, 300 bis 400 *m* 7 *mm* und 400 bis 500 *m* 4 *mm*.

Als Schienen verwendet man jetzt wohl ausschließlich gewalzte Gußstahlschienen von der bekannten Form der auch bei allen Haupt- und Nebenbahnen angewendeten Vignoles-Schiene (Fig. 299).*) Für die Tragfähigkeit der Schiene ist in erster Reihe ihre Höhe maßgebend, nach der sich dann auch die anderen Dimensionen des Kopfes, Steges und Fußes richten. Von den Dimensionen ist auch das Gewicht eines laufenden Meters abhängig, sodaß die Tragfähigkeit einer Schiene durch das Gewicht für den laufenden Meter sehr gut charakterisiert wird. Die gegenwärtig benützten Eisenbahnschienen haben für den laufenden Meter zumeist folgende Gewichte:

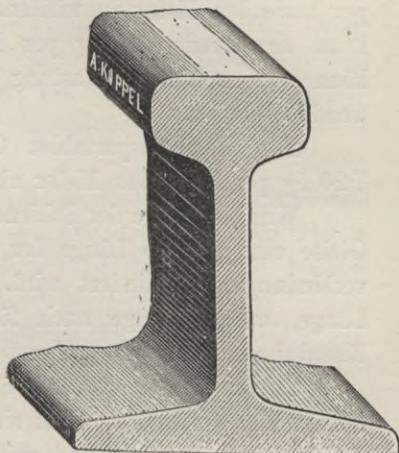


Fig. 299.

42·80 *kg* — Goliatschienen für Hauptbahnen mit größter Zugsgeschwindigkeit und sehr schwere Lokomotiven, in Amerika schon seit längerer Zeit gebräuchlich.

34·50 " } Hauptbahnschienen.

30·00 " }

23·60 " } Sekundärbahnschienen.

21·80 " }

15·80 " }

13·75 " }

11·70 " }

10·30 " }

9·25 " } Gruben-, Wald- und Feld-Eisenbahnschienen.

8·00 " }

7·20 " }

6·50 " }

5·25 " }

Die Wahl des Schienenprofils hängt von der Belastung ab. Bezeichnet man mit *G* den maximalen Raddruck in *kg*, mit *l* die maximale Schwellenentfernung, so soll das Widerstandsmoment *u* des zu wählenden Schienen-

*) Fast sämtliche der folgenden Abbildungen wurden mit von der Firma „Roessemann & Kühnemann, Abt. für Artur Koppels Schmalspurbahnen in Prag, Wien, Budapest, Berlin“ beigestellten Klischees angefertigt.

profiles in cm^3 gleich oder größer sein als der sich aus der Formel $\frac{0.189 \cdot G}{1000}$ ergebende Wert.

Für die festen Gleise der Wald- und Feldeisenbahnen mit Lokomotivbetrieb sind in der Regel die Profile von 15.80, 13.75 oder 11.70 kg Gewicht per laufenden Meter zu wählen. Als unterste Grenze für Lokomotivbetrieb kann das Profil 9.25 kg per laufenden Meter gelten. Bei Tier-Zugkraft können je nach der Belastung vielleicht selbst die leichtesten Profile Anwendung finden.

Für die transportablen Gleise werden nur die leichten Profile von 7.20 kg per laufenden Meter abwärts benützt.

Was die Länge der Schienen anbelangt, so empfiehlt sich für die festen Gleise eine größere Länge der Schienen, weil dadurch die Zahl der Stoßverbindungen vermindert wird. Die Schienen haben derzeit 7.5 bis 9 m Länge, welche Länge auch für die festen Gleise der Wald- und Feld-Eisenbahnen ganz gut geeignet ist.

Zwei aneinanderstoßende Schienen werden jetzt immer durch Laschen miteinander verbunden. Das sind Eisenplatten, welche von beiden Seiten an die Schienen angelegt und mittels vier durchgehender Schraubenbolzen an die Schienen angepreßt werden. (Siehe Fig. 300.) Durch die Laschen

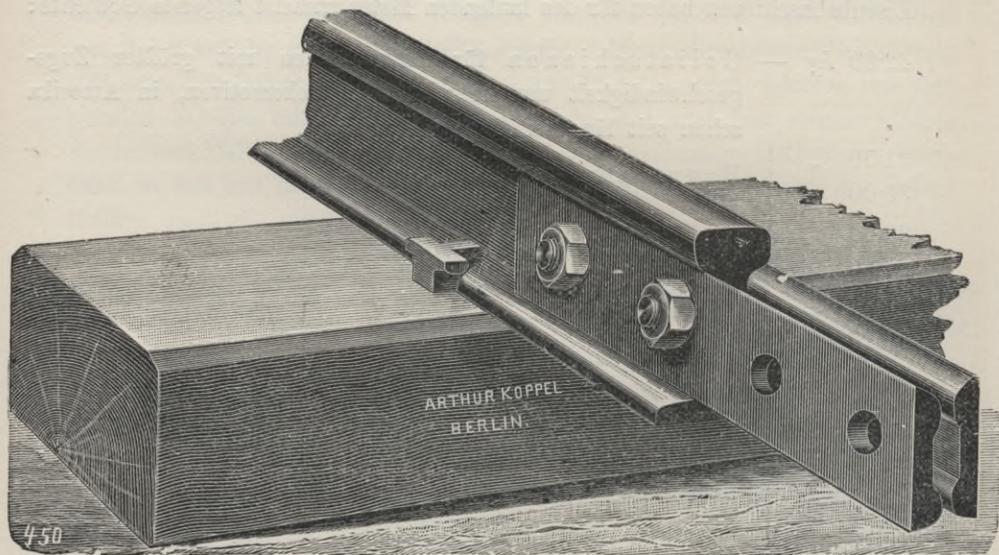


Fig. 300a.

werden beide Schienen gleichsam zu einem Ganzen verbunden, wodurch der Widerstand und die Abnutzung der Schienenenden sowie der Wägen vermindert wird.

Die Schraubenmuttern kommen auf die inneren Seiten der Schienen, damit man beim Begehen des Gleises von dessen Mitte aus die Verbindungen beider Schienen beobachten kann. Die durch die Lasche vereinigten Schienenenden

dürfen beim Legen der Schienen, wenn dieses bei niederer oder mittlerer Temperatur geschieht, nicht unmittelbar aneinanderstoßen, weil sich die Schienen bei höherer Temperatur ausdehnen. Bezeichnet man mit t die Temperatur beim Legen der Schienen, mit t' die höchste vorkommende Temperatur, mit l die Länge einer Schiene, mit α den Ausdehnungskoeffizienten des Stahls für 1° C und mit δ den nötigen Zwischenraum zwischen den Schienenenden, so ist

$$\delta = \alpha (t' - t) l.$$

Der Ausdehnungskoeffizient α für harten Stahl beträgt 0.00001225, für weichen Stahl 0.00001079. Nimmt man daher 0.000012 an und als höchste Temperatur 40° C an, so ist

$$\delta = 0.000012 (40 - t) l.$$

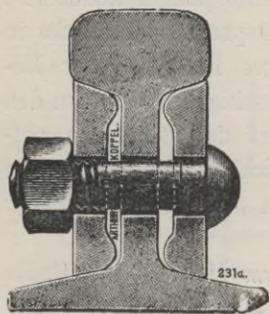


Fig. 300b.

Nimmt man daher als Schienenlänge 8 m an, so könnte man folgende Werte für den Schienenabstand beim Legen bei verschiedener Temperatur benutzen:

beim Legen bei	+	40° C	$\delta = 2$ mm
	+	30°	3 „
	+	20°	4 „
	+	10°	5 „
		0°	6 „
	-	10°	7 „
	-	20°	8 „
	-	30°	9 „
	-	40°	10 „

Wegen der Ausdehnung der Schienen dürfen auch die Löcher in den Schienen für die Schraubenbolzen nicht rund gebohrt werden, sondern müssen länglich sein.

Damit die Muttern der Schraubenbolzen nicht locker werden können, werden unter die Muttern Fixierplättchen gelegt, d. h. kleine viereckige Eisenbleche, welche etwas größer sind als die Muttern. Nach dem Anziehen der Schraubenmutter wird eine Ecke dieses Bleches nach vorn aufgebogen.

Als Unterlagen für die Schienen sind bei festen Gleisen die hölzernen Querschwellen am besten geeignet, welche sich auch auf allen Haupt- und Nebenbahnen am besten bewährt und daher noch fast ausschließlich erhalten haben.*)

Die hölzernen Querschwellen sind für Waldbahnen umsomehr geeignet, als man sie hier in eigener Regie und daher am billigsten erzeugen kann. Wo man schwaches dazu geeignetes Eichenholz hat, ist dieses für die Schwellen allen anderen Holzarten vorzuziehen, in Ermangelung des Eichen-

*) Langschwelle sowie Einzel-Unterlagen, z. B. Steinwürfel haben sich nirgends bewährt.

holzes aber nimmt man Kiefernholz. Eichenschwellen vermögen sich auf Hauptbahnen mit starkem Verkehr 14 bis 16 Jahre, Kiefernswellen nur 7 bis 8 Jahre zu erhalten. Auf Nebenbahnen, sowie bei Wald- und Feld-eisenbahnen kann man aber wohl die Dauer um die Hälfte länger annehmen.

Die Schwellen werden aus Rundhölzern von entsprechender Stärke in einer Länge gleich $1\frac{2}{3}$ Spurweite durch zweiseitiges Behauen oder Beschneiden hergestellt. Eichenschwellen werden oft vierseitig behauen, um den leichter der Zerstörung ausgesetzten Splint auch auf den Seiten zu entfernen. Die Stärken-Dimensionen der Schwellen richten sich nach dem Schienengewichte; man gibt den Schwellen bei einem Schienengewichte per laufenden Meter

von 4 bis 10 kg	10 cm	Höhe 13 cm	Breite bis 13 cm	Höhe 15 cm	Breite
„ 10 „ 16 „	12 „	„ 18 „	„ „ 14 „	„ 22 „	„
„ 20 kg	15 „	„ 23 „	„ „ 18 „	„ 26 „	„

Die Stoßschwellen bekommen die stärkeren Dimensionen (Fig. 301).

Um dem auf die Schienen wirkenden horizontalen Druck entgegen zu wirken, stellt man die Schiene auf der Schwelle etwas nach einwärts geneigt. Die Schwellen müssen daher einen der Neigung der Schiene entsprechenden Einschnitt erhalten, den man die Kappung nennt (Fig. 302).

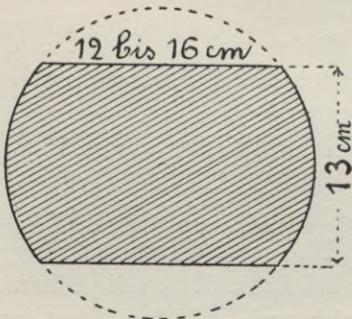


Fig. 301.

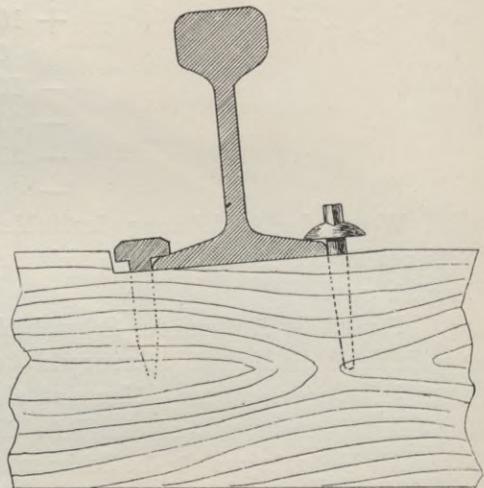


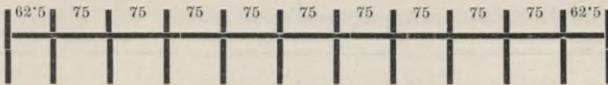
Fig. 302.

Die Entfernung der Schwellen voneinander soll 0.60 bis 0.80 m betragen, an den Enden der Schienen soll jedoch der Abstand geringer sein. Liegen die aneinander stoßenden und verlaschten Enden der beiden Schienen auf einer Schwelle, so nennt man dies ruhenden Stoß, liegen dagegen die Enden frei, so heißt das schwebender Stoß. Letzterer ist zweckmäßiger, weil dadurch eine geringere Erschütterung und daher auch geringere Abnutzung der Schienen und Wägen stattfindet. Beim ruhenden Stoß soll die

Schwellen-Entfernung an den Enden nur 0·8, bei schwebendem Stoß nur 0·6 von der normalen Entfernung der Zwischenschwellen betragen. Die Schwellen müssen demgemäß nach der Länge der Schienen passend verteilt werden. Hätte man z. B. achtmetrige Schienen, so könnte bei schwebendem Stoß die Verteilung folgende sein:



Dagegen beim ruhenden Stoß:



Die Befestigung der Schienen erfolgt auf jeder Schwelle entweder mit 2 Nägeln oder mit 2 Schrauben, den sogenannten Tirefonds (Fig. 302 a und b). Die letztere Befestigungsart ist vorzuziehen, weil die Schrauben, wenn sie locker werden, durch Anziehen wieder in demselben Loch befestigt werden können.

Die Nägel sind nicht zugespitzt, sondern mit einer Schneide versehen, welche die Faser leichter durchschneiden und so ein Spalten der Schwelle verhindern soll. Um das Spalten zu verhüten, werden auch die Nägel oder Schrauben nicht direkt einander gegenüber gestellt, sondern gegeneinander versetzt. Selbstverständlich werden sowohl für die Schrauben, als auch für die Nägel Löcher vorgebohrt. Bei ruhendem Stoß muß jede Schiene durch zwei Nägel befestigt werden, es müssen also in die Stoßschwelle vier Nägel eingeschlagen werden, welche ebenfalls gegeneinander etwas versetzt sein müssen, daher müssen auch die Stoßschwellen breiter sein als die Mittelschwellen. Durch das fort-



Fig. 302 a.

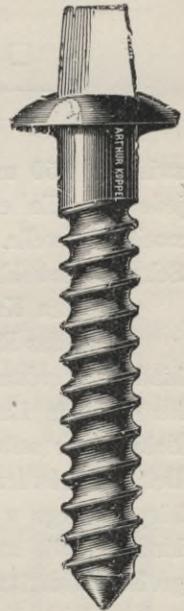


Fig. 302 b.

währende Rütteln werden Nägel und Schrauben mit der Zeit locker. Die Schrauben werden dann wieder nachgezogen. Die Nägel können anfangs auch wieder nachgetrieben werden; später hilft dies nichts mehr, dann muß der Nagel herausgezogen, das Loch ausgespänt und der Nagel aufs neue eingetrieben werden.

In den Kurven müssen unter die Schienen stellenweise Unterlagsplatten gegeben werden, welche den Schienen einen festeren Stützpunkt geben. Diese Platten sind entweder ganz flach, oder sie bekommen auf der äußeren und mitunter auch auf der inneren Seite eine Erhöhung, letzteres

ist jedoch überflüssig (Fig. 303). Diese Platten sind entweder nur mit zwei Löchern versehen, oder in scharfen Kurven erhalten die Zwischenplatten wohl auch drei Löcher, wobei auf die äußere Seite zwei Löcher kommen. Bei ruhendem Stoß erhalten die Stöße in den Kurven Unterlagsplatten mit vier Löchern. Bei Kurven über 600 *m* Radius genügt es, wenn bei 8 *m* langen Schienen die Stöße und noch eine Mittelschwelle mit Unterlagsplatten versehen werden. Bei Kurven zwischen 600 und 300 *m* Radius bekommen die Stöße und noch drei Mittelschwellen die Unterlagsplatten, bei Kurven zwischen 300 und 150 *m* die Stöße und vier Mittelschwellen. Bei Kurven

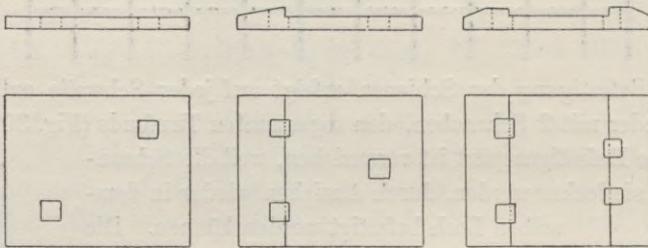


Fig. 303.

zwischen 150 und 100 *m* Radius wird auf der äußeren Seite der Kurve auf jede Schwelle eine Unterlagsplatte gegeben, auf der inneren Seite auf jede zweite Schwelle. Bei sehr scharfen Kurven unter 100 *m* müssen auf jede Schwelle sowohl auf der äußeren als inneren Seite Unterlagsplatten kommen.

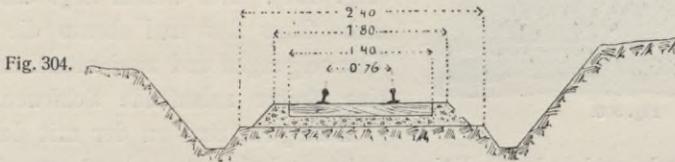
In den Kurven müssen die Schienen entsprechend gebogen werden.

Um das Eindringen der Schwellen in den weichen Bahnkörper zu verhindern, werden die Schwellen nicht direkt auf den durch die Planierung hergestellten Bahnkörper, sondern in eine Bettung gelegt. Nur wenn der Bahnkörper selbst ganz aus einem solchen Materiale besteht, wie es für die Bettung erforderlich ist, können die Schwellen direkt auf oder in den Bahnkörper gelegt werden. Da die Bettung das Eindringen der Schwellen verhindern soll, so muß das Bettungsmaterial dem Durchdrücken möglichst großen Widerstand entgegensetzen, es muß daher möglichst große Reibung und zugleich Kohäsion besitzen, ferner muß es den Erschütterungen widerstehen, möglichst wasserdurchlässig sein und vom Wasser nicht erweicht werden. Als Bettungsmaterial eignet sich daher grober Kies, welcher mit etwas Lehm gemischt sein kann, weil dadurch das Unterstopfen der Schwellen erleichtert wird. Grober Sand ist weniger gut, feiner Sand aber ganz ungeeignet. Künstlicher, d. h. aus Bruchsteinen geschlagener Schotter ist das beste Bettungsmaterial, dürfte aber für Wald- und Feldeisenbahnen zu teuer sein.

Die Höhe der Bettung soll derart sein, daß die Schwellen ganz darin liegen, beziehungsweise mit dem Bettungsmaterial unterstopft werden können, es dürfte also wohl 15 *cm* die geringste Höhe sein, 20 bis 25 *cm* ist voll-

kommen ausreichend. Die Kronenbreite der Bettung soll etwa 40 bis 50 *cm* breiter sein als die Schwellenlänge (Fig. 304).

Wenn die Eisenbahn einen Weg überschneidet, so muß die Schienenoberkante in dieselbe Höhe mit der Wegkronen kommen. Auf den äußeren Seiten des Gleises wird daher der Schotter bis an die Schienen und zwar bis zur Oberkante angeschüttet, oder es wird ein Pflaster hergestellt. Im Innern des Gleises legt man in der ganzen Breite des Weges auf die Schwellen neben die Schienen entweder je einen Holzbalken, oder besser je eine alte Schiene, deren Enden etwas nach einwärts gebogen werden. Zwischen den Schienensträngen und dem Balken oder Schiene bleibt nur soviel Raum, daß der Spurkranz der Räder ungehindert darin laufen kann. Der Raum im Innern des Gleises wird dann mit Schotter ausgefüllt oder gepflastert.



Wenn der Betrieb mit Zugtieren erfolgen soll, so muß die Oberfläche der Bettung, je nachdem, ob ein oder zwei Zugtiere verwendet werden sollen, zwischen oder neben den Schienen mit einem Material bedeckt werden, welches den Zugtieren das Gehen erleichtert, z. B. lehmiger Sand.

4. Die Wechsel oder Weichen.

Um die Wägen von einem Gleis auf ein anderes überzuführen, kommen bei den Wald- und Feldeisenbahnen wohl nur die Wechsel oder Weichen in Betracht. Bei Industriebahnen auf größeren Stationsplätzen könnten wohl auch Drehscheiben und Schiebebühnen nötig werden. Die Wechsel oder Weichen finden Anwendung, wenn ein Gleis sich verzweigt, sodaß das

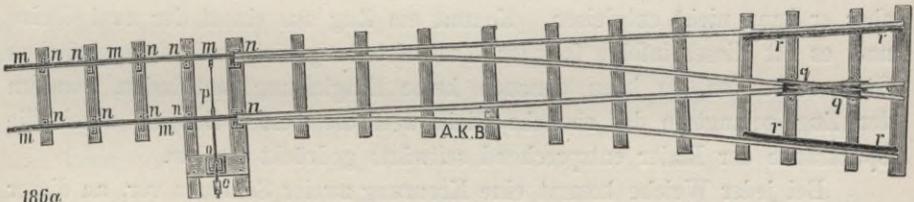


Fig. 305.

einfache Gleis bald mit der einen, bald mit der andern Abzweigung in Verbindung sein muß. An der Stelle des Wechsels werden die Schwellen näher aneinander gelegt, und es werden längere Schwellen (Weichenschwellen) verwendet, auf denen beide Gleiszweige Platz finden.

Der einfachste Wechsel ist der Rutsch- oder Schlepwechsel (Fig. 305). Bei diesem kann das Ende des einfachen Gleises, an welches

die zwei Verzweigungen stoßen, durch einen Stellbock (Fig. 306) mittels einer Führungsstange hin- und hergedreht werden, sodaß es vor den einen oder anderen Zweig kommt. Das letzte Paar Schienen des einfachen Gleises ist nur mit dem vorletzten Paar verlascht, aber nicht an den Schwellen be-

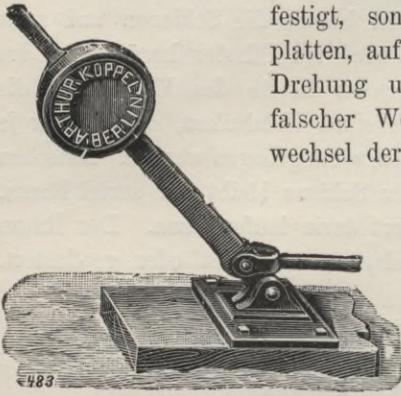


Fig. 306.

festigt, sondern liegt frei auf eisernen Unterlagsplatten, auf denen die Verschiebung, beziehungsweise Drehung um das verlaschte Ende geschieht. Bei falscher Weichenstellung kann bei diesem Schleppwechsel der Zug einfach ins Freie fahren, daher hat man diesen Wechsel bei den Hauptbahnen verlassen*) und benützt statt dessen den Zungenwechsel

(Fig. 307). Bei diesem liegt das einfache Gleis fest und ebenso die zwei Verzweigungen und zwei allmählich in eine Spitze zulaufende Schienen, die Zungen, sind an der mit dem

Wechselstellbock verbundenen Führungsstange befestigt und können derart verschoben werden, daß immer eine Zunge an einer Schiene des einfachen Gleises anliegt, die zweite Zunge aber steht immer von der anderen Schiene

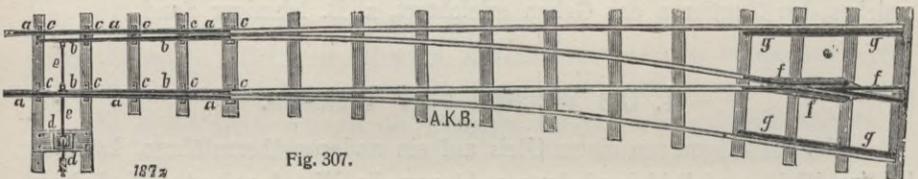


Fig. 307.

ab, sodaß immer das feste Gleis mit der einen oder andern Verzweigung ununterbrochen verbunden ist. Bei falscher Wechselstellung kann also wohl ein vom einfachen Gleis kommender Zug in ein unrichtiges Gleis fahren, aber er kann nicht entgleisen. Kommt ein Zug aus einem der zwei Gleise und es ist dieses infolge falscher Wechselstellung nicht mit dem einfachen Gleis verbunden, so kann dennoch keine Entgleisung stattfinden, sondern der Zug gelangt in das einfache Gleis, weil die beiden Zungen durch die Spurkränze der Räder entsprechend seitwärts gedrückt werden.

Bei jeder Weiche kommt eine Kreuzung zweier Schienen vor, an dieser Stelle befindet sich das Herzstück der Weiche. Früher hat man dieses aus gewöhnlichen Schienen hergestellt (siehe Fig. 308), jetzt aber wird das Herzstück in dem durch punktierte Linien angedeuteten Umfang in einem Stück aus Hartguß oder Flußstahl gegossen. Zu beiden Seiten des Herzstückes müssen an der inneren Seite der äußeren Schienen zwei kurze

*) In Amerika ist er nach Hinzufügung von verschiedenen Sicherungen beibehalten worden.

Schienenstücke mit etwas einwärts gebogenen Enden befestigt werden, um eine Entgleisung zu verhindern.

Werden als Zugkraft für die Wagenzüge Zugtiere verwendet, so müssen die Führungsstangen der Wechsel in einer Schwelle versenkt, oder mit einer Pfoste überdeckt werden.

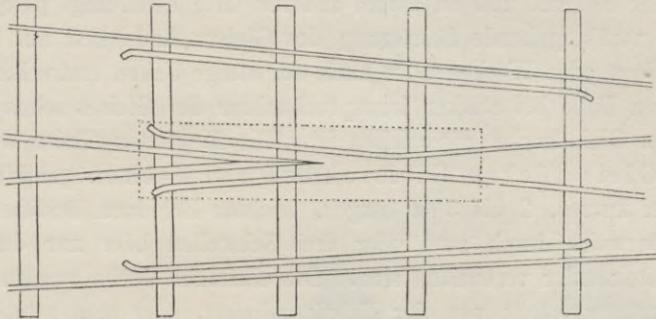


Fig. 308.

Die Drehscheiben finden Anwendung, wenn von einem Punkte aus zahlreiche Gleise nach verschiedenen Richtungen laufen. Sie bestehen aus einer um ihren Mittelpunkt drehbaren Scheibe, auf welcher ein Gleisstück

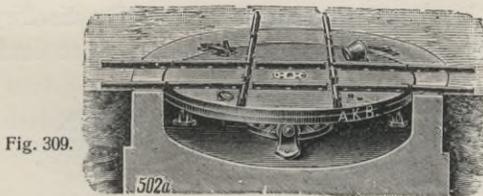


Fig. 309.

befestigt ist, auf welchem ein Wagen oder eine Lokomotive Platz findet. Durch Drehung der Scheibe kann das auf ihr befindliche Gleisstück an jedes der von der Scheibe auslaufenden Gleise gebracht werden, auch kann z. B. eine Lokomotive umgedreht werden, wenn sie ihre Fahrrihtung ändern soll (Fig. 309).

Eine Schiebebühne (Gleiskarren) ist ein Gleisstück, welches auf einem festen Wagen angebracht ist, der mittels Rädern auf einem Gleis fahren kann, welches eine Anzahl von parallelen Gleisen rechtwinklig kreuzt und welches in einer Bodenvertiefung so tief gelegt ist, daß das auf dem Wagen liegende Gleisstück genau in derselben Höhe sich befindet wie die parallelen Gleise. Durch Verschiebung des Wagens kann somit das auf ihm angebrachte Gleisstück zu jedem der parallelen Gleise gebracht werden; auf diese Weise kann daher auch ein Wagen auf dem kürzesten Wege von einem der parallelen Gleise auf ein anderes gebracht werden.

C. Die fliegenden Gleise.

Die fliegenden, beweglichen oder transportablen Gleise werden verwendet, wenn es sich nicht um die Herstellung einer dauernden Bahnstrecke handelt, sondern wenn nur eine vorübergehende, mehr oder weniger lange dauernde Verwendung des Gleises stattfinden soll, worauf das Gleis wieder entfernt und an einem anderen Orte neuerdings gelegt werden soll. Die vorübergehende Benützung des Gleises kann sich nur auf einige Stunden, Tage oder Wochen oder auch auf einige Jahre erstrecken, obwohl im letzteren Falle bei starker Inanspruchnahme des Gleises schon der Bau einer festen Gleisstrecke vorzuziehen ist. Die fliegenden Gleise werden aus einzelnen Gleisstücken, Gleisrahmen oder Jochen gebildet, welche aus je zwei kurzen, 2 bis 3 *m* langen, leichten Schienen bestehen, welche in der Spurweite durch zwei oder drei Schwellen oder nur durch Spurstangen miteinander verbunden sind. Die einzelnen Joche werden entweder schon zusammengestellt von der Fabrik geliefert, oder man setzt sie selbst erst am Gebrauchsorte zusammen. Die fertigen Joche werden unmittelbar auf den Erdboden gelegt und die Schienenenden in irgend einer Weise miteinander verbunden.

Von Wichtigkeit ist, daß das einzelne fertige Joch nicht schwerer ist, als daß es von einem einzigen Menschen vom Wagen gehoben und auf den Boden gelegt werden kann. Man verwendet daher für die fliegenden Gleisjoche nur die leichtesten Schienenprofile bis 7·2 *kg* per laufenden Meter.

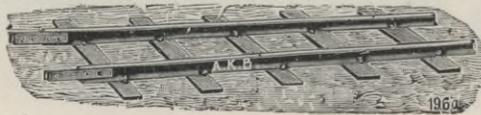


Fig. 310.

Sehr leichte Gleisstücke erhält man, wenn die zwei Schienen nur auf zwei Schwellen ruhen, für die Erhaltung der Spurweite und zur Sicherung gegen Verschiebungen ist es jedoch besser, wenn bei zweimetrigen Gleisstücken drei, bei dreimetrigen fünf Schwellen vorhanden sind.

Es können entweder Holzschwellen oder Stahlschwellen Verwendung

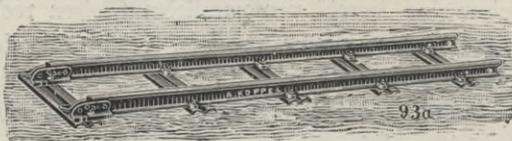


Fig. 311.

finden. Fig. 310 stellt einen kompletten Gleisrahmen auf Holzschwellen, Fig. 311 einen solchen auf Stahlschwellen dar. Die Befestigung der Schienen auf den Schwellen u. zw. sowohl Stahl- als Holz-Schwellen geschieht am

besten mittelst Schrauben und Klemmplatten (siehe Fig. 312), bei Holzschwellen geschieht aber auch mitunter die Befestigung mit Schienennägeln, so wie bei den festen Gleisen. Auf Stahlschwellen ist die Verbindung mit Hakenschrauben auch ganz gut. Das sind kurze Schraubenbolzen, deren Schraubenmutter den Schienenfuß an die Schwelle andrückt, das Ende der Schraube ist hakenförmig und dieser Haken klemmt sich unten an die Schwelle an. Mitunter werden keine Schwellen verwendet, sondern die Schienen werden nur durch lange Schraubenbolzen — Spurstangen — zusammengehalten, sodaß die Schienen ohne Unterlagen direkt auf den Erdboden gelegt werden. Dies ist aber nur bei sehr hartem Boden, z. B. auf einem Weg mit harter Krone möglich.

Die Verbindung der einzelnen Joche, d. h. der Schienen miteinander

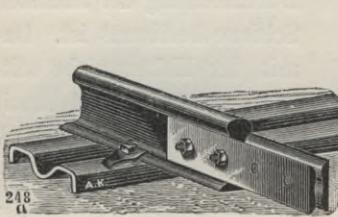


Fig. 312.

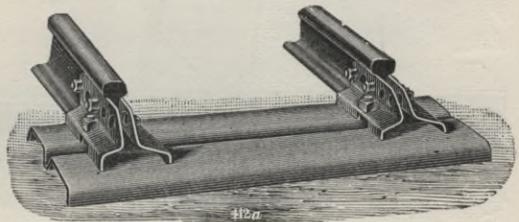


Fig. 313.

kann in verschiedener Weise bewerkstelligt werden. Die Verbindung soll fest sein, unter Umständen ist aber auch eine rasche Herstellung und rasche Lösung der Verbindung erwünscht. Die sicherste Verbindung ist die Verlaschung in derselben Weise wie bei festen Gleisen (siehe Fig. 312). Noch besser ist die Schuh-Verbindung (Fig. 313).

Der Schuh ist auf einer Stoßschwelle und an der einen Schiene angeschraubt, und es braucht nur das Ende der nächsten Schiene in diesen Schuh hineingesteckt zu werden, dann werden die Schraubenbolzen durchgesteckt und die Schraubenmuttern aufgeschraubt.

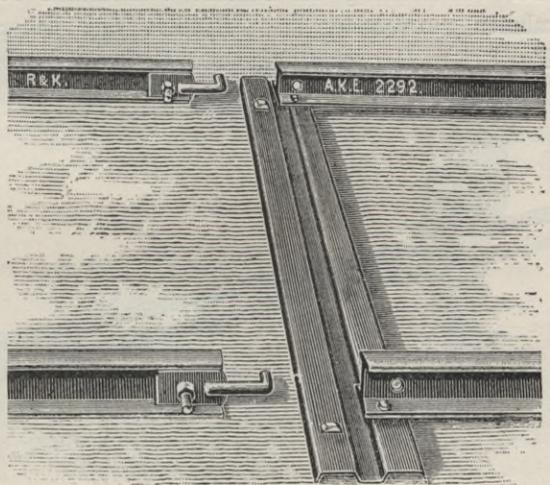


Fig. 314.

Um eine rasche Herstellung und ebenso rasche Lösung der Schienenverbindung zu ermöglichen, sind mancherlei Verbindungen konstruiert worden, bei welchen zumeist an dem einen Ende der Schienen irgend eine Art Haken an-

Ende der Schienen irgend eine Art Haken an-

gebracht ist, der in eine Vertiefung der nächsten Schiene eingreift. Eine sehr praktische derartige Konstruktion ist das Patent Merrel-Schwechat (ausgeführt von Roessemann & Kühnemann, Artur Koppels Schmalspurbahnen). Fig. 314 zeigt diese Verbindung gelöst auf Stahlschwellen, Fig. 315 ge-

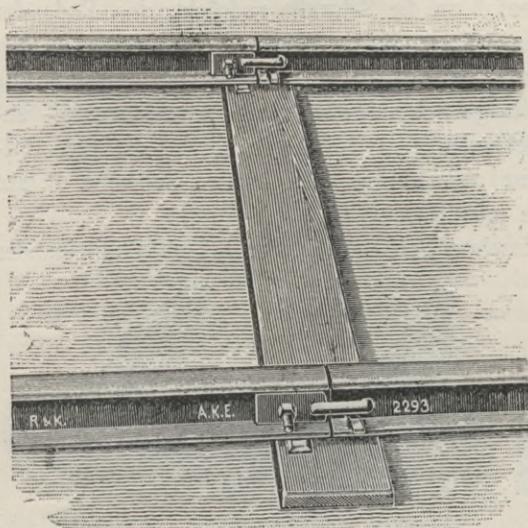


Fig. 315.

geschlossen auf Holzschwellen. Das eine Schienenende ist einfach durchlocht und ist auf einer Stoßschwelle montiert, das zweite Ende ist frei und an diesem Ende ist ein Haken angeschraubt, der zum Einhängen in die Durchlochung der nächsten Schiene bestimmt ist. Damit der Haken nicht seitwärts gedrückt und somit die Verbindung gelöst wird, befinden sich auf der Stoßschwelle zwei Arretierungsnägel, welche in die höl-

zerne Schwelle eingeschlagen, in die Stahlschwelle aber eingeschraubt oder angenietet sind. Die Köpfe dieser Arretierungsnägel sind nur so hoch als der Schienenfuß und sie liegen bei hergestellter Verbindung knapp neben den Schienenfüßen, eine Verschiebung der Schiene vollkommen verhindernd. Um zwei Gleisrahmen miteinander zu verbinden, sind daher zwei Mann nötig. (Siehe Fig. 316.) Der eine faßt den Gleisrahmen beim durchlochten Ende und

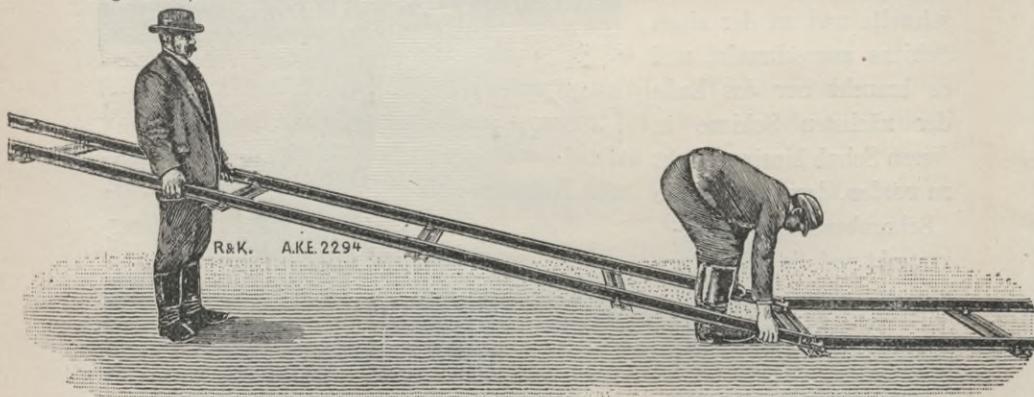


Fig. 316.

hebt dieses hoch, während der andere das zweite, mit dem Haken versehene Ende niederdrückt und in die Durchlochung der schon liegenden Schienen einhakt. Da hiebei das andere Ende des Gleisrahmens hochgehalten wird,

so sind die Arretierungsnägel nicht hinderlich, sowie aber nach erfolgter Einhakung der Gleisrahmen ganz auf den Boden niedergelegt wird, kommt der Schienenfuß neben den Arretierungsnägel zu liegen und dieser hindert jede Verschiebung. Beim Lösen der Verbindung muß daher auch wieder zuerst das durchlochte Ende des Gleisrahmens hoch gehoben werden, damit der Schienenfuß des anderen mit Haken versehenen Endes über den Arretierungsnägel kommt, dann kann erst ausgehakt werden.

Auch bei den transportablen Gleisen können Verzweigungen vorkommen, sodaß Weichen nötig sind. Diese sind komplett wie die einzelnen Gleis-

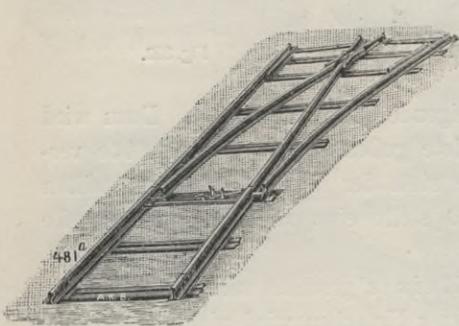


Fig. 317.

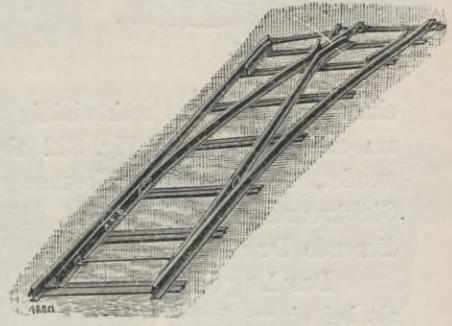


Fig. 318.

stücke auf Holz- oder Stahlschwellen montiert. Fig. 317 stellt einen transportablen Schleppwechsel auf Stahlschwellen, Fig. 318 einen ebensolchen Zungenwechsel dar.

Die mitunter empfohlenen sogenannten Kletterweichen haben sich nirgends bewährt. Diese bestehen aus einem Gleisstück, dessen Schienen



Fig. 319.

an den Enden allmählich in eine Schneide zu laufen, und welches einfach auf das Hauptgleis und die Abzweigung gelegt wird (Fig. 319).

Wenn sich zwei Gleise rechtwinklig kreuzen, so müssen beide Gleise stets offen sein, es wird daher an der Kreuzungsstelle eine auf einer Stahlplatte montierte Gleiskreuzung eingelegt (Fig. 320).

Kreuzt das transportable Gleis einen Weg, so muß entweder auf dem Weg das Gleis unterbrochen und ein Gleisstück ausgelassen werden, welches jedesmal vor dem Befahren des Gleises eingelegt wird, oder für stärkeren Betrieb ist die Anwendung des in Fig. 321 dargestellten, aus Pfosten hergestellten Wegüberganges vorzuziehen, welcher von Fuhrwerken passiert

werden kann, sodaß er während der ganzen Zeit der Benützung des transportablen Gleises auf dem Weg verbleiben kann.

Bei den transportablen Gleisen insbesondere auf irgendwelchen Industriepätzen ist es oft notwendig, bei zwei sich rechtwinklig kreuzenden Gleisen



Fig. 320.

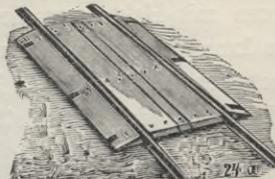


Fig. 321.

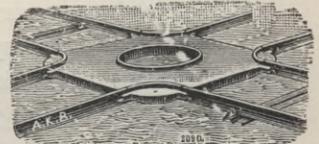


Fig. 322.

einen Wagen auf das rechtwinklig abzweigende Gleis zu bringen. Dazu wird am einfachsten die in Fig. 322 abgebildete gußeiserne Wendeplatte verwendet, welche an der Kreuzungsstelle statt der in Fig. 320 dargestellten Gleiskreuzung eingelegt wird. Fig. 323 stellt eine zu demselben Zwecke dienende Drehscheibe dar.

Das Legen des fliegenden Gleises gestaltet sich viel einfacher als bei einem festen Gleis. Ein besonderer Unterbau wird nicht hergestellt, die einzelnen Gleisstücke werden unmittelbar auf den Erdboden gelegt; es

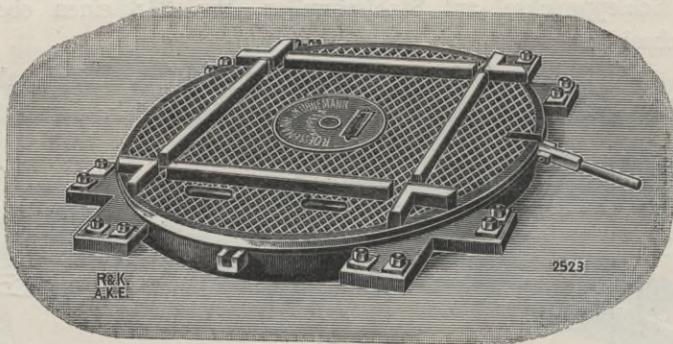


Fig. 323.

werden daher nur die größten Unebenheiten soweit beseitigt, daß die Schwellen gut aufliegen, eventuell können letztere auch mit Steinen oder Holzschichten unterlegt werden.

Kurven von großem Radius können ohneweiters aus den kurzen 2 m langen Gleisstücken hergestellt werden, ohne daß die Schienen gebogen werden müßten, oder man verwendet dazu die von den Fabriken gelieferten Kurvenstücke. Wenn eine Schienenüberhöhung nötig ist, so wird diese durch Unterlegen der Schwellen auf der äußeren Seite der Kurve erzielt.

Beim Legen selbst geht man am zweckmäßigsten in der Weise vor, daß die einzelnen Gleisstücke auf einen Bahnwagen verladen werden, welcher

bis ans Ende des schon liegenden Gleises geschoben wird. Hier wird ein Gleisstück vom Wagen gehoben, entsprechend auf den Boden gelegt und die Schienenverbindung hergestellt; dann wird der Wagen auf dieses neugelegte Gleisstück geschoben, wieder ein weiteres Gleisstück gelegt u. s. w.

D. Die Wagen und Lokomotiven.

Da in diesem Buche nur die Ausführung der verschiedenen im Forstbetriebe möglicherweise vorkommenden Bauten erklärt werden soll, so ist bei Betrachtung der Wald- und Feldeisenbahnen eigentlich allein der Bau dieser Bahnen zu erläutern. Auf den Bau der Wagen und Lokomotiven

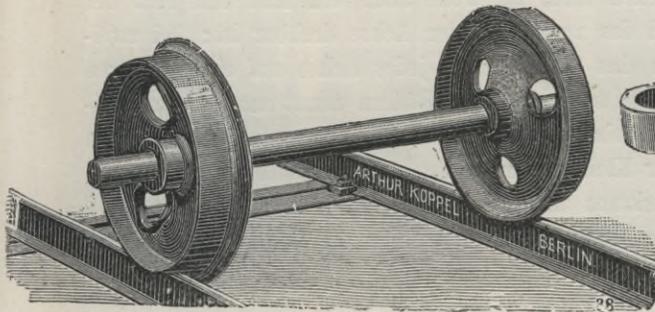


Fig. 324.



Fig. 325.

für den Betrieb der Wald- und Feldeisenbahnen soll deshalb hier ebenso wenig wie auf den Betrieb näher eingegangen werden, da dies in die Lehre

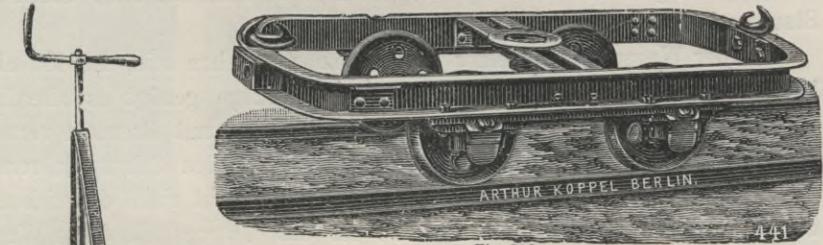


Fig. 326.

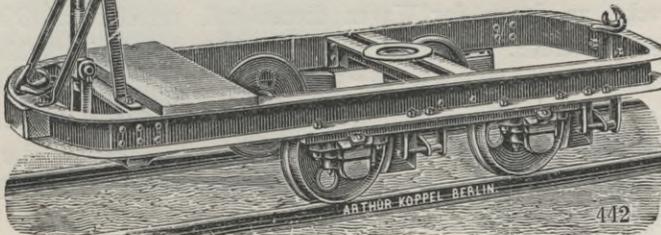


Fig. 327.

von der Forstbenutzung gehört. Im folgenden soll daher nur soviel über die Wagen und Lokomotiven gesagt werden, als zum bessern Verständnis der vorangegangenen Erläuterungen für den Bau der Eisenbahnen notwendig ist.

Die von verschiedenen Maschinenfabriken offerierten Wagen zeigen wohl manche spezielle Verschiedenheiten, im allgemeinen sind sie aber doch ziemlich gleichmäßig gebaut. Bei jedem Wagen läßt sich das Untergestell und das Obergestell unterscheiden.

Das Untergestell besteht im allgemeinen aus einem rechteckigen starken Rahmen aus Holz oder Eisen, im letzteren Falle sind die schmalen Seiten des Rechteckes häufig abgerundet. An diesem Rahmen sind die Achsen der Räder angebracht, und zwar sind entweder die Achsen fest und es drehen sich die Räder um die Achsen, oder die Achsen sind mit den Rädern fest verbunden und drehen sich mit den Rädern in entsprechenden an dem Rahmen angebrachten Lagern. Bei Rädern, welche mit einem doppelten Spurkranz versehen sind, ist wohl auch ein Rad fest mit der Achse verbunden, während das zweite auf der Achse drehbar ist; bei zweiachsigen Wägen ist dann das lose Rad bei jeder Achse auf einer anderen Seite angebracht. Die Achse samt den zwei Rädern nennt man einen Radsatz. Bei den großen Eisenbahnen finden nur Radsätze mit festen Rädern Verwendung, und auch für Kleinbahnen eignet sich diese Konstruktion, und Räder mit nur einem Spurkranz auf der inneren Seite am besten (Fig. 324). In der Abbildung sind die Achsenzapfen, welche in die Lager kommen, vor den Rädern (Außenlager), welche Konstruktion die häufigste ist, da so die Lager gut zugänglich sind und die Stützpunkte weit auseinander liegen. Weniger empfehlenswert sind die Innenlager, welche zwischen den Rädern sich befinden. Die Räder werden entweder aus Hartguß, oder besser aus Gußstahl hergestellt. Die Lager sollen dicht verschlossen sein, damit kein Staub und Sand eindringen kann (Fig. 325).

Jeder Wagen soll mit einer guten Bremse versehen sein, um ihn allein benützen zu können. In einem ganzen Wagenzuge genügt es allerdings, wenn nur die Hälfte der schwer beladenen Wagen mit Bremsen versehen ist. Für Wald- und Feldeisenbahn sind die einfachen Schraubenbremsen, die auf einer kleinen Plattform des Wagens angebracht sind, die sichersten und empfehlenswertesten. In Fig. 326 ist das Untergestell eines Wagens ohne Bremse, in Fig. 327 mit Bremse dargestellt.

Auf dem bei allen Wagen gleichen Untergestell können für die verschiedenen Zwecke, zu denen der Wagen dienen soll, verschiedene Obergestelle befestigt werden. So wird zum Langholztransport ein drehbarer Schemel mit abnehmbaren Rungen aus Holz oder Eisen (Fig. 328) angebracht, zum Transport von Brennholz ein auf den Seiten offener Holzkasten (Fig. 329), für Erde, Steine, Torf etc. ein Holz- oder Blechkasten, der oft umkippar ist (Fig. 330 u. 331). Es würde zu weit führen, auf alle diese Konstruktionen näher einzugehen, es möge nur noch erwähnt werden, daß für die festen Gleise die Verwendung schwererer Wägen sicherer und vorteilhafter ist, wogegen im fliegenden Gleis leichtere Wägen von etwa 200 bis 250 kg zweckmäßiger sind, da diese leichter ausgehoben werden können.

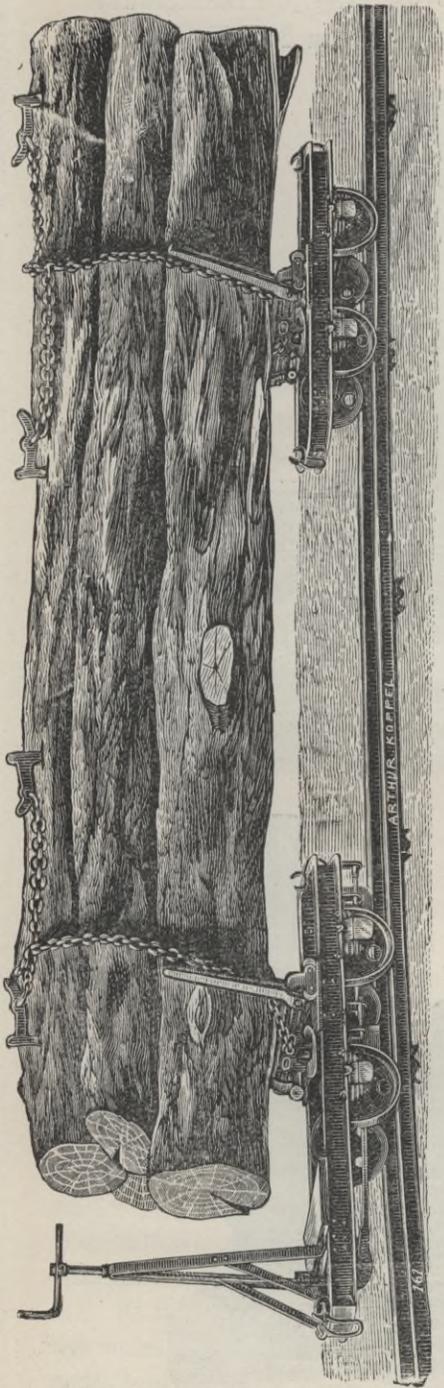


Fig. 328.

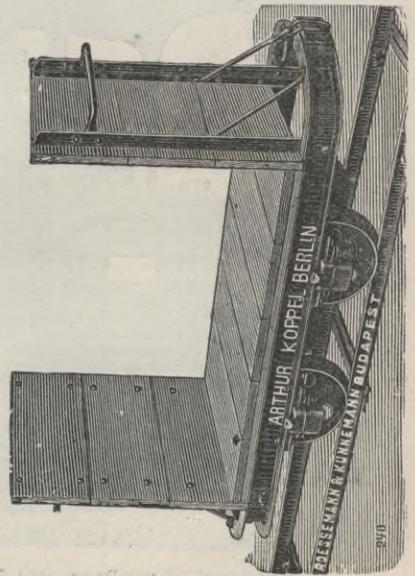


Fig. 329.

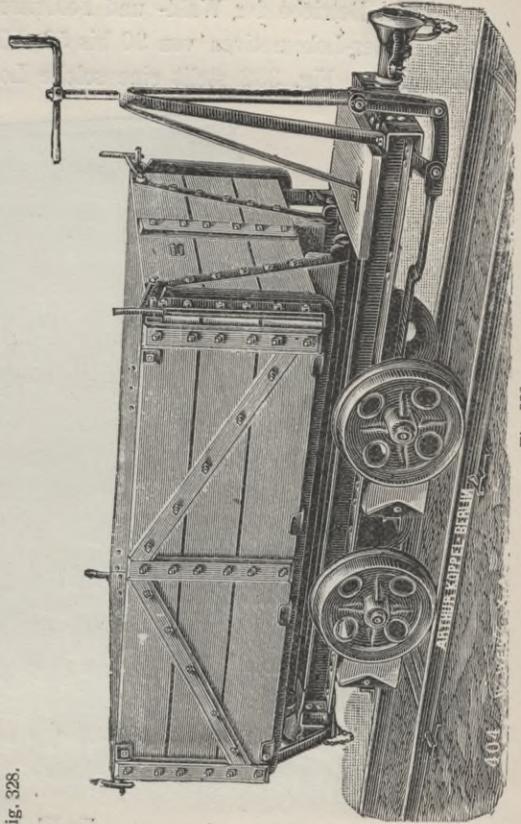


Fig. 330.

Wägen für Lang- und Brenn-Holz-Transport etc. von der Firma Roessemann und Kühnemann, in Berlin, Wien, Prag, Budapest.

Beim Betriebe der Wald- und Feldeisenbahnen mit Lokomotiven finden kleine Tender-Lokomotiven von 30 bis 50 *HP.* und 6 bis 10 *t* Dienstgewicht Verwendung. Fig. 332 stellt eine solche Lokomotive von 20 *HP.* dar.

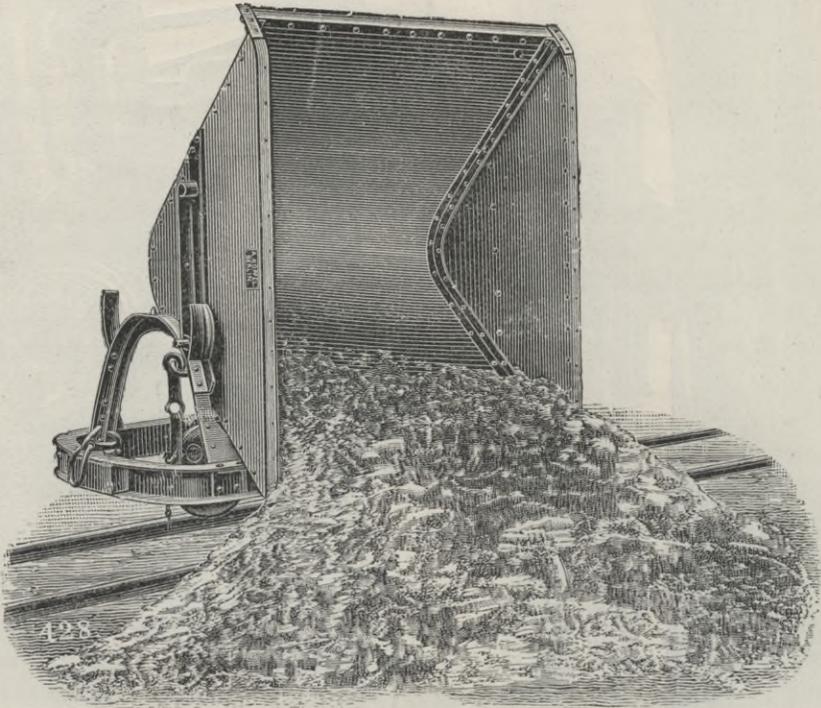


Fig. 331.

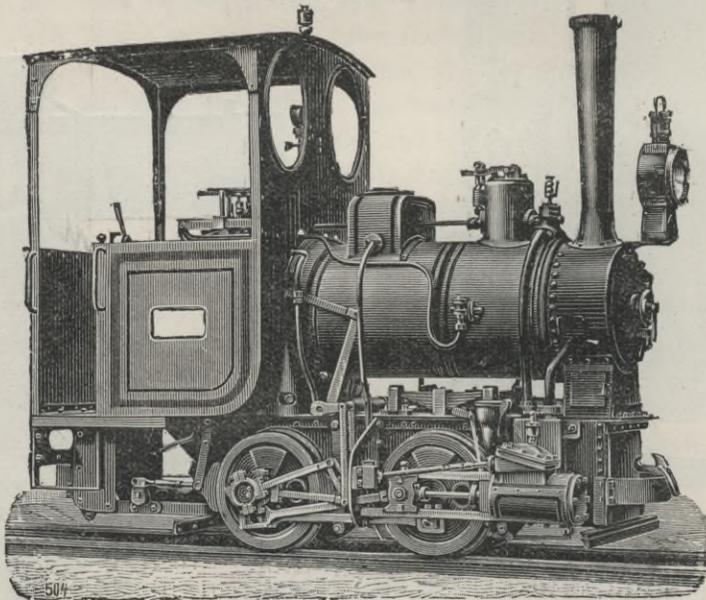


Fig. 332. Ausgeführt von Roessemann & Kühnemann, Abt. für Art. Koppels Eisenbahnen.

V. Teil. Brücken-Bau.

A. Allgemeine Grundsätze für Brückenanlagen.

Bei der Aufsuchung einer Weglinie wird man wohl trachten, Brücken so viel als möglich zu vermeiden, wo sie aber unumgänglich nötig sind, wird man auf folgende Punkte zu achten haben:

1. Die Brücke soll stets an einer solchen Stelle des Gewässers angelegt werden, wo dieses seine normale Breite hat, oder wo diese letztere auf die einfachste Weise hergestellt werden kann.

2. Die Brücken-Öffnung muß hinreichend groß sein, sodaß auch beim höchsten Wasserstande alles Wasser unter der Brücke durchfließen kann, ohne die Fahrbahn zu erreichen.

3. Die Brücke soll nur auf ganz festem, sicheren Baugrunde errichtet werden, oder wenn schon Fundierungen nötig sind, wo diese am leichtesten und billigsten geschehen können.

4. Bei reißenden Gewässern vermeide man womöglich Mittenpfeiler oder Joche.

5. Die Brücke soll das Flußbett rechtwinklig durchschneiden, und der Weg soll vor und hinter der Brücke eine Gerade bilden. Muß der Weg in einem Bogen an die Brücke anschließen, so muß der Halbmesser des Bogens möglichst groß gewählt werden, derselbe sollte nicht unter 40 bis 50 *m* betragen. Vor und hinter der Brücke soll das Gefälle des Weges möglichst gering sein, keinesfalls darf es mehr als 5⁰/₀ betragen.

6. Unmittelbar unter der Brücke soll das Flußbett unveränderlich bleiben, es soll keine Ablagerung von Geschiebe, aber auch keine Auskolkung vorkommen. Sollte dies zu befürchten sein, so müssen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden.

7. Über das für die Brücke zu verwendende Baumaterial werden wohl mancherlei Umstände, besonders die örtlichen Verhältnisse entscheiden, doch trachte man immer das dauerhafteste Material zu wählen. Ebenso wende man, selbstverständlich bei gleicher Festigkeit und Sicherheit immer die einfachste Konstruktion an.

8. Soll eine alte Brücke durch eine neue ersetzt werden, oder befinden sich in nächster Nähe auf demselben Gewässer andere Brücken, so untersuche man sorgfältig deren Zustand, ebenso die Beschaffenheit des Flußbettes, des Baugrundes, der Ufer, die Größe der Brückenöffnung etc. Man

wird dann, ohne schwere Fehler zu begehen, die älteren u. zw. die am besten befundenen zum Muster nehmen und etwa vorgefundene Fehler bei der neuen Brücke vermeiden können.

B. der Grundbau.

I. Bohlwerke und Joche.

Zur Unterstützung der Brückenträme hölzerner Brücken auf den Ufern dienen Bohlwerke und zwischen den Ufern Brückenjoche, wenn auch diese Unterstützungen aus Holz konstruiert werden sollen.

Die Bohlwerke werden aus 25 bis 30 *cm* starken Pfählen hergestellt, welche in einer Entfernung von 1 bis 1.25 *m* voneinander in einer Reihe senkrecht eingetrieben werden. Der auf die Pfähle aufgezapfte Holm dient als Querschwelle zur Auflage der Brückenträme. Um eine Hinterwaschung des Bohlwerkes zu verhüten, muß dieses mit Flügelwänden versehen sein. Die Pfähle werden auf beiden Seiten mit Pfosten benagelt. Bei einem kleineren Gewässer mit schwachem Eisgang genügt es jedoch, wenn die Pfähle nur auf der Uferseite mit Pfosten benagelt werden. Die Pfosten müssen mindestens 50 bis 60 *cm* unter die Sohle des Gewässers reichen, um einer Unterwaschung vorzubeugen, eventuell muß vor das Bohlwerk eine Spundwand geschlagen werden. Zur größeren Festigkeit muß das Bohlwerk mit Erdankern versehen sein. Fig. 333 zeigt den Grundriß eines solchen Bohlwerkes.

Die Brückenjoche dienen zur Unterstützung, d. h. als Auflagepunkte der Tragbalken der Brücke zwischen den Ufern. Sie bestehen aus



Fig. 333.

einer Reihe von Pfählen oder Piloten *a* von etwa 30 *cm* Durchmesser, welche in einer Entfernung von 1 bis 1.25 *m* voneinander eingerammt werden (Fig. 334). Die beiden äußersten werden etwas schräg unter einem Winkel von 70° mit der Horizontalen, die dazwischen befindlichen aber ganz vertikal eingerammt. Diese Jochpfähle werden in gleicher Höhe abgeschnitten, mit Zapfen versehen und darauf ein starker Holm, der Kronbalken oder die Kronschwelle *b* aufgesetzt. Auf diesen Kronbalken kommen dann die Brückentragbalken zu liegen. Bei ganz kleinen Brücken über schwache Gewässer ohne starken Eisgang können die Joche nur aus diesen Jochpfählen mit dem Jochbalken bestehen. Größere Joche müssen aber mit horizontalen Zangen und Kreuzstreben versehen werden. Die

Zangen *c* sind 20 bis 25 *cm* starke Hölzer, welche horizontal zu beiden Seiten über die Jochpfähle gelegt und mit diesen verkämmt und verbolzt werden. Zwischen die Zangen kommt auf jede Seite in entgegengesetzter Richtung eine 15 *cm* starke Strebe *d*. Bei starkem Eisgange werden die

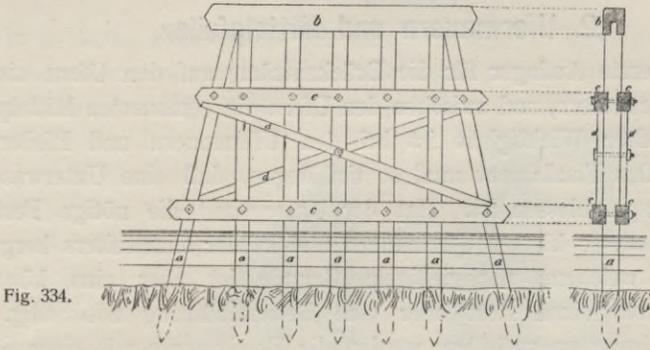


Fig. 334.

Joche von beiden Seiten noch mit 8 *cm* starken Pfosten bekleidet, welche aber nicht dicht aneinander stoßen müssen.

Am Wasserspiegel, wo die Jochpfähle ständig wechselnder Nässe und Trockene ausgesetzt sind, verfaulen die Pfähle bald, Tannenholz dauert etwa 18, Eichenholz 22 bis 25 Jahre. Um die Jochpfähle leichter durch neue ersetzen zu können, ohne die ganze Brücke abtragen zu müssen, werden die Joche besonders bei größeren Brücken oft in folgender Weise konstruiert, u. zw. gleich bei der ersten Herstellung der Brücke (Fig. 335). Die Jochpfähle *a*

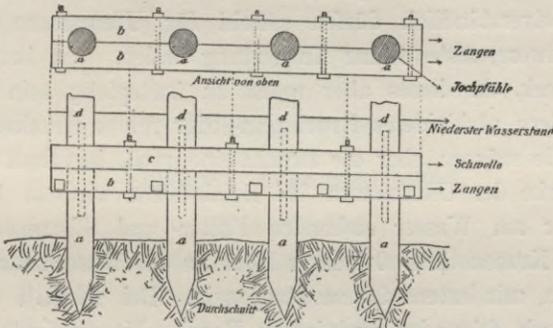


Fig. 335.

werden unter der Linie des tiefsten Wasserstandes in gleicher Höhe abge-schnitten und nun von beiden Seiten etwa 40 *cm* hohe Zangen *b* angelegt und verbolzt. Über diese Zangen wird eine starke Schwelle *c* gelegt und mit den Zangen gleichfalls verbolzt. Auf diese Schwelle werden die sogenannten Jochsäulen *d* gestellt, welche aber mit der Schwelle nicht verzapft, sondern durch starke eiserne Stangen verbunden werden, welche in vorgebohrte Löcher der Jochsäulen, Schwelle und Jochpfähle kommen. Die Jochsäulen werden ober dem Wasser wieder mit Zangen und Streben verbunden und eventuell mit Pfosten belegt.

Die Joche müssen immer parallel mit dem Stromstriche stehen. Bei starkem Eisgange werden die äußersten, gegen die Stromrichtung gekehrten Pfähle durch scharfe Eisenschienen geschützt, oder es werden Eisbrecher errichtet.

2. Ufermauern und Mittelpfeiler.

Das sicherste Auflager für die Brückenträme auf den Ufern sind die Stirn- oder Ufermauern, und zwischen den Ufern die gemauerten Mittelpfeiler.

Von größter Wichtigkeit ist bei den Ufermauern und Pfeilern die Fundierung. Das Fundament muß so tief liegen, daß eine Unterwaschung vollkommen ausgeschlossen ist. Hat der Untergrund die nötige Festigkeit und Tragfähigkeit, so können Ufermauern und Pfeiler ohneweiters hergestellt werden. Bei weichem, nachgiebigem Grunde ist aber eine künstliche Fundierung durch einen Rost oder eine Betonschüttung notwendig. Um eine Unterwaschung zu verhüten, werden die Fundamente mit einer Spundwand umschlagen.

Die Ufermauern erhalten nach beiden Seiten Flügelmauern, welche entweder rechtwinklig oder stumpfwinklig abzweigen. Die Pfeiler müssen parallel mit dem Stromstriche stehen, erhalten einen rechteckigen Grundriß, welcher an den schmalen Seiten durch einen Halbkreis oder eine halbe Ellipse abgeschlossen ist.

Die Ufermauern wird man wohl mitunter bei ganz kleinen Gewässern als Trockenmauern herstellen können, die Pfeiler müssen unter allen Umständen mit Mörtel und zwar mit hydraulischem oder Zementmörtel hergestellt werden. Selbstverständlich dürfen sowohl für Ufermauern als auch für Pfeiler nur schwere, feste Steine Anwendung finden. Am besten wäre wohl Quadermauerwerk, da dieses aber meist zu kostspielig sein dürfte, wählt man mit Quadern verkleidetes Bruchstein- oder reines Bruchsteinmauerwerk. Im letzten Falle müssen aber die Bruchsteine groß, lagerhaft und sehr fest sein. Die Stärke der Ufermauern bei Holzbrücken wird so berechnet, wie die Stärke der am Wasser stehenden Futter- und Stützmauern, d. h. sie bekommen als Kronenstärke 0·4 ihrer Höhe an der Wasserseite. Die Flügelmauern müssen mindestens 90 *cm* stark sein. Bei Pfeilern ermittelt man ihre Stärke nach folgender praktischen Regel. Man nimmt 0·5 bis 0·6 *m* und addiert dazu für jeden Meter Höhe noch 0·15 bis 0·20 *m*, sodaß also ein 4 *m* hoher Pfeiler $0·5 + 4 \times 0·15 = 1·1$ bis $0·6 + 4 \times 0·20 = 1·4$ *m* stark sein muß. Sind die Pfeiler voneinander mehr als 6 *m* entfernt, so macht man ihre Stärke noch um 10⁰/₀ größer, also bei dem obigen Beispiele 1·21 bis 1·54 *m*.

Bei steinernen, gewölbten Brücken, wo die Ufermauern und Pfeiler die Widerlager für die Gewölbe zu bilden haben, richtet sich ihre Stärke nach der Form und Spannweite des Gewölbes. Je kleiner die Pfeilhöhe im Verhältnis zur Spannweite des Gewölbes ist, desto größer muß die

Widerlagsstärke sein. Die Ufermauern und Pfeiler erhalten demgemäß $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ der Spannweite als Stärke, bei sehr flachen Gewölben und sehr reißendem Wasser sogar bis $\frac{1}{3}$ (siehe: steinerne Brücken).

3. Eisbrecher.

In größeren Flüssen, wo ein starker Druck des Eises gegen die Joche oder gemauerten Strompfeiler zu befürchten ist, müssen vor diesen Eisbrecher angebracht werden (Fig. 336). Diese bestehen aus einer oder bei starken

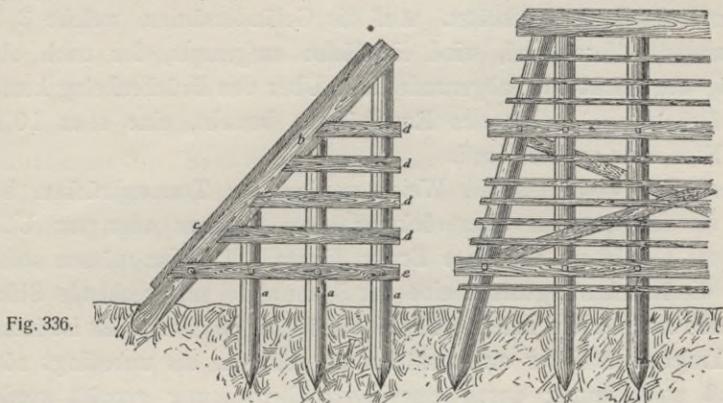


Fig. 336.

Pfeilern auch aus zwei bis drei Reihen von Piloten α , über welche mit einer Neigung von 45° der Eisbaum b , d. h. ein Holm aufgezapft ist, auf welchem eine Eisenschiene c befestigt wird. Von den Seiten werden die Piloten mit Pfosten d belegt und unter der Linie des tiefsten Wasserstandes mit Zangenhölzern e verbunden.

C. Die Brücken.

I. Einfache Tramenbrücken.

a) Konstruktion.

Die Tramenbrücke findet Anwendung zur Überbrückung von Gräben oder schmalen Bächen, sie kann aber auch, wenn man nur genügend starke Träme verwendet, noch bis zu einer Spannweite von 10 *m* hergestellt werden.

Auf das Ufer, parallel mit diesem, werden zwei Querschwellen gelegt, d. h. zwei runde oder behauene Hölzer von 25 bis 35 *cm* Stärke, welche den Zweck haben, die Last der Brücke auf die Unterlage gleichmäßig zu verteilen. Nur wenn das Ufer aus festem Felsen besteht, können die Querschwellen direkt auf das Ufer gelegt werden, oder bei ganz kleinen Brückchen. Bei größeren Brücken und weichen Ufern müssen die Querschwellen auf eine Ufermauer kommen, oder es muß ein Bohlwerk errichtet werden. Senkrecht über die Querschwellen werden die Brückentragbalken, 0.6 bis 0.8 *m* voneinander entfernt gelegt, welche mit den Querschwellen verkämmt

werden. Quer über die Tragbalken werden dicht aneinander die Belaghölzer gelegt. Das sind bei ganz kleinen Brückchen runde oder halbrunde Hölzer, bei größeren Brücken aber vierkantig zugehauene oder geschnittene Hölzer von 12 bis 15 *cm* Stärke, oder 10 bis 12 *cm* starke Pfosten. Über die Belaghölzer kommen zu beiden Seiten die Saumschwellen, welche stellenweise durch Holznägel mit dem Belag verbunden werden. Soll die Brücke ein Geländer erhalten, so werden die Geländersäulen in die Saumschwellen verzapft und durch Streben, welche in die Säulen und in die verlängerten Belagshölzer verzapft sind, gestützt. Auf die Geländersäulen, welche 3 bis 4 *m* voneinander entfernt sind, wird ein Holm aufgezapft, der nach oben scharf schräg abgeflächt oder abgerundet ist. Über den Brückenbelag kommt bei kleinen Brückchen, wo er aus Rundhölzern besteht, eine etwa 10 *cm* hohe Lage Kies oder grober Sand.

In der eben beschriebenen Weise werden die Tramenbrücken hergestellt, ob sie nun nur zur Überbrückung eines Grabens oder zur Überbrückung eines Gewässers bis 10 *m* Breite dienen soll. Nur müssen selbstverständlich die Brückentragbalken eine der Spannweite entsprechende Stärke bekommen, und zwar macht man sie 20/25 bis 30/36 *cm* stark. Es ist immer besser, die Tragbalken lieber etwas stärker zu nehmen, als unbedingt nötig ist. Es muß auch immer durch eine Kontrollberechnung geprüft werden, ob die gewählte Stärke ausreicht.

Haben die Brückenbalken eine große freie Länge, so bringt man zur Erhöhung der Tragfähigkeit an den Enden Sattelhölzer an, welche eine Länge von 1·25 bis 1·75 *m* und dieselbe Stärke wie die Träme erhalten. Sie werden mit diesen verdübelt und verbolzt. Um die Last gleichmäßiger auf alle Träme zu verteilen, bringt man auch bei großer Länge der Träme in der Mitte quer unter den Trämen eine Tragschwelle an, welche mit den Trämen verkämmt und verbolzt wird. Weil die langen schmalen Brücken sehr leicht in Seitenschwingungen geraten, so bringt man zur Verhütung unter den Trämen zwischen den Querschwellen am Ufer und der Tragschwelle in der Mitte sogenannte Andreaskreuze aus 18/21 *cm* starken Hölzern an, welche mit den Trämen verkämmt und verbolzt werden (Fig. 337).

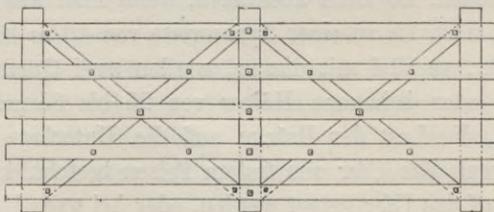


Fig. 337.

Von besonderer Wichtigkeit bei jeder Holzbrücke ist es, den Trämen ein festes, sicheres Auflager auf den Ufern zu geben. Die Brückenträme müssen in einer Länge von 0·6 bis 1 *m* auf dem Ufer, bezw. auf den Querschwellen aufliegen.

b) Berechnung.

Die Tragbalken einer Tramenbrücke werden auf relative oder Biegezugfestigkeit beansprucht. Die relative Festigkeit oder Bruchlast eines mit beiden Enden fest aufliegenden, gleichmäßig belasteten Balkens von l cm Länge, b cm Breite und h cm Höhe und mit dem Festigkeitskoeffizienten k Kilogramm pr. 1 cm^2 des Querschnittes, berechnet sich nach der Formel

$$Q = \frac{8 b h^2}{l} \cdot \frac{k}{6}$$

Man hat demnach das eigene Gewicht des Brückenteiles samt der zufälligen Belastung oder Nutzlast zu ermitteln, welchen ein jeder Brückenram zu tragen hat, und diese Last mit dem aus obiger Formel sich ergebenden Werte zu vergleichen. Wie bei allen Festigkeitsberechnungen von Holzkonstruktionen im Bauwesen muß man mit zehnfacher Sicherheit rechnen, es darf daher das eigene Gewicht nebst der zufälligen Belastung des auf einen Tram entfallenden Brückenteiles höchstens $\frac{1}{10}$ des aus der Formel sich ergebenden Wertes ausmachen. Die zufällige Belastung ist bei einer Brücke einem dichten Menschengedrange entsprechend mit 400 kg pr. 1 m^2 anzunehmen.

Es soll z. B. eine einfache Tramenbrücke hergestellt werden von 10 m freier Länge und 5 m Breite. Diese könnte in folgender Weise konstruiert werden. 8 Stück Träme a von 30/36 cm Querschnitt werden in Entfernungen von 0.7 m von Mitte zu Mitte gelegt (Fig. 338). Unter diese kommt in der Mitte eine ebenso starke Tragschwelle b und zwischen diese und die Querschwelle s an den Enden je ein Andreaskreuz c bestehend aus je zwei 7 m langen 18/21 cm starken Balken. Als Belag wird eine Lage von 12 cm starken eichenen Pfosten verwendet. Alles andere Holz ist Tannenholz.

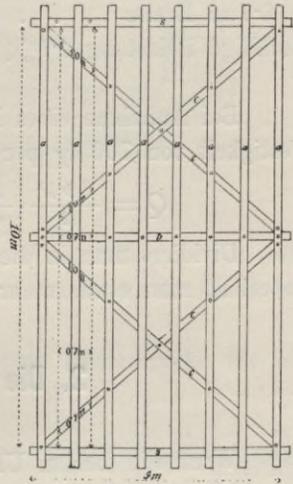


Fig. 338.

Jeder Brückenbalken hat zu tragen:

1. Sein eigenes Gewicht.
2. Nach jeder Seite hin ein Stück von 0.35, also zusammen 0.7 m der mit ihm verbolzten Tragschwelle.
3. Vier Stücke der Andreaskreuze in dem Streifen von 0.7 m Breite schräg liegend, daher jedes 1 m lang.
4. Einen Streifen von 0.7 m Breite und 10 m Länge, also 7 m^2 des Belages und die auf diesen Streifen entfallende zufällige Belastung.
5. Einen Teil des Gewichtes des Geländers, Bolzen etc.

Diese Lasten ergeben sich wie folgt:

1. Der Brückenbalken selbst	$0.30 \times 0.36 \times 10 = 1.08 \text{ m}^3$ Tannenholz	
2. Ein 0.7 m langes Stück der Tragschwelle	$0.30 \times 0.36 \times 0.7 = 0.08$ „ „	
3. Vier Stücke des Andreaskreuzes à 1 m lang	$0.18 \times 0.21 \times 1 \times 4 = 0.15$ „ „	
	<u>1.31 m³ Tannenholz</u>	à 700 kg 917 kg
4. Belag $0.12 \times 0.7 \times 10$	$= 0.84$ „ Eichenholz	à 800 kg 672 „
5. Anteil am Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung		<u>111 „</u>
Eigenes Gewicht des Brückenstreifens von 10 m Länge und 0.7 m Breite		1700 kg
Zufällige Belastung $0.7 \times 10 = 7 \text{ m}^2$ à 400 kg		<u>2800 „</u>
	Gesamtlast	<u>4500 kg</u>

Bei Annahme eines Festigkeitskoeffizienten für Tannenholz für relative Festigkeit von 700 kg per 1 m² ist

$$Q = \frac{8 b h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 30 \cdot 36^2}{1000} \cdot \frac{700}{6} = 36288 \text{ kg.}$$

Dividiert man in diese Zahl mit der wirklichen Gesamtlast von 4500, so erhält man etwas mehr als achtfache Sicherheit.

2. Die Joch- und Pfeilerbrücken.

a) Konstruktion.

Wenn die beiden Ufer so weit voneinander entfernt sind, daß man keine hinreichend starken und langen Träme in einem einzigen Stück verwenden kann, so muß eine Unterstützung zwischen den Ufern stattfinden. Ist die Herstellung von Jochen oder Pfeilern im Flusse möglich, so werden

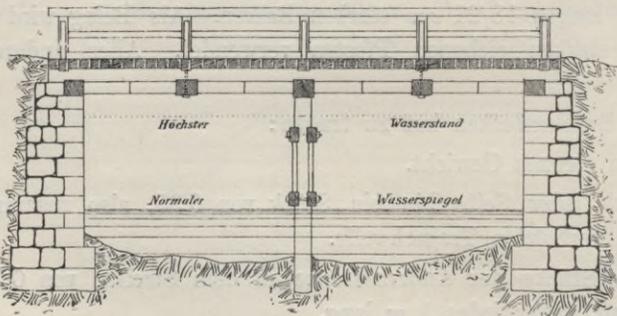


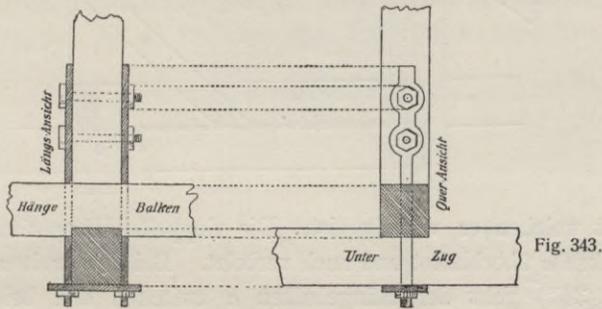
Fig. 339.

diese als Unterstützung angewendet (Fig. 339). Werden zwei Joche oder Pfeiler nötig, so stellt man sie so, daß ihre Entfernung voneinander 0.4 und die Entfernung von den Ufern 0.3 der ganzen Länge beträgt. Der

selbe wie bei den Tramenbrücken; es kommt also über die Träme der Belag, unter diese Andreakreuze eventuell Tragswellen. Das Geländer wird mit den zwei Hängwerken in Verbindung oder unmittelbar neben diesen angebracht.

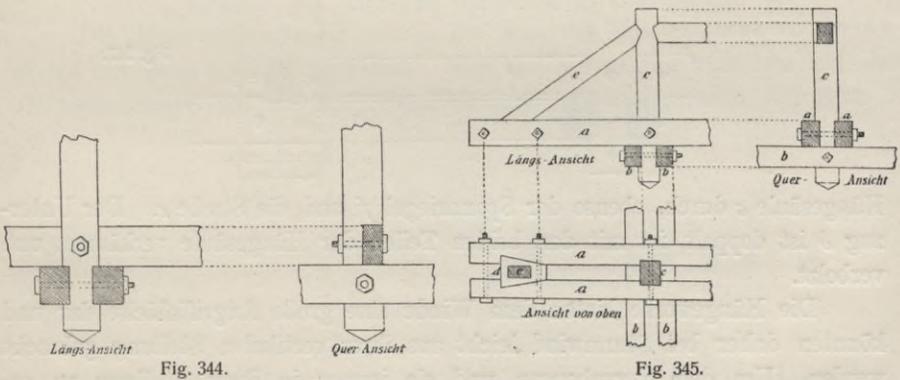
Hinsichtlich der Konstruktion der Hängwerke muß bemerkt werden, daß die Verbindung der Hängesäule mit dem Hängebalken und mit den darunter befindlichen Unterzügen großer Aufmerksamkeit bedarf. Bei leichten Hängwerksbrücken kann diese Verbindung durch Hängeisen stattfinden, welche beiderseits an der Säule durch Bolzen befestigt sind, durch eine Bohrung durch den Hängebalken durchgehen, und den Unterzug, der mit dem Hängebalken verkämmt ist, mit einer durch Schraubenmuttern festgehaltenen Schiene tragen. Diese Verbindung zeigt Fig. 343 in zwei Ansichten in der Längs- und Querrichtung des Hängebalkens.

Will man die nicht sehr sicheren Hängeisen vermeiden, so kann man folgende Verbindung anwenden. Die Hängesäule wird mit dem Hängebalken



überblattet und verbolzt und geht bis unter den Hängebalken herunter. Der Unterzug ist doppelt. Die beiden Unterzüge sind mit der Hängesäule verkämmt und verbolzt (Fig. 344).

Eine dritte Art der Verbindung ist die (Fig. 345), daß man den Hängebalken *a* doppelt legt. Zwischen diesen beiden Balken geht die Hängesäule *c*

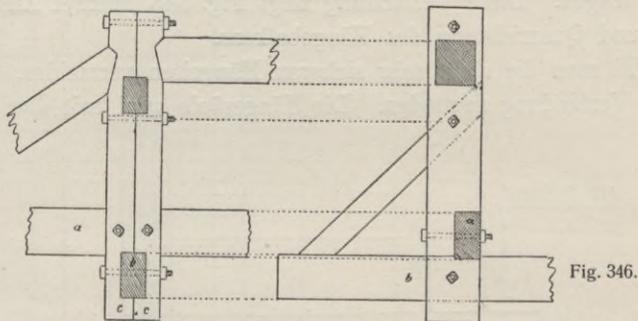


durch und ist mit ihnen verkämmt und verbolzt. Der Unterzug *b* ist wieder doppelt, und beide Unterzüge sind mit der Hängesäule verkämmt und ver-

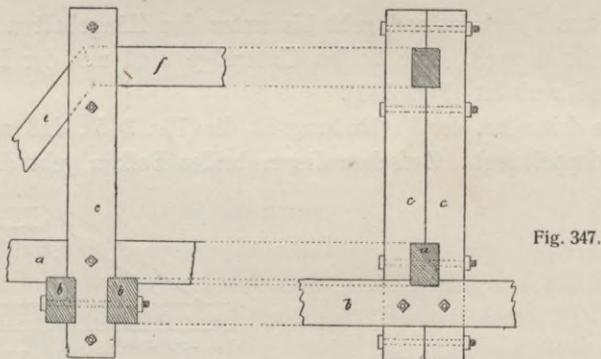
bolzt. Zur Aufnahme der Strebe *e* ist zwischen den Hängebalken am Ende ein Einsatzstück *d* verbolzt.

Diese Konstruktion, bei welcher der Hängebalken doppelt ist, wendet man jedoch seltener an, sondern wegen der großen Last, welche die Hängesäule zu tragen hat, macht man diese letztere in der Regel doppelt. Hierbei können zweierlei Konstruktionsformen Verwendung finden, nämlich entweder steht die Fuge zwischen den zwei Hängesäulen senkrecht auf die Richtung des Hängebalkens, oder sie ist mit ihm parallel.

Bei der ersteren Konstruktionsart (Fig. 346) wird nur ein Unterzug *b* verwendet, welcher in einem Ausschnitte der beiden Teile der Hängesäule *c*



liegt, mit welchem er verbolzt ist. Die doppelte Hängesäule ist mit dem Hängebalken *a* überblattet und auch verbolzt. Bei der zweiten Konstruktionsart (Fig. 347) geht der Hängebalken *a* zwischen den beiden Teilen der



Hängesäule *c* durch, ebenso der Spannriegel *f* und die Strebe *e*. Der Unterzug *b* ist doppelt, ist mit den beiden Teilen der Hängesäule verkämmt und verbolzt.

Die Hängewerke bieten dem Winde eine große Angriffsfläche dar und könnten daher bei Sturmwind leicht aus ihrer vertikalen Stellung gebracht werden. Um dem vorzubeugen und sie immer in ihrer Stellung zu erhalten, werden die Unterzüge verlängert und zwischen Unterzug und Säule eine Strebe angebracht. Diese wird mit Unterzug und Hängesäule verzapft

und verbolzt, oder durch Versatzung oder durch schwalbenschwanzförmige Überblattung verbunden. Ist der Unterzug oder die Hängesäule aber doppelt, so wird die Strebe zwischen die beiden Teile gelegt und verbolzt. (Siehe Fig. 348, 349, 350, auch 345 u. 346.)

Bei Brücken mit bedeutender Belastung und großer Spannweite werden die Hängebalken, Streben und Spannriegel als „verdübelt Balken“ in doppelter

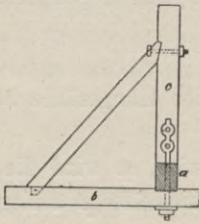


Fig. 348.

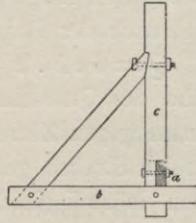


Fig. 349.

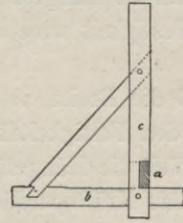


Fig. 350.

oder dreifacher Lage übereinander gelegt. Auch werden bei solchen bedeutenden Spannweiten bis 30 m zwischen den Unterzügen noch Tragschwellen

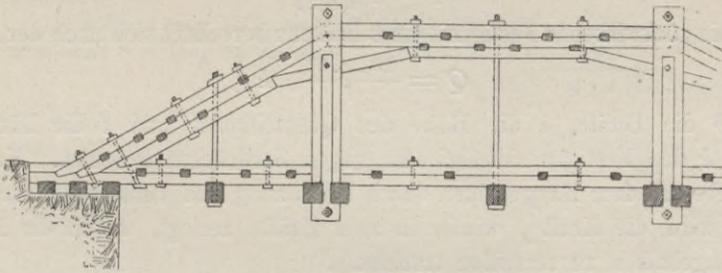


Fig. 351.

gelegt, welche mit langen, eisernen Bolzen mit Spannriegel und Streben verbunden werden (Fig. 351).

b) Berechnung der Hängwerksbrücken.

1. Brücken mit einfachem Hängwerk im allgemeinen.

Die Hängesäule befindet sich in der Mitte des Hängebalkens, die beiden Enden der Balken sind unterstützt. Weil die Hängesäule mit dem von ihr getragenen Unterzuge die Brückenbalken stützt, so sind diese in der Mitte c

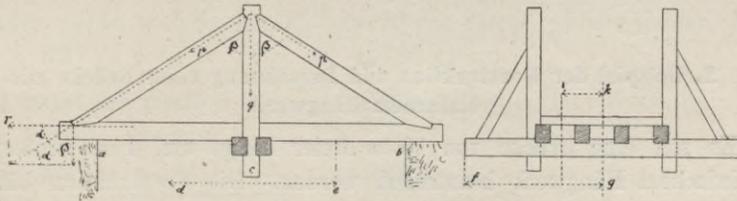


Fig. 352.

ebenfalls als unterstützt zu betrachten (Fig. 352). Das Gewicht der Brücke samt der zufälligen Belastung übt auf die Hängesäule einen Zug in vertikaler

Richtung aus, diese Last sei mit q bezeichnet. Diese Last q ist aber nicht das Gewicht und die zufällige Belastung der ganzen Brücke, sondern, weil die Endpunkte a und b unterstützt sind, nur des Teiles der Brücke von d bis e , d. h. von der Hängesäule nach beiden Seiten bis in die Mitte, und auch nicht für die ganze Breite der Brücke, sondern nur für die Hälfte fg , da auf jeder Seite der Brücke eine Hängesäule sich befindet. Diese Last q beansprucht die Hängesäule auf absolute Festigkeit (Festigkeit gegen Zerreißen). Diese Festigkeit wird berechnet nach der Formel

$$Q = b \cdot h \cdot k$$

worin b die Breite, h die Höhe des Querschnittes der Hängesäule bedeutet und k den Festigkeitskoeffizienten gegen Zerreißen.

Weil die Hängesäule von den Streben gestützt wird, so wird die Last q durch das Kräfteparallelogramm in zwei gleiche Seitenkräfte p zerlegt, von denen jede in der Richtung der Streben wirkt und diese zu zerdrücken strebt. Die Streben werden also auf rückwirkende Festigkeit beansprucht. Diese Kraft p wird berechnet nach der Formel

$$p = q \frac{\sin \beta}{\sin 2\beta}$$

Die rückwirkende Festigkeit eines Balkens berechnet sich nach der Formel

$$Q = \frac{10 \cdot b \cdot h^2}{l} \cdot k$$

worin b die Breite, h die Höhe des Querschnittes und l die Länge der Strebe, k den Festigkeitskoeffizienten gegen Zerdrücken bedeutet. Nachdem die Strebe mit dem Hängebalken durch Versatzung und Verbolzung verbunden ist, so wird die Kraft p wieder in zwei Kräfte zerlegt, wovon die Kraft r den Hängebalken zu zerreißen trachtet.

Diese Kraft r berechnet sich nach der Formel:

$$r = p \cdot \cos \alpha$$

Der Hängebalken, sowie die übrigen Brückentragbalken werden durch das Gewicht der Brücke und die zufällige Belastung auf relative Festigkeit beansprucht, und zwar hat jeder Balken einen Streifen von der Breite ik und der Länge ac zu tragen. Ebenso werden die Unterzüge auf relative Festigkeit beansprucht, und zwar haben diese eine Fläche der Brücke zu tragen von der ganzen Breite und der Länge nach jeder Seite bis in die Mitte zwischen dem nächsten Stützpunkt, also de .

2. Beispiel der Konstruktion und Berechnung einer Brücke mit einfachem Hängwerk.

Es soll eine Brücke von 10 m freier Länge und 4 m lichter Breite mit einfachem Hängwerk konstruiert werden. Die Konstruktion könnte in folgender Weise erfolgen. (Siehe Tafel VI.) Die Brückenträme, 23/29 cm stark, werden 0.8 m von Mitte zu Mitte gelegt und an den Hängesäulen doppelt. Im Ganzen sind demnach 8 solcher Träme nötig. Die Hängesäule,

die zwischen den doppelt liegenden Hängebalken verkämmt und verbolzt ist, hat 25/25 *cm* Querschnitt und 3·0 *m* Länge. Die Streben sind 5·75 *m* lang, 23/27 *cm* stark, und bilden mit dem Hängebalken einen Winkel von 24°, mit der Hängesäule demnach 66°. Mit der Hängesäule sind 2 Unterzüge verkämmt und verbolzt, von denen jeder 30/35 *cm* stark und 8 *m* lang ist. Zur Erhaltung der vertikalen Stellung der Hängsäulen sind Seitenstreben angebracht, 2·5 *m* lang, 16/18 *cm* stark. Unter den Brückenbalken liegen 2 Andreaskreuze aus je zwei, 7·2 *m* langen, 18/21 *cm* starken Balken. Der Belag besteht aus 15 *cm* starken Pfosten.

Berechnung.

1. Hängesäule.

a) Eigenes Gewicht des Brückenteiles von 5 *m* Länge, 2 *m* Breite.

1 Hängesäule	25/25 <i>cm</i> , 3 <i>m</i> lang	$0.25 \times 0.25 \times 3$	= 0.188 <i>m</i> ³
2 Unterzüge	30/35 <i>cm</i> , 4 <i>m</i> lang	$0.30 \times 0.35 \times 4 \times 2$	= 0.840 „
1 Seitenstrebe	16/18 <i>cm</i> , 2.5 <i>m</i> lang	$0.16 \times 0.18 \times 2.5$	= 0.072 „
4 Balken	23/29 <i>cm</i> , 5 <i>m</i> lang	$0.23 \times 0.29 \times 5 \times 4$	= 1.320 „
Andreaskreuz, 2 Teile			
	à 3.6 <i>m</i> lang	$18/21 \text{ cm } 0.18 \times 0.21 \times 3.6 \times 2$	= 0.270 „
Belag 2 <i>m</i> breit	5 <i>m</i> lang 15 <i>cm</i> stark	$0.15 \times 2 \times 5$	= 1.500 „
			<hr/>
			4.190 <i>m</i> ³ à 700 <i>kg</i> = 2933 <i>kg</i>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung			167 „

b) Zufällige Belastung für 2 *m* Breite, 5 *m* Länge.

$2 \times 5 = 10 \text{ m}^2$	à 400 <i>kg</i>	4000 „
		<hr/>
		Gesamtlast $q = 7100 \text{ kg}$

Die Hängesäule hat einen Querschnitt von $25 \times 25 = 625 \text{ cm}^2$, rechnet man auf die Einschnidungen 50% ab, so bleibt 313 *cm*² und nimmt man als Koeffizienten für die absolute Festigkeit von Tannenholz 800 *kg* per 1 *m*², so ist die absolute Festigkeit der Hängesäule

$$Q = 313 \times 800 = 250.400 \text{ kg},$$

es ist also mehr als 35fache Sicherheit vorhanden.

2. Die Streben.

Um die auf die Streben wirkende Kraft *p* zu finden, muß zunächst zu der auf die Hängesäule wirkende Kraft *q*, welche oben mit 7100 *kg* gefunden wurde, noch das eigene Gewicht der Strebe addiert werden, nämlich: $0.23 \times 0.27 \times 5.75 = 0.357 \text{ m}^3$ à 700 *kg* = 250 *kg*

es ist somit die Kraft $p = \frac{7350 \cdot \sin 66^\circ}{\sin 132^\circ}$

$\log 7350 = 3.86629$

$\log \sin 66^\circ = 9.96073 - 10$ $13.82702 - 10$

$\log \sin 132^\circ = \log \sin 48^\circ = 9.87107 - 10$

$\log p = 3.95595$

$p = 9035.4 \text{ kg}.$

Die rückwirkende Festigkeit einer Strebe ist bei Annahme eines Koeffizienten $k = 500 \text{ kg}$

$$Q = \frac{10 \cdot b \cdot h^2}{l} \cdot 500 = \frac{10 \cdot 23 \cdot 27^2}{575} \cdot 500 = 145 \cdot 800 \text{ kg}$$

also ist mehr als 16fache Sicherheit vorhanden.

3. Die Hängebalken und die Brückenträme.

Die Kraft p , welche auf die Streben wirkt, wird an deren Ende wieder in zwei Kräfte zerlegt, wovon die eine Kraft r in horizontaler Richtung auf den Hängebalken wirkt und diesen zu zerreißen trachtet.

Diese Kraft r berechnet sich nach der Formel:

$$r = p \cdot \cos \alpha = 9035 \cdot 4 \cdot \cos 24^\circ$$

$$\log 9035 \cdot 4 = 3 \cdot 95595$$

$$\log \cos 24^\circ = 9 \cdot 96073 - 10$$

$$\log r = 3 \cdot 91668$$

$$r = 8254 \cdot 4 \text{ kg}$$

Die absolute Festigkeit eines Balkens berechnet: n mit:

$$Q = b \cdot h \cdot k$$

$b \cdot h = 23 \times 29 = 667 \text{ cm}^2$, hievon auf die Einschnidungen 50% ab, bleibt als Querschnitt eines Hängebalkens 334 cm^2 und seine absolute Festigkeit $334 \times 800 = 267200 \text{ kg}$, also schon bei einem Balken mehr als 32fache Sicherheit. Nun liegen aber die Hängebalken doppelt, und die Strebe wirkt auf beide Balken, sodaß sich deren absolute Festigkeit und daher auch die Sicherheit verdoppelt.

Die Hängebalken werden aber auch noch so wie die übrigen Brückenträme durch das Eigengewicht der Brücke nebst der zufälligen Belastung auf relative Festigkeit in Anspruch genommen. Jeder Tram hat einen Streifen der Brücke zu tragen von $0 \cdot 8 \text{ m}$ Breite und 5 m Länge, weil die von den Hängesäulen getragenen Unterzüge als feste Stützpunkte zu betrachten sind. Die Gesamtlast dieses Brückenstreifens beträgt:

a) Eigengewicht.

$$1 \text{ Tram } 23/29 \text{ cm } 5 \text{ m lang } \quad 0 \cdot 23 \times 0 \cdot 29 \times 5 \quad = 0 \cdot 33 \text{ m}^3$$

Von den Adreaskreuzen 2 Stücke à

$$1 \cdot 2 \text{ m lang } 18/21 \text{ cm stark, } \quad 0 \cdot 18 \times 0 \cdot 21 \times 1 \cdot 2 \times 2 = 0 \cdot 09 \text{ ,,}$$

$$\text{Belag } 15 \text{ cm stark} \quad 0 \cdot 15 \times 0 \cdot 8 \times 5 = 0 \cdot 60 \text{ ,,}$$

$$1 \cdot 02 \text{ m}^3 \text{ à } 700 \text{ kg} = 714 \text{ kg}$$

$$\text{Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung} \quad \dots \quad 186 \text{ ,,}$$

b) Zufällige Belastung

$$0 \cdot 8 \times 5 = 4 \text{ m}^2 \text{ à } 400 \text{ kg} \quad \dots \quad 1600 \text{ ,,}$$

$$\text{Gesamtlast } 2500 \text{ kg}$$

Die relative Festigkeit eines Balkens ist:

$$Q = \frac{8 \cdot b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 23 \cdot 29^2}{500} \cdot \frac{700}{6} = 36 \cdot 107 \text{ kg,}$$

daher mehr als 14fache Sicherheit vorhanden.

4. Die Unterzüge.

Diese haben das Eigengewicht nebst der zufälligen Belastung eines Brückenteiles zu tragen und zwar nach jeder Seite hin bis in die Mitte zwischen Unterzug und Querschwelle am Ufer, demnach einen Teil der ganzen Brücke von 5 m Länge und 4 m Breite. Diese Gesamtlast berechnet sich wie folgt:

a) Eigengewicht.

2 Unterzüge à 4 m lang 30/35 cm	$2 \times 0.30 \times 0.35 \times 4 = 0.840 \text{ m}^3$
8 Träme à 23/29 cm 5 m lang,	$8 \times 0.23 \times 0.29 \times 5 = 2.668 \text{ „}$
Belag 4 m breit, 5 m lang, 15 cm dick	$0.15 \times 4 \times 5 = 3.000 \text{ „}$
Andreaskreuze 4 Stück à	
3.6 m lang 18/21 cm stark	$4 \times 0.18 \times 0.21 \times 3.6 = 0.544 \text{ „}$
	<u>7.052 m³ à 700 kg = 4936 kg</u>
Geländer und Bolzen etc. zur Abrundung	264 „

b) Zufällige Belastung

$4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$ à 400 kg	8000 „
	<u>Gesamtlast 13200 kg</u>

Die relative Festigkeit bei 2 Unterzügen ist:

$$Q = 2 \times \frac{8 b k^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = 2 \times \frac{8 \cdot 30 \cdot 35^2}{400} \cdot \frac{700}{6} = 171.500 \text{ kg,}$$

demnach mehr als 12fache Sicherheit.

3. Brücken mit doppeltem Hängewerk im allgemeinen.

Die beiden Hängesäulen werden stets so aufgestellt, daß jede von den festen Auflagepunkten des Hängebalkens $\frac{3}{10}$, und die beiden Säulen voneinander $\frac{4}{10}$ der freien Länge entfernt sind (Fig. 353). Auf jede Hänge-

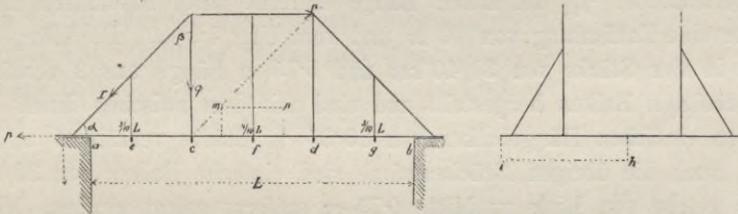


Fig. 353.

säule übt eine Last q in vertikaler Richtung einen Zug aus und nimmt die Hängesäule auf absolute Festigkeit in Anspruch. Diese Last q besteht aus dem Eigengewichte und der zufälligen Belastung des Brückenteiles von der Länge ef und der halben Breite ih der Brücke.

Die Last q wird in zwei Seitenkräfte r und p zerlegt, welche auf die Strebe und den Spannriegel wirken und diese beiden auf rückwirkende Festigkeit beanspruchen. Die auf die Strebe wirkende Kraft r ergibt sich aus der Formel

$$r = \frac{q}{\sin \alpha}$$

und die auf den Spannriegel wirkende Kraft p aus der Formel

$$p = q \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Dieselbe Kraft p wirkt auch in horizontaler Richtung auf den Hängebalken und übt auf diesen einen Zug aus, nimmt ihn also auf absolute Festigkeit in Anspruch.

Der Hängebalken sowie die übrigen zwischen den Hängebalken liegenden Brückenträme, werden durch das Eigengewicht der Brücke und die zufällige Belastung auch auf relative Festigkeit beansprucht. Hiebei haben zunächst die Punkte a, b, c und d als feste Stützpunkte zu gelten. Befinden sich zwischen diesen Punkten noch weitere Unterzüge, welche an den Streben und dem Spannriegel durch lange eiserne Bolzen aufgehängt sind, nämlich e, f und g , so haben bezüglich der Träme auch diese Punkte als feste Stützpunkte zu gelten, sodaß bei der Berechnung der Träme als freie Länge nur die Länge cf zu nehmen ist.

Durch diese Aufhängung wird auch der Spannriegel auf relative Festigkeit durch eine in seiner Mitte wirkende Last beansprucht.

Die langen eisernen Bolzen werden durch dieselbe Last auf absolute Festigkeit in Anspruch genommen. Diese Last berechnet sich aus dem Gewichte und der Belastung des Brückenteiles von der Länge mn und der halben Breite der Brücke.

4. Beispiel der Konstruktion und Berechnung einer Brücke mit doppeltem Hängwerk.

Es ist eine Brücke zu konstruieren von 25 m freier Länge und 5 m Breite. (Siehe Tafel VII.) Die Konstruktion geschieht in folgender Weise. Um die Hängesäulen so aufzustellen, daß jede vom Ufer $\frac{3}{10}$ der Länge und beide voneinander $\frac{4}{10}$ der freien Länge entfernt sind, bekommen sie voneinander eine Entfernung von 10 m und vom Ufer 7.5 m . Die Hängesäulen werden in der Stärke von 30/40 cm und 5.75 m Länge aus 2 verdübelten und verholzten Balken hergestellt und sind mit dem zwischen ihnen durchgehenden einfachen Hängebalken von 30/35 cm Stärke verkämmt und verbolzt. Auch die übrigen Brückenträme sind einfache Balken von 30/35 cm Stärke, welche von Mitte zu Mitte 0.75 m entfernt gelegt werden. Mit den Hängesäulen sind je zwei Unterzüge von 32/46 cm Stärke und 9.75 m Länge verkämmt und verbolzt. Die Streben und der Spannriegel werden in der Stärke von 30/60 cm aus zwei Balken verdübelt und verbolzt. In der Mitte zwischen den zwei Hängesäulen und zwischen jeder Hängesäule und dem Ufer wird noch ein Unterzug gelegt, der mit langen eisernen Bolzen auf dem Spannriegel und den Streben aufgehängt ist. Der Belag besteht aus 15 cm starken Hölzern. Sämtliches Holz ist Tannenholz, für welches per 1 m^3 ein Gewicht von 700 kg und als Festigkeitskoeffizient

für absolute	Festigkeit pr. 1 cm^2	800 kg
„ rückwirkende	„ „ 1 „	500 „
„ relative	„ „ 1 „	700 „ angenommen wird.

Berechnung.

1. Die Hängesäulen.

a) Eigengewicht.

1 Hängesäule	30/40 cm, 5.75 m lang,	$0.30 \times 0.40 \times 5.75 = 0.690 \text{ m}^3$
2 Unterzüge	32/46 „ $\frac{9.75}{2}$ „ „	$2 \times 0.32 \times 0.46 \times 4.875 = 0.718 \text{ „}$
1 Seitenstrebe	16/18 „ 3.75 „ „	$0.16 \times 0.18 \times 3.75 = 0.108 \text{ „}$
2 halbe Unterzüge	32/46 „ $\frac{8.00}{2}$ „ „	$0.32 \times 0.46 \times 4.00 = 0.589 \text{ „}$
4 Träme	30/35 „ 8.75 „ „	$4 \times 0.30 \times 0.35 \times 8.75 = 3.675 \text{ „}$
4 Stücke vom Andreaskreuz		$4 \times 0.18 \times 0.21 \times 3.5 = 0.529 \text{ „}$
Belag 2.5 m breit 8.75 m lang 15 cm stark		$0.15 \times 2.5 \times 8.75 = 3.281 \text{ „}$
		<u>9.590 m³ à 700 kg = 6713 kg</u>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung		437 „

b) Zufällige Belastung

$8.75 \times 2.5 = 21.875 \text{ m}^2$ à 400 kg	8750 „
	<u>Gesamtlast $q = 15.900 \text{ kg}$</u>

Der Querschnitt der Hängesäule beträgt $30 \times 40 = 1200 \text{ cm}^2$

Ab für Einschnidungen 50% 600 „

bleibt 600 cm^2

Die absolute Festigkeit der Hängsäule ist daher

$$Q = b \cdot h \cdot k = 600 \times 800 = 480.000 \text{ kg,}$$

daher ist 30fache Sicherheit vorhanden.

2. Die Streben und Spannriegel.

Die Last q wurde gefunden mit 15.900 kg

Hiezu ist zu addieren das Gewicht einer

Strebe mit 30/60 cm Stärke und 9 m

Länge $0.30 \times 0.60 \times 9 = 1.62 \text{ m}^3$

Ferner die Hälfte des Spannriegels von

10 m Länge $0.30 \times 0.60 \times 5 = 0.90 \text{ „}$

2.52 m³ à 700 kg . 1.764 „

Bolzen zur Abrundung 136 „

Gesamtlast 17.800 kg

$$r = \frac{17.800}{\sin 24^\circ}$$

$$\log 17.800 = 4.25042$$

$$\log \sin 24^\circ = 9.60931 - 10$$

$$\log r = 4.64111 \text{ und } r = 43.763 \text{ kg.}$$

Die rückwirkende Festigkeit der Strebe ist:

$$Q = \frac{10 \cdot b \cdot h^2}{l} \cdot k = \frac{10 \cdot 30 \cdot 60^2}{900} \cdot 500 = 600.000 \text{ kg,}$$

daher für die Strebe mehr als 12fache Sicherheit.

$$p = 17.800 \times \text{tg } 66^\circ,$$

$$\log 17.800 = 4.25042$$

$$\log \text{tg } 66^\circ = 10.35142 - 10$$

$$\log p = 4.60184 \text{ und } p = 39.980 \text{ kg.}$$

Die rückwirkende Festigkeit des Spannriegels ist:

$$Q = \frac{10 b h^2}{l} \cdot k = \frac{10 \cdot 30 \cdot 60^2}{1000} \cdot 500 = 540.000 \text{ kg,}$$

daher für den Spannriegel mehr als 13fache Sicherheit.

Streben und Spannriegel werden durch die Aufhängung der Tragschwellen aber auch noch auf relative Festigkeit in Anspruch genommen. Da beide gleiche Stärke haben, und der Spannriegel länger ist, genügt es, die Berechnung für den Spannriegel durchzuführen, weil dann für die Strebe eine noch größere Sicherheit vorhanden sein muß.

Durch die Aufhängung mittelst der langen Bolzen wirkt auf den Spannriegel in der Mitte folgende Last:

a) Eigengewicht.

$$1 \text{ Spannriegel } 30/60 \text{ cm, } 10 \text{ m lang, } 0.30 \times 0.60 \times 10 = 1.800 \text{ m}^3$$

$$2/2 \text{ Unterzug } 32/46 \text{ cm im ganzen } 8.0 \text{ m lang } 0.32 \times 0.46 \times 4.0 = 0.589 \text{ ,,}$$

$$4 \text{ Träme } 30/35 \text{ cm à } 5 \text{ m lang } 4 \times 0.30 \times 0.35 \times 5 = 0.525 \text{ ,,}$$

$$2 \text{ Stücke vom Andreaskreuz à } 3.5 \text{ m lang } 2 \times 0.18 \times 0.21 \times 3.5 = 0.265 \text{ ,,}$$

$$\text{Belag } 2.5 \text{ m breit } 5 \text{ m lang } 15 \text{ cm stark } 0.15 \times 2.5 \times 5 = 1.875 \text{ ,,}$$

$$\underline{5.054 \text{ m}^3 \text{ à } 700 \text{ kg} = 3538 \text{ kg}}$$

$$\text{Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung } \dots \dots \dots 262 \text{ ,,}$$

b) Zufällige Belastung

$$5 \times 2.5 = 12.5 \text{ m}^2 \text{ à } 400 \text{ kg } \dots \dots \dots 5000 \text{ ,,}$$

$$\text{Gesamtlast } 8800 \text{ kg}$$

Die relative Festigkeit des Spannriegels berechnet sich nach der Formel

$$Q = \frac{8 b h^2}{l} \cdot \frac{k}{6}, \text{ weil zwar die Last nur in der Mitte wirkt, aber der}$$

Spannriegel an beiden Enden fest eingespannt ist.

$$Q = \frac{8 \cdot 30 \cdot 60^2}{1000} \cdot \frac{700}{6} = 100.800 \text{ kg,}$$

also mehr als 11fache Sicherheit.

3. Die Brücken-Träme und die Hängebalken.

Die größte freie Länge eines Trames ist 5 m, da die Unterzüge und Tragschwellen als feste Stützpunkte zu gelten haben. Jeder Tram hat daher einen 5 m langen und 0.75 m breiten Streifen der Brücke zu tragen.

a) Eigengewicht.

$$1 \text{ Balken } 30/35 \text{ cm, } 5 \text{ m lang } 0.30 \times 0.35 \times 5 = 0.525 \text{ m}^3$$

$$\text{Andreaskreuze, } 2 \text{ Teile, } 18/21 \text{ cm, } 1 \text{ m } 0.18 \times 0.21 \times 2 = 0.075 \text{ ,,}$$

$$\text{Belag } 5 \text{ m lang, } 0.75 \text{ m breit, } 15 \text{ cm stark } 0.15 \times 0.75 \times 5 = 0.563 \text{ ,,}$$

$$\underline{1.163 \text{ m}^3 \text{ à } 700 \text{ kg} = 814 \text{ kg}}$$

$$\text{Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung } \dots \dots \dots 186 \text{ ,,}$$

b) Zufällige Belastung

$$0.75 \times 5 = 3.75 \text{ m}^2 \text{ à } 400 \text{ kg } \dots \dots \dots 1500 \text{ ,,}$$

$$\text{Gesamtlast } 2500 \text{ kg}$$

Die relative Festigkeit eines Trames ist:

$$Q = \frac{8bh^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 30 \cdot 35^2}{500} \cdot \frac{700}{6} = 68.600 \text{ kg},$$

daher mehr als 27fache Sicherheit.

Die beiden Hängebalken werden durch die aus den Streben sich ergebende Kraft p auch auf absolute Festigkeit beansprucht.

p wurde gefunden mit 39.980 kg

Der Querschnitt eines Balkens ist $30 \times 35 = 1050 \text{ cm}^2$,

hievon ab für Einschnedungen 50% 525 „
bleibt 525 cm²,

daher die absolute Festigkeit $Q = 525 \times 800 = 420.000 \text{ kg}$, demnach mehr als 10fache Sicherheit.

4. Die Unterzüge und Tragschwellen.

a) Die Unterzüge an den Hängesäulen.

a) Eigengewicht.

2 Unterzüge 32/46 cm, 5 m lang $0.32 \times 0.46 \times 5 \times 2 = 1.472 \text{ m}^3$

8 Träme 30/35 cm, 4.375 m lang $0.30 \times 0.35 \times 4.375 \times 8 = 3.675 \text{ „}$

Andreaskreuze, 4 Stück

18/21 cm à 3.5 m lang $0.18 \times 0.21 \times 3.5 \times 4 = 0.529 \text{ „}$

Belag 15 cm stark, 4.375 m lg., 5 m breit $0.15 \times 4.375 \times 5 = 3.281 \text{ „}$

8.957 m³ à 700 kg = 6270 kg

Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung 480 „

b) Zufällige Belastung

$4.375 \times 5 = 21.875 \text{ m}^2$ à 400 kg 8750 „

Gesamtlast 15.500 kg

Die relative Festigkeit von zwei nebeneinander liegenden Unterzügen ist:

$$Q = 2 \times \frac{8bh^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = 2 \times \frac{8 \cdot 32 \cdot 46^2}{500} \cdot \frac{700}{6} = 252.791 \text{ kg},$$

demnach mehr als 16fache Sicherheit.

β) Die Tragschwellen zwischen dem Ufer und den Hängesäulen.

a) Eigengewicht.

1 Unterzug 32/46 cm 5 m lang $0.32 \times 0.46 \times 5 = 0.736 \text{ m}^3$

8 Träme 30/35 cm 3.75 m lang $0.30 \times 0.35 \times 3.75 \times 8 = 3.150 \text{ „}$

Andreaskreuze 4 Stücke wie oben 0.529 „

Belag 15 cm, 3.75 m lang 5 m breit $0.15 \times 3.75 \times 5 = 2.813 \text{ „}$

7.228 m³ à 700 kg = 5060 kg

Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung 240 „

b) Zufällige Belastung

$3.75 \times 5 = 18.75 \text{ m}^2$ à 400 kg 7500 „

Gesamtlast 12.800 kg

Die relative Festigkeit ist:

$$Q = \frac{8b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 32 \cdot 46^2}{500} \cdot \frac{700}{6} = 126.395 \text{ kg},$$

demnach fast 10fache Sicherheit.

γ) Die Tragswellen in der Mitte zwischen den Hängesäulen.

a) **Eigengewicht.**

1 Unterzug 32/46 cm 5 m lang wie bei β	0.736 m ²
8 Träme 30/35 cm 5 m lang 0.30 × 0.35 × 5 × 8 =	4.200 „
Andreaskreuze 4 Stücke wie bei β	0.529 „
Belag 5 m lang 5 m breit 0.15 cm stark 0.15 × 5 × 5 =	3.750 „
	9.215 m ² à 700 kg = 6450 kg
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung	250 „

b) **Zufällige Belastung**

5 × 5 = 25 m ² à 400 kg	10.000 „
	Gesamtlast 16.700 kg

Die relative Festigkeit ist:

$$Q = \frac{8b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 32 \cdot 46^2}{500} \cdot \frac{700}{6} = 126.395 \text{ kg,}$$

also 8fache Sicherheit.

Es sind also die Tragswellen eigentlich etwas schwach. In Betracht dessen jedoch, daß das Gewicht von 1 m³ Tannenholz mit 700 kg sehr hoch genommen ist, dürfte die Stärke der Wellen doch genügen. Will man aber sicherer gehen, so wird man die Tragswellen in der Mitte zwischen den zwei Hängesäulen etwas stärker machen, oder wird so wie bei den Hängesäulen zwei nebeneinander legen.

5. Die eisernen Bolzen,

an welchen die Tragswellen aufgehängt sind.

Bei der Berechnung des Spannriegels wurde die auf dem Bolzen hängende Last mit 8800 kg gefunden.

Der Festigkeitskoeffizient für Schmiedeeisen beträgt pro 1 cm² Querschnitt 600 kg, daher muß der Bolzen einen Querschnitt haben von

$$\frac{8800}{600} = 14.67 \text{ cm}^2.$$

Hieraus ist der Durchmesser der runden Stange 43.4 mm.

4. Die Sprengwerksbrücken.

a) **Konstruktion.**

Die Sprengwerksbrücken sind viel solider und widerstandsfähiger als die Hängwerksbrücken, sie erfordern aber eine große Höhe der Fahrbahn über dem Wasser, weil die unteren Enden der Streben selbst bei dem höchsten Wasserstande immer über dem Wasserspiegel bleiben müssen. Ferner erfordern die Sprengwerksbrücken sehr feste Widerlager auf beiden Ufern. Die Sprengwerksbrücken werden im allgemeinen so konstruiert, daß unter die Brückenträme, welche so wie bei allen anderen Konstruktionsarten 0.6 bis 0.8 m voneinander entfernt gelegt werden, ein oder mehrere Unterzüge kommen, welche entweder unter jedem oder unter jedem zweiten Tram durch ein Sprengwerk gestützt werden. Je nach der Spannweite werden einfache, doppelte oder mehrfache Sprengwerke angewendet. Wird

ein doppeltes Sprengwerk gewählt, so werden die beiden Unterzüge so gelegt, daß die beiden Unterzüge voneinander $\frac{4}{10}$ und jeder von der Querschwelle am Ufer $\frac{3}{10}$ der freien Länge der Träme entfernt ist. Um seitliche Schwankungen der Brücke zu verhindern, werden unter den Trämen so wie bei den anderen Konstruktionen Andreaskreuze angebracht. Um bei bedeutender Länge des Spannriegels eine Durchbiegung zu verhindern, legt man zwischen ihn und den Brückentram einen Holzklotz oder auch einen ganzen Unterzug und zieht einen Schraubenbolzen durch. Bei langen Streben werden Zangenhölzer angebracht, um eine Durchbiegung der Streben zu verhindern.

b) Berechnung.

1. Berechnung einer Brücke mit einfachem Sprengwerk im allgemeinen.

Die Brückenträme und der Unterzug werden auf relative Festigkeit in Anspruch genommen, wobei bezüglich der Träme die Punkte a , b und c als feste Stützpunkte zu gelten haben (Fig. 354), sodaß als freie Länge der Träme nur ihre halbe Länge, nämlich ac in Rechnung zu stellen ist.

Jeder Tram hat einen Streifen der Brücke zu tragen von der Länge ac und einer Breite, welche gleich ist der Entfernung zweier Träme voneinander. Für die Unterzüge ist als freie Länge die Entfernung zwischen je zwei Sprengwerken zu nehmen. Die Last, die dieses Stück des Unterzuges zu tragen hat, ergibt sich aus der Fläche der Brücke von der Länge de und der

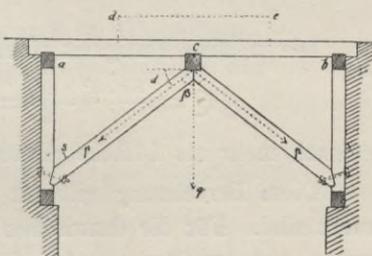


Fig. 354.

Breite zwischen zwei Sprengwerken. Diese selbe Last, welche dieser Teil des Unterzuges zu tragen hat, ist die Last q , welche auf die Streben wirkt, und diese auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch nimmt, indem sie in zwei gleiche Seitenkräfte p zerlegt wird, und es ist

$$p = q \frac{\sin \beta}{\sin 2\beta}.$$

2. Beispiel der Konstruktion und Berechnung einer Brücke mit einfachem Sprengwerk.

Es soll eine einfache Sprengwerksbrücke für 10 m freie Länge und 6 m lichte Breite konstruiert werden. Die Konstruktion geschieht in folgender Weise (Tafel VIII): 9 Stück Brückenträme von 23/29 cm Stärke und 12 m Länge werden von Mitte zu Mitte gerechnet, 0,78 m voneinander gelegt. Unter diese kommt in der Mitte ein Unterzug, 26/33 cm stark, 7 m lang, der mit den Trämen verkämmt und verbolzt wird. Unter dem 1., 3., 5., 7. und 9. Tram wird der Unterzug durch Streben gestützt, welche

21/23 *cm* stark und 5·6 *m* lang sind. Um eine Erschütterung und Durchbiegung der Streben zu verhüten, werden diese in ihrer Mitte durch doppelte Zangen gehalten, welche 10/16 *cm* stark und 2·5 *m* lang sind und welche mit Streben und Trämen leicht überkämmt und verbolzt sind. Der Belag ist 15 *cm* stark. Sämtliches Holz ist Tannenholz.

Berechnung.

1. Die Träme.

a) Eigengewicht.

1 Tram 23/29 <i>cm</i> , 5 <i>m</i> lang	0·23×0·29×5	= 0·333 <i>m</i> ³
Belag 15 <i>cm</i> stark, 0·78 <i>m</i> breit, 5 <i>m</i> lg.	0·15×0·78×5	= 0·563 „
Andreaskreuz 2 Stück à 1 <i>m</i> lg. 18/21 <i>cm</i>	0·18×0·21×1	×2 = 0·076 „
2 Zangen à 10/16 <i>cm</i> , 2·5 <i>m</i> lang	0·10×0·16×2·5	×2 = 0·080 „
Die Hälfte der Strebe 21/23 <i>cm</i> , 2·8 <i>m</i> lg.	0·21×0·23×2·8	= 0·135 „
		1·187 <i>m</i> ³ à 700 <i>kg</i> = 831 <i>kg</i>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung		109 „

b) Zufällige Belastung

5 × 0·78 = 3·9 <i>m</i> ² à 400 <i>kg</i>		1560 „
		Gesamtlast 2500 <i>kg</i>

Die relative Festigkeit eines Trames ist:

$$Q = \frac{8b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 23 \cdot 29^2}{500} \cdot \frac{700}{6} = 36.107 \text{ kg,}$$

dennach mehr als 14fache Sicherheit.

Diese Berechnung gilt für jene Träme, unter welchen Streben angebracht sind. Für die dazwischen liegenden Träme entfällt das Gewicht der Zangen und der Strebe, sodaß die Sicherheit noch größer ist.

2. Der Unterzug.

a) Eigengewicht.

1 Unterzug 26/33 <i>cm</i> , 1·5 <i>m</i> lang	0·26×0·33×1·5	= 0·129 <i>m</i> ³
2 Träme 23/29 <i>cm</i> , je 5 <i>m</i> lang	0·23×0·29×5	×2 = 0·667 „
2 Stücke vom Andreaskreuz 2·25 <i>m</i> lg.	0·18×0·21×2·25	×2 = 0·170 „
Belag 15 <i>cm</i> , 1·5 <i>m</i> breit, 5 <i>m</i> lang	0·15×1·5	×5 = 1·125 „
		2·091 <i>m</i> ³ à 700 <i>kg</i> = 1464 <i>kg</i>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung		136 „

b) Zufällige Belastung.

1·5 × 5 = 7·5 <i>m</i> ² à 400 <i>kg</i>		3000 „
		Gesamtlast 4600 <i>kg</i>

Die relative Festigkeit des Unterzuges ist:

$$Q = \frac{8b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 26 \cdot 33^2}{150} \cdot \frac{700}{6} = 176.176 \text{ kg,}$$

dennach mehr als 38fache Sicherheit.

3. Die Streben.

a) Eigengewicht.

1 Unterzug wie sub „2 Unterzug“	0.129 m ³
2 Träme „ „ „ „	0.667 „
2 Stücke vom Andreaskreuz „	0.170 „
Belag wie sub „2 Unterzug“	1.125 „
Hiezu die Hälfte von 2 Streben von 21/23 cm und 5.6 m	
Länge 0.21 × 0.23 × 2.8 × 2	0.270 „
	2.361 m ³ à 700 kg = 1653 kg
Geländer, Andreaskreuz, Bolzen etc. zur Abrundung	147 „

b) Zufällige Belastung

wie vor, $5 \times 1.5 = 7.5 \text{ m}^2$ à 400 kg 3000 kg
 Gesamtlast $q = 4800 \text{ kg}$

$$p = q \frac{\sin \beta}{\sin 2\beta} = 4800 \frac{\sin 60^\circ}{\sin 120^\circ}, \text{ da } \sin 60^\circ = \sin 120^\circ, \text{ so ist auch}$$

$$p = q = 4800 \text{ kg.}$$

Die rückwirkende Festigkeit der Strebe ist:

$$Q = \frac{10 \cdot b \cdot h^2}{l} \cdot k = \frac{10 \cdot 21 \cdot 23^2}{560} \cdot 500 = 99.187 \text{ kg,}$$

demnach mehr als 20fache Sicherheit.

3. Brücke mit doppeltem Sprengwerk im Allgemeinen.

Die Träme werden auf relative Festigkeit beansprucht und es haben die Punkte *a*, *b*, *c* und *d* als feste Stützpunkte zu gelten (Fig. 355), sodaß

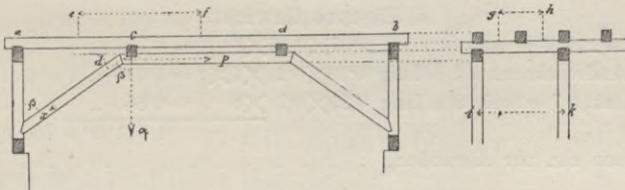


Fig. 355.

als größte freie Länge das Stück *cd* zu nehmen ist, welches $\frac{4}{10}$ der ganzen freien Balkenlänge beträgt, während *ac* und *db* je $\frac{3}{10}$ der Balkenlänge ist.

Jeder Tram hat demnach ein Stück der Brücke von der Länge *cd* und der Breite *gh* zu tragen. Auch die Unterzüge werden auf relative Festigkeit beansprucht. Die Streben und Spannriegel bilden feste Stützpunkte für die Unterzüge, sodaß als freie Länge für diese die Entfernung *ik* je zweier Sprengwerke zu nehmen ist. Es ist also als Last für die Unterzüge zu nehmen ein Stück der Brücke von der Länge *ef* und der Breite *ik*. Diese selbe Kraft *q*, welche auf die Unterzüge wirkt, wird in zwei Seitenkräfte zerlegt, welche auf die Strebe und den Spannriegel wirken und diese auf rückwirkende Festigkeit beanspruchen, und zwar ist die auf die Strebe wirkende Kraft

$$r = \frac{q}{\sin \alpha}$$

und die auf den Spannriegel wirkende Kraft

$$p = q \cdot \tan \beta.$$

4. Beispiel der Konstruktion und Berechnung einer Brücke mit doppeltem Sprengwerk.

Es ist eine doppelte Sprengwerksbrücke zu konstruieren für 20 *m* Spannweite und 5·5 *m* lichter Breite. Die Konstruktion geschieht in folgender Weise (Siehe Tafel IX): 9 Träme von 27/35 *cm* Stärke und 22 *m* Länge werden von Mitte zu Mitte 0·7 *m* entfernt gelegt. Unter diese kommen zwei Unterzüge von der gleichen Stärke und 6·5 *m* Länge, welche voneinander 8·0 *m* und jeder von dem Ende der Träme 6 *m* entfernt ist. Unter dem 1., 3., 5., 7. und 9. Tram sind die Unterzüge durch Sprengwerke gestützt, bestehend aus einem 9·5 *m* langen, 26/29 *cm* starken Spannriegel und zwei ebenso starken und je 6·5 *m* langen Streben, welche letztere mit der Horizontalen einen Neigungswinkel von 35° bilden. Träme, Unterzüge und Spannriegel sind miteinander verkämmt und verbolzt. Damit die Spannriegel sich nicht durchbiegen können, ist in der Mitte zwischen jedem Spannriegel und dem darüberliegenden Tram ein kurzer Holzklötz gelegt und es ist der Tram mit dem Spannriegel verbolzt. Der Stoß zwischen Spannriegel und Streben befindet sich zwischen doppelten Zangen von 10/16 *cm*, welche verbolzt sind. Unter den Trämen sind 18/21 *cm* starke Andreaskreuze. Der Belag ist 15 *cm* stark. Alles Holz ist Tannenholz.

Berechnung.

1. Die Träme.

a) **Eigenes Gewicht.**

1 Balken 27/35 <i>cm</i> , 8 <i>m</i> lang	0·27×0·35×8	= 0·756 <i>m</i> ³
2 Stücke vom Andreaskreuz à 1 <i>m</i> lang	0·18×0·21×1×2	= 0·076 „
Belag 15 <i>cm</i> stark, 0·7 <i>m</i> breit, 8 <i>m</i> lang	0·15×0·7×8	= 0·840 „
		<u>1·672 <i>m</i>³ à 700 <i>kg</i> = 1170 <i>kg</i></u>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung		190 „

b) **Zufällige Belastung**

0·7 × 8 = 5·6 <i>m</i> ² à 400 <i>kg</i>		2240 „
		<u>Gesamtlast 3600 <i>kg</i></u>

Die relative Festigkeit eines Balkens ist:

$$Q = \frac{8 \cdot b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 27 \cdot 35^2}{800} \cdot \frac{700}{6} = 38.588 \text{ kg,}$$

demnach mehr als 10fache Sicherheit.

2. Die Unterzüge.

a) **Eigenes Gewicht.**

1 Unterzug 27/35 <i>cm</i> , 1·4 <i>m</i> lang	0·27×0·35×1·4	= 0·142 <i>m</i> ³
2 Träme à 27/35 <i>cm</i> , 7 <i>m</i> lang	0·27×0·35×7 ×2	= 1·323 „
2 Stücke vom Andreaskreuz à 2 <i>m</i> lang	0·18×0·21×2 ×2	= 0·151 „
Belag 15 <i>cm</i> stark, 1·4 <i>m</i> breit, 7 <i>m</i> lang	0·15×1·4×7	= 1·470 „
		<u>3·086 <i>m</i>³ à 700 <i>kg</i> = 2160 <i>kg</i></u>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung		170 „

b) **Zufällige Belastung.**

1·4 × 7 = 9·8 <i>m</i> ² à 400 <i>kg</i>		3920 „
		<u>Gesamtlast 6250 <i>kg</i></u>

Die relative Festigkeit des Unterzuges ist:

$$Q = \frac{8b \cdot h^2}{l} \cdot \frac{k}{6} = \frac{8 \cdot 27 \cdot 35^2}{140} \cdot \frac{700}{6} = 220.500 \text{ kg},$$

demnach mehr als 35fache Sicherheit vorhanden.

3. Die Streben.

a) Eigenes Gewicht.

1 Unterzug wie bei „2. Die Unterzüge“	0.142 m ³
2 Träme „ „ „ „ „	1.323 „
Andreaskreuz „ „ „ „ „	0.151 „
Belag „ „ „ „ „	1.470 „
Hiezu 1/2 Strebe 26/29 cm 6.5 m lang 0.26 × 0.29 × 3.25 = 0.245 „	
1/2 Spannriegel 26/29 „ 9.5 „ „ 0.26 × 0.29 × 4.75 = 0.358 „	
	<u>3.689 m³ à 700 kg = 2582 kg</u>
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung	198 „

b) Zufällige Belastung

wie bei den Unterzügen	3920 „
	<u>Gesamtlast q = 6700 kg</u>

$$r = \frac{q}{\sin \alpha} = \frac{6700}{\sin 35^\circ}$$

$$\log 6700 = 3.82607$$

$$\log \sin 35^\circ = 9.75859 - 10$$

$$\log r = 4.06748 \text{ und } r = 11.681 \text{ kg.}$$

Die rückwirkende Festigkeit der Strebe ist:

$$Q = \frac{10b \cdot h^2}{l} \cdot k = \frac{10 \cdot 26 \cdot 29^2}{650} \cdot 500 = 168.200 \text{ kg},$$

demnach 14 1/2fache Sicherheit.

4. Die Spannriegel.

$$p = q \cdot \tan \beta = 6700 \cdot \tan 55^\circ$$

$$\log 6700 = 3.82607$$

$$\log \tan 55^\circ = 10.15477 - 10$$

$$\log p = 3.98084, p = 9568 \text{ kg.}$$

Die rückwirkende Festigkeit des Spannriegels ist:

$$Q = \frac{10b \cdot h^2}{l} \cdot k = \frac{10 \cdot 26 \cdot 29^2}{950} \cdot 500 = 115.084 \text{ kg},$$

demnach mehr als 12fache Sicherheit.

5. Kleinere Eisen-Brücken.

Brücken mit geringer Spannweite kann man in einfacher und sehr solider Weise konstruieren, wenn man statt der Brückenträme schmiedeeiserne, gewalzte Träger oder Traversen verwendet. Bis zu einer Spannweite von 2.5 bis 2.75 m kann man hiezu auch alte Eisenbahnschienen verwenden, welche ca. 30 bis 40 kg per laufenden Meter wiegen, und welche dann etwa dem Profil 15 der gewalzten Träger nach den Typen des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines entsprechen.

Die Schienen werden 0·7 bis 1 *m* voneinander entfernt gelegt. Legt man sie dichter, so kann bei geringerer Belastung auf diese Weise auch noch eine Spannweite von 3 *m* überbrückt werden. Auf den beiden Ufern müssen die Schienen eine Auflage von mindestens 15 *cm* Länge erhalten, sodaß sie also mindestens 30 *cm* länger sein müssen, als die freie Spannweite. Entweder legt man sie auf den Ufermauern auf hölzerne Querschwellen und verbolzt sie mit diesen (Fig. 356), oder man legt die Schienen auf große Steine (Quadern) und befestigt sie an diesen mittelst in die Steine eingegossener Schrauben. Besser noch ist es, in beiden Fällen in der beschriebenen Weise zuerst Eisenplatten zu befestigen, an welche die Schienen angenietet sind (Fig. 357).

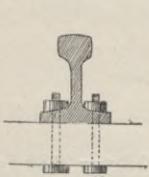


Fig. 356.

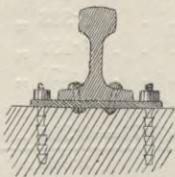


Fig. 357.

Um Seitenschwankungen zu verhüten, werden je zwei Schienen in der Mitte durch einen langen Bolzen verbunden. Der Belag besteht entweder aus 9 bis 10 *cm* starken, eichenen Pfosten, welche überschottet werden, oder aus frei bleibenden 15 *cm* starken Hölzern.

Das Geländer wird aus Schmiedeeisen, und zwar entweder aus runden Stangen von 1·5 bis 2 *cm* Durchmesser, oder aus Flacheisen, oder aus Winkeleisen hergestellt.

Bei Spannweiten über 3 bis 6 *m* kann man die Brücke in derselben Weise konstruieren, indem man statt einfacher Schienen zwei übereinander genietete Schienen verwendet.

Bei größeren Spannweiten müssen gewalzte schmiedeeiserne oder genietete Träger angewendet werden. Aber selbst bei den kleineren Spannweiten ist es vorteilhafter, gewalzte I Träger oder Traversen zu verwenden, weil man dann über deren Tragfähigkeit genau im Klaren ist, selbstverständlich muß das nötige Profil durch Berechnung ermittelt werden, und der Preisunterschied zwischen alten Eisenbahnschienen und gewalzten I Trägern ist heute nicht sehr bedeutend.

Diese Träger werden ebenfalls in Entfernungen von 0·7 bis 1 *m* voneinander gelegt. Am Ufer müssen sie eine Auflage bekommen, deren Länge mindestens gleich ist ihrer $1\frac{1}{2}$ fachen Höhe. Die Befestigung geschieht so wie bei den Schienen, ebenso werden auch zur Verhinderung von Seitenschwankungen in Entfernungen von 2 zu 2 Meter lange Bolzen angebracht. Belag und Geländer wird in der oben erwähnten Weise hergestellt.

Es wäre z. B. eine Brücke herzustellen von 10 *m* freier Länge und 5 *m* Breite.

Es werden 6 Stück Träger gelegt in Entfernungen von 1·0 *m* voneinander. Jeder Träger hat daher einen Teil der Brücke zu tragen von 10 *m* Länge und 1 *m* Breite. Die Last dieses Teiles, welche der Träger zu tragen hat, berechnet sich wie folgt:

a) **Eigenes Gewicht.**

1 Träger 10 m lang, per 1 m ca. 80 kg schwer	800 kg
Belag 15 cm stark, 1 m brt., 10 m lg., $0.15 \times 1 \times 10 = 1.5 m^3$ à 700 kg =	1050 „
Geländer, Bolzen etc. zur Abrundung	250 „

b) **Zufällige Belastung**

$1 \times 10 = 10 m^2$ à 400 kg	4000 „
Gesamtlast 6100 kg	

Diese Zahl, bzw. die nächst höhere in der Rubrik $l = 10 m$ in der Tragfähigkeitstabelle der Träger aufgesucht, ergibt Profil Nro. 32 nach den Typen des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines.

Die Träger müssen eine Länge haben von:

$$10 + 2 (0.32 + 0.16) = 10.96 \text{ oder rund } 11 m.$$

Bei größeren Spannweiten als 10 bis 12 m müssen entweder genietete Blech-, eventuell Fachwerks-Träger angewendet werden, oder es müssen Mittelpfeiler errichtet werden.

6. Steinerne Brücken.

Bei geringerer Breite des Flusses bestehen die Stein- oder Bogenbrücken nur aus den durch ein Gewölbe verbundenen Ufer- oder Stirnmauern. Bei großer Breite aber müssen zwischen den Ufermauern noch Mittelpfeiler errichtet werden, welche untereinander durch Gewölbe verbunden werden. Die Form des Gewölbes kann entweder ein Halbkreis, ein Kreissegment, eine halbe Ellipse oder ein sogenannter Korbbogen sein.

Der Halbkreis ist die beste Gewölbeform, weil bei diesem der Seitendruck des Gewölbes auf die Widerlager am geringsten ist, er kann aber nur bei kleineren Spannweiten Anwendung finden, weil bei größeren das Gewölbe und daher auch die Fahrbahn eine große Höhe über dem Wasser bekäme. Es werden daher häufig segmentförmige und elliptische Gewölbe oder die der Ellipse sehr ähnlichen Korbbögen gewählt.

Wenn man das Gewölbe segmentförmig macht, so darf die Pfeilhöhe nicht zu klein sein, sie muß bei Spannweiten bis zu 10 m mindestens $\frac{1}{12}$, von 10 bis 20 m mindestens $\frac{1}{10}$ der Spannweite betragen, wenn das Gewölbe aus Quadern oder Ziegeln hergestellt wird. Bei Bruchsteinen aber darf die Pfeilhöhe nicht weniger als $\frac{1}{8}$ der Spannweite bei kleinen und $\frac{1}{6}$ bei größeren Spannweiten betragen. Bei elliptischen oder Korbbögen darf die Pfeilhöhe nicht kleiner sein als $\frac{1}{4}$ der Spannweite.

Die Gewölbe-Anfänge (Kämpfer) sollen womöglich über dem höchsten Wasserstande liegen, doch können sie auch unter dem höchsten Wasserspiegel liegen, und zwar bei halbkreisförmigen Gewölben bis um $\frac{2}{3}$ der Pfeilhöhe, bei elliptischen oder Korbbögen sogar $\frac{3}{4}$, bei weniger flachen segmentförmigen Gewölben bis $\frac{1}{2}$ der Pfeilhöhe. Bei sehr flachen segmentförmigen Gewölben müssen aber die Kämpfer unbedingt über der höchsten Wasserlinie liegen.

Wenn die Gewölbe aus Ziegeln ausgeführt werden, macht man sie in der Regel am Anlauf und Schluß gleich stark, bei Bruchstein-Gewölben aber wird immer die Anlaufstärke größer gemacht und zwar $1\frac{1}{2}$ bis 2 mal so groß als die Schlußstärke. Die Gewölbestärke wird nach einer der beiden Formeln auf Seite 67 berechnet, wobei in der ersten Formel stets $\frac{S}{12}$ zu nehmen ist.

Die Ufermauern erhalten bei halbkreisförmigen Gewölben $\frac{1}{5}$, bei Korbbögen und elliptischen Gewölben $\frac{1}{4}$ und bei flachen segmentförmigen Gewölben bis $\frac{1}{3}$ der Spannweite als Stärke. Die Flügelmauern müssen mindestens 90 *cm* stark sein.

Mittelpfeiler erhalten bei kleineren Brücken mit Spannweiten bis 7 *m* für halbkreisförmige Gewölbe $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$, für elliptische und Korbbögen $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ und bei flacheren segmentförmigen Gewölben $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Spannweite als Stärke.

Die einzelnen Lehrbögen müssen sehr fest konstruiert werden. Bei kleineren Spannweiten werden sie aus Brettern oder starken Pfosten hergestellt. Für größere Spannweiten werden die Lehrbögen aus einzelnen Hölzern, den Bogenstücken oder Rippen zusammengesetzt, welche von den Säulen eines Hängwerkes getragen werden (Fig. 358). Die einzelnen Lehrbögen werden entweder auf Schwellen gelegt, welche von Piloten getragen werden (Fig. 359), oder sie werden durch ein Sprengwerk gestützt (Fig. 358).

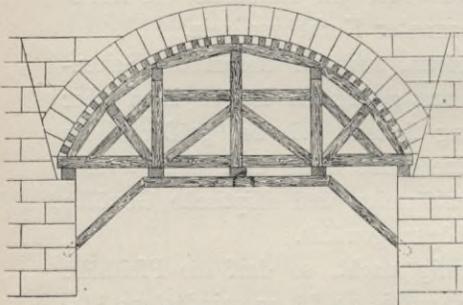


Fig. 358.

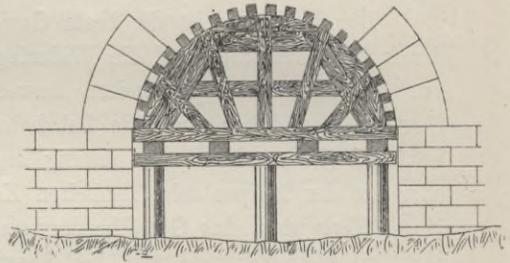


Fig. 359.

Selbstverständlich müssen die Lehrbögen auf untergelegte Doppelkeile gestellt werden, um sie genau richten zu können, daß ihre höchsten Punkte in eine Horizontale kommen, und auch um bei der Ausrüstung ein langsames Setzen zu ermöglichen. Die Lehrbögen werden dann mit schmalen Hölzern oder starken Latten, welche nicht dicht nebeneinander kommen, verschalt.

Nachdem das Gewölbe geschlossen ist, wird es mit Mörtel übergossen, damit die Fugen vollständig ausgefüllt werden, dann wird die Nachmauerung vorgenommen und diese wird zu beiden Seiten der Brücke 30 *cm* über den Schluß des Gewölbes erhöht (Bordmauer). Auf diese kommt dann die Brüstungsmauer in einer Höhe von 0.75 bis 1.25 *m* und 0.3 bis 0.6 *m* Stärke. Das Gewölbe bzw. die Nachmauerung wird dann mit einer Beton-

oder Asphalttschichte bedeckt, um das Eindringen von Regenwasser zu verhüten, worauf mindestens 30 *cm* hoch Schotter kommt, oder man bringt eine 25 *cm* hohe Sandschüttung auf das Gewölbe und pflastert die Fahrbahn.

Die Fahrbahn soll von beiden Enden der Brücke gegen die Mitte zu 2 bis 3⁰/₀ Steigung bekommen, ebenso muß die Fahrbahn gewölbt sein und ihre Erhöhung in der Mitte circa $\frac{1}{50}$ der Breite betragen.

Um eine Unterwaschung und Auskolkung des Flußbettes unterhalb der Brücke zu verhüten, führt man sowohl an der Einfluß- als Ausflußöffnung quer durch das Flußbett von Pfeiler zu Pfeiler eine Mauer, die sogenannte „Herdmauer“ auf, welche von der Fundamentsohle bis zur Oberfläche des Flußbettes reicht, 0.45 bis 0.75 *m* stark gemacht wird und zwischen welchen Mauern die Sohle des Flußbettes gepflastert wird.

Selbstverständlich dürfen zu dem sämtlichen Mauerwerk nur harte dauerhafte Steine und hydraulischer Mörtel verwendet werden.

Auf Tafel X ist eine steinerne Brücke mit zwei Wölbungen von je 6 *m* Spannweite dargestellt.

VI. Teil. Wasserbau.

A. Entwässerungs-Anlagen.

I. Arten der Entwässerung.

Zur Entwässerung und Trockenlegung einer versumpften Fläche gibt es zwei Mittel, nämlich:

- I. Die Senkung des Wasserspiegels und
- II. Die Erhöhung des Terrains.

Die Senkung des Wasserspiegels kann erfolgen:

- 1. Durch Ableitungsgräben,
- 2. Mittelst Durchbrechung des undurchlässigen Untergrundes.

Die Erhöhung des Terrains kann geschehen:

- 1. Durch Aufschüttung,
- 2. Durch Aufschwemmung oder Kolmation.

2. Entwässerung durch Gräben.

Die Entwässerung einer Fläche durch Gräben ist nur dann möglich, wenn der tiefste Punkt der Fläche, beziehungsweise die Sohle des von hier ausgehenden Grabens höher liegt als der Wasserspiegel des Ortes, wohin man das Wasser ableiten will. Ist daher dies nicht schon nach dem Augenscheine zu erkennen, so muß ein Nivellement vorgenommen werden. Hat man das Vorhandensein des nötigen Gefälles konstatiert, so wird man bei kleineren Flächen mit deutlich sichtbarem Gefälle sofort an die Herstellung des Entwässerungsgrabens gehen können. Größere Flächen mit nicht erkennbarem Gefälle müssen aber vorher vollständig und genau aufgenommen werden. Zu diesem Behufe steckt man über die ganze Fläche ein regelmäßiges Quadratnetz ab und bezeichnet alle Endpunkte durch Pflöcke, welche numeriert sind und 10 bis 20 *m* voneinander entfernt sein können. Alle diese Pflöcke werden nivelliert und auch ein Situationsplan angefertigt. Statt des Quadratnetzes kann man auch mit „zerstreuten Punkten“ arbeiten. Man lernt hiedurch die Höhenlage aller Punkte der Fläche untereinander kennen.

Die Entwässerungsgräben müssen immer durch die tiefsten Stellen der Fläche gehen und in der Richtung des größten Gefälles geführt werden, wodurch alle höheren Punkte entwässert werden können. Beim Ausheben

der Gräben arbeitet man stets vom tiefsten Punkte nach oben, damit das Wasser sofort nach unten abfließen kann, und die Arbeiter nicht im Wasser arbeiten müssen. Mit der ausgehobenen Erde werden entweder Vertiefungen ausgefüllt, oder sie wird zur Seite geworfen und flach ausgebreitet.

Das Gefälle in den Gräben soll stets möglichst gleichmäßig sein. Ist dies nicht durchführbar, so darf der Wechsel des Gefälles nicht plötzlich, sondern nur allmählich erfolgen. Es wurde gesagt, daß die Gräben nach der Richtung des stärksten Gefälles geführt werden sollen, um ein möglichst schnelles Abfließen des Wassers zu ermöglichen. Das Gefälle darf aber nicht zu groß sein, damit nicht die Grabenwände und Sohle beschädigt werden. Dies hängt natürlich in erster Linie von der Beschaffenheit des Bodens ab, dann aber auch von der Beschaffenheit der Gräben. Je breiter und tiefer, je geradliniger die Gräben und je fester der Boden, desto größer kann das Gefälle sein. In sehr lockerem Boden darf das Gefälle 0.1% nicht überschreiten, bei breiteren Gräben und festerem Lehm- oder Kiesboden dagegen kann das Gefälle bis 0.6% und in festem, steinigem Boden 1% betragen. Würde das natürlich vorhandene Gefälle in gerader Richtung diese Grenzen überschreiten, so muß die Grabenlänge vergrößert werden, indem man den Graben nicht in gerader Richtung führt, sondern gekrümmt oder in gebrochener Linie. Oder es wird die Grabensohle stufenförmig hergestellt. Grabensohle und Wände müssen dann aber durch Pflasterung od. dgl. gegen Beschädigung geschützt werden. Am schlimmsten ist es, wenn man den Graben von einem Plateau über einen stark geneigten Abhang führen muß. Entweder muß dann der Graben mit entsprechend mäßigem Gefälle schräg über den Abhang geführt werden, oder man stellt in gerader Richtung über den Abhang hinunter eine hinreichend breite und fest ausgeplattete Rinne her.

Wie schon erwähnt wurde, soll der Entwässerungsgraben von dem tiefsten Punkte der zu entwässernden Fläche ausgehen. Wie tief hier der Graben sein soll, hängt davon ab, wie tief die Fläche d. h. der Boden entwässert werden soll. Bei einer Wiese z. B. genügt es, wenn der Wasserspiegel im Graben 30 bis 50 *cm* tiefer liegt als die Oberfläche des Bodens, bei einem Feld dagegen muß er 60 bis 120 *cm* tiefer liegen. Bei Waldflächen wird man sich wohl nach der Holzart richten müssen, es dürfte aber wohl zumeist eine Tiefe von 40 bis 50 *cm* entsprechen. Die Breite der Gräben richtet sich nach der Menge des fortzuführenden Wassers.

Für die Trockenlegung kleinerer Flächen genügt oft ein einziger Graben. Bei größeren Flächen sind mehrere nötig, welche man dann parallel zueinander anlegt. Bei ausgedehnten Flächen aber wird oft ein ganzes Grabenetz notwendig. Man führt dann an den tiefsten Stellen einen hinreichend tiefen und breiten Graben, welcher Hauptgraben genannt wird und in welchen man Seitengräben einmünden läßt. Die Seitengräben bekommen zumeist kleinere Dimensionen als der Hauptgraben, aber womöglich dasselbe Gefälle

wie dieser, und auch ein möglichst gleichförmiges Gefälle. Die Seitengräben müssen spitzwinklig in den Hauptgraben einmünden. Hat die versumpfte Fläche irgendwelche Zuflüsse, oder finden sich einzelne tiefe Stellen oder Quellen vor, so werden dorthin überall besondere Seitengräben gezogen. Die übrigen Seitengräben werden je nach der Größe und nach der Stärke der Neigung der versumpften Fläche in Entfernungen von 150 bis 900 *m* voneinander entfernt angelegt. In die Seitengräben läßt man wieder kleine Gräben einmünden, die sogenannten Schlitzgräben, welche nur ganz eng gemacht werden, aber nur 15 bis 50 *m* voneinander entfernt sein sollen. Auf Feldern und Wiesen werden die Schlitzgräben häufig nur als „Wasserfurchen“ mit dem Pfluge gezogen. Kommt das Wasser, welches die Versumpfung einer Fläche verursacht, über einen Abhang herab, so fängt man es durch einen am Fuße des Abhanges hergestellten Umfangsgraben auf.

Die offenen Gräben sind wohl das sicherste Entwässerungsmittel, aber sie nehmen viel Fläche ein, welche unbenutzbar ist, bei Feldern und Wiesen hindern sie auch die Benutzung dieser Grundstücke und machen viele kleine Brücken notwendig, und endlich sind sie vielfachen Beschädigungen ausgesetzt, indem besonders im Frühjahr die Grabenwände leicht abrutschen, sodaß beständig Reparaturen nötig werden. Aus diesen Ursachen stellt man daher häufig verdeckte Leitungen oder sogenannte „Drains“ her. Bei jeder Drainage müssen vorher Gräben hergestellt werden, in welchen man dann auf irgend eine Weise hohle Räume bildet, worauf die Gräben wieder zugeworfen werden.

In früheren Zeiten wendete man vielfach die Faschinendrainen an. Auf die Sohle des Grabens werden in der Richtung des Grabens übereinander mehrere Faschinenbündel von 15 bis 25 *cm* Durchmesser und etwa 3 bis 4 *m* Länge gelegt. Darüber kommt eine Schichte Rasenplaggen mit der Grasnarbe nach unten, oder eine Strohschichte, worauf der Graben wieder zugeworfen wird (Fig. 360). Oder es werden in Abständen von 60 *cm*

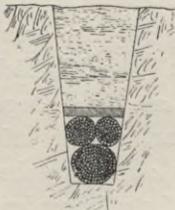


Fig. 360.

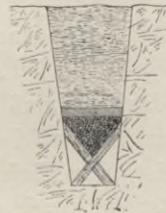


Fig. 361.

bis 1 *m* voneinander zwei etwa 5 *cm* starke Hölzer kreuzweise nebeneinander gestellt und in den oberen dreieckigen Raum Reisholz gelegt. Darüber kommt abermals eine Schichte Rasenplaggen oder Stroh und dann die Ausfüllung mit Erde (Fig. 361). Die Dauer solcher Faschinendrainen ist eine sehr geringe und erstreckt sich nur auf wenige Jahre.

Steindrains werden in der einfachsten Weise hergestellt, indem man in den Graben, der mindestens 20 *cm* Sohlenbreite haben muß, etwa 30 bis 40 *cm* hoch klingschlagene Steine schüttet. Darüber kommen Rasenplaggen oder eine Strohschichte und dann wird der Graben zugeworfen (Fig. 362). Die Gräben müssen ein sehr starkes Gefälle haben, weil sonst die Hohlräume zwischen den Steinen bald verschlammten, wodurch die ganze Anlage unwirksam wird, nicht weniger als 0·20/0. Hat man plattenförmige Steine, so stellt man aus diesen auf der Grabensohle zunächst einen bedeckten Kanal her und gibt darüber erst noch eine Steinschüttung (Fig. 363). Sehr gut, aber auch sehr teuer sind die Drains aus Ziegeln, bei welchen aus trocken ohne Mörtel übereinander gestellten Ziegeln auf der Grabensohle ein Kanal gebildet wird (Fig. 364).

Bei der Röhren-Drainage, welche billiger ist als die Drainage mit Ziegeln, werden auf die Grabensohle die zu diesem Zwecke hergestellten

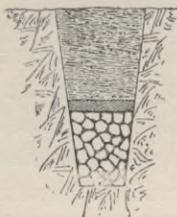


Fig. 362.



Fig. 363.



Fig. 364.

gebrannten Drainröhren gelegt, welche lose ineinander greifen. Sie müssen aber dicht aneinander gelegt werden, damit durch die Zwischenräume wohl das Wasser, nicht aber Erde oder Wurzeln eindringen können, wodurch sie verstopft werden. Das Gefälle darf nicht kleiner sein als 0·20/0.

3. Entwässerung mittelst Durchbrechung des undurchlässigen Untergrundes.

Häufig ist die Ursache der Versumpfung einer Fläche eine undurchlässige Schichte, z. B. Ton von geringer Mächtigkeit, welche sich über Sand- oder Kiesschichten befindet. Besonders findet sich dieser Fall oft in Mulden, wo es an dem nötigen Gefälle fehlt, um das Wasser durch einen Graben abführen zu können. Das Regen- und Schneewasser sammelt sich dann in der Mulde an, und es dauert oft Monate lang, ehe es verdunstet oder doch irgendwo in den Boden eingedrungen ist, oft verschwindet auch das Wasser niemals ganz von diesen Flächen, besonders in nassen Jahren. Vor allem untersucht man mit einem Erdbohrer die Mächtigkeit der undurchlässigen Schichte und die Beschaffenheit der unteren Erdschichten. Findet man durch diese Untersuchung die Möglichkeit, das Wasser mittelst Durchbrechung der undurchlässigen Schichte in die darunter befindlichen durchlässigen Schichten

abzuleiten, so wartet man die trockene Jahreszeit ab, bis das Wasser von der Fläche verschwunden ist, und stellt dann an der tiefsten Stelle der Mulde einen Graben her, in welchen man noch einige Schlitzgräben von der Seite her einmünden läßt. Die ausgehobene Erde wird auseinander geworfen und geebnet. In der Grabensohle werden von Stelle zu Stelle Löcher ausgegraben, welche durch die undurchlässige Schichte und noch 50 bis 60 *cm* tiefer gehen. Diese Löcher werden dann entweder ausgemauert und bleiben offen oder sie werden mit kleinen Steinen ausgefüllt. Weil aber diese Löcher mit der Zeit verschlammten, müssen sie zeitweilig gereinigt werden.

4. Erhöhung des Terrains durch Aufschüttung.

Wenn eine versumpfte Fläche sich nicht durch Senkung des Wasserspiegels trocken legen läßt, so kann die Trockenlegung durch eine Erhöhung des Terrains und zwar zunächst durch Aufschüttung geschehen. Diese Art der Erhöhung des Terrains ist zwar sehr schnell und sicher, sie ist aber auch kostspielig und kann nur dann Anwendung finden, wenn das zur Aufschüttung nötige Material sich in nächster Nähe und in ausreichender Menge findet, und nur für kleine Flächen. Zunächst wird über die ganze Fläche ein Quadratnetz abgesteckt von 10 bis 30 *m* Seitenlänge und die Eckpunkte der Quadrate durch numerierte Pflöcke bezeichnet, worauf ein Situationsplan hergestellt wird. Dann bestimmt man, bis zu welcher Höhe die Aufschüttung geschehen soll, und nivelliert alle Pflöcke, indem man diese auf die aufzuschüttende Höhe bezieht, sodaß man genau bei jedem Pflöcke angeben kann, wie hoch aufzuschütten ist, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Auch kann man die nötige Erdmasse, also auch die Kosten berechnen.

5. Erhöhung des Terrains durch Kolmation.

Hierunter versteht man die allmähliche Erhöhung des Terrains dadurch, daß man auf die Fläche Wasser leitet, welches viele erdige Teile mit sich führt, welche sich dann auf der Fläche absetzen. Die Kolmation oder Aufschwemmung kann in zweierlei Weise erfolgen:

1. Dadurch, daß man einen Bach gegen aus lockerem Boden bestehende oder zu diesem Zwecke aufgelockerte Ufer leitet, sodaß der Bach diese lockere Erde losreißen und mit sich nehmen muß, oder indem man anderwärts abgegrabene Erde in den Bach hineinwirft, welche vom Wasser dorthin geführt und abgelagert wird, wo man es haben will.

2. In der Weise, daß man schlammführende Gewässer, sogenannte Trübwasser, auf die betreffenden Flächen leitet und den Schlamm hier absetzen läßt.

Die erste Art, die sogenannte „Schwemmung“ ist dort anwendbar, wo sich ein Bach mit starkem Gefälle in einem Tale befindet, dessen Sohle versumpft ist, oder eine andere derartige Beschaffenheit besitzt, daß eine

Auflagerung von guter, fruchtbarer Erde wünschenswert ist. Dieser Fall kommt besonders bei kleinen Waldparzellen oder Wiesen vor, welche versumpft oder auch sehr steinig sind. Der Bach, welcher zur Schwemmung benützt werden soll, wird oberhalb der betreffenden Fläche gestaut, und von hier aus ein Zuleitungsgraben zu der betreffenden Fläche hergestellt, welcher so beschaffen sein muß, daß er mindestens $0.06 m^3$ Wasser in einer Sekunde zu führen vermag. Würde der Graben bei gewöhnlichem Wasserstande weniger Wasser führen, so könnte nur zeitweise geschwemmt werden, wenn durch Schneeschmelze oder anhaltenden Regen mehr Wasser vorhanden ist. Das zu erhöhende Terrain wird mit kleinen Dämmen eingefafßt in einer solchen Höhe, wie die Aufschwemmung erfolgen soll. In dem unteren Damm muß eine kleine Schleuse und ein Abzugsgraben für das geklärte Wasser hergestellt werden.

Die zweite Art der Kolmation, nämlich die Leitung von Trübwasser auf die zu erhöhende Fläche nennt man speziell *Auflagerung*. Nach heftigen und anhaltenden Regengüssen, sowie nach raschem Schneeabgange führen alle fließenden Gewässer, mit Ausnahme der aus Seen oder Sümpfen kommenden, große Mengen erdiger Bestandteile als feinen Schlamm mit sich, sodaß sie ganz trüb erscheinen und daher als Trübwasser bezeichnet werden. Leitet man solches Wasser auf eine Fläche, wo es einige Tage ruhig stehen bleibt, so setzt sich der Schlamm ab, man kann das geklärte Wasser von oben ablassen, und wenn sich das oft wiederholt, wird eine allmähliche Erhöhung des Terrains stattfinden. Das Trübwasser wird der zu erhöhenden Fläche durch einen Graben oder Kanal zugeführt, der ein sehr starkes Gefälle erhalten muß, damit nicht schon im Graben die erdigen Teile sich absetzen. Soll bloß feiner Schlamm zur Auflagerung benützt werden, so darf der Zuleitungsgraben nicht weniger als 0.05% Gefälle erhalten, soll aber auch noch feiner Sand mitgeführt werden, so darf das Gefälle nicht weniger als 0.20% betragen. Ist die zu erhöhende Fläche nicht eine Mulde, die von höherem Gelände umgeben ist, so muß sie durch Dämme eingefafßt werden, deren Kronen in einer horizontalen Ebene liegen, und deren Höhe sich nach der Menge des Wassers richtet, welche man auf die Fläche bringen will. Der Zuleitungsgraben wird bei seiner Abzweigung vom Flusse mit einer Schleuse versehen, um den Wasserzufluß regulieren zu können. Ebenso muß auch für eine Ableitung des geklärten Wassers gesorgt werden. Diese Ableitung muß aber stets von der Oberfläche aus erfolgen, damit das klare Wasser ganz sachte abfließen, und der Schlamm nicht wieder aufgewühlt und mit fortgeführt werden kann. Es darf daher keine Schleuse in Form eines Grundablasses angewendet werden, sondern man stellt an einer geeigneten Stelle des Dammes eine breite Öffnung her, welche durch horizontal übereinander gelegte Pfosten geschlossen wird, welche durch doppelte Pfähle gehalten werden (Fig. 365). Man nimmt allmählich eine Pfoste nach der anderen von oben heraus, sodaß das klare

Wasser von oben abfließen kann. Um das Abfließen des geklärten Wassers zu beschleunigen, erhält diese Öffnung eine Breite bis zu 5 *m*, eventuell kann man mehrere solche Ablässe in dem Damm herstellen.

Eine Art der Kolmation ist auch die Verlandung, welche dort Anwendung findet, wo es sich darum handelt, ein zu breites Flußbett einzunengen. Zu diesem Zwecke werden Schlammfänge hergestellt. Hierunter versteht man lebende Zäune oder Hecken von Weiden oder Pappeln, welche in mehrfachen Reihen entweder senkrecht gegen die Stromrichtung oder

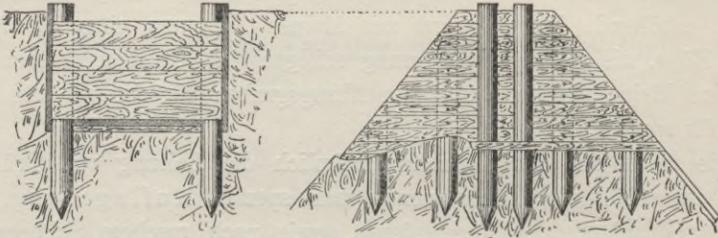


Fig. 365.

etwas nach abwärts geneigt, hergestellt werden. Im Frühjahr läßt man zu diesem Zwecke 3- bis 5jährige Weiden- oder Pappelruten schneiden, welche möglichst lang sein müssen und nicht beschnitten werden dürfen. Diese Ruten werden in Reihen mit dem Stockende in den Boden gesteckt und zwar 30 bis 50 *cm* tief. In Entfernungen von 30 bis 50 *cm* voneinander kommen stärkere Ruten und zwischen diese in Entfernungen von 10 bis 12 *cm* voneinander schwächere, auch ist es gut, die Ruten übers Kreuz zu stecken, damit ein möglichst dichter Zaun entsteht, der 20 bis 30 *cm* breit gemacht wird. Ist der Boden nicht weich genug, um die Ruten ohneweiters einstecken zu können, so hebt man einen 30 bis 50 *cm* breiten und ebenso tiefen Graben aus, in welchen die Ruten eingestellt werden, worauf der Graben wieder zugeworfen wird. Damit die Ruten fester stehen, wird von beiden Seiten ein 15 bis 20 *cm* hoher Erddamm hergestellt. Das Einstecken der Ruten geschieht so weit als möglich ins Wasser hinein, und zwar kommen zunächst dem Wasser die längsten, sodaß sie noch 1.5 bis 2 *m* über die Oberfläche des Bodens herausragen, dann kommen immer kürzere, sodaß die Spitzen aller Ruten in einer horizontalen Ebene liegen.

Die Entfernung der einzelnen Zäune voneinander hängt von der Stärke der Strömung ab. Je größer diese ist, desto näher müssen sie beieinander sein. Eine Entfernung von 3 bis 9 *m* ist die passendste.

Die Ruten bewurzeln sich, treiben Ausschläge, und in einigen Jahren wird sich auch zwischen den Reihen Anflug einstellen. Um diesem Luft zu machen und ihn zu erhalten, werden dann die Schlammfänge auf ihre ursprüngliche Höhe zurückgeschnitten. Die Ausschläge der Schlammfänge lasse man nur 4 bis 5 Jahre alt werden, dann haue man sie so hoch über dem Boden ab, daß die Zweige bei Überschwemmungen nicht zu lange unter

dem Wasser stehen, damit sie nicht absterben, was unfehlbar eintritt, wenn im Sommer die Spitzen der Zweige länger als 8 bis 10 Tage unter Wasser bleiben. Durch ein zu tiefes Abhauen kann man daher die ganzen Schlammfänge ruinieren. Die Stöcke müssen alle in einer horizontalen Ebene liegen.

Zwischen und vor diesen Schlammfängen setzt sich der Schlamm ab, sodaß allmählich eine Erhöhung des Bodens und daher eine Einengung des Flußbettes stattfindet.

B. Wasser-Sammlungs- und Leitungs-Anlagen.

I. Quellen und Brunnen.

Von dem auf die Erde gelangenden Niederschlagswasser fließt ein Teil oberflächlich ab, der Rest dringt in den Boden ein und gelangt in einem lockeren, durchlässigen Boden so tief, bis eine undurchlässige Schichte sein weiteres Versickern hindert. Über dieser undurchlässigen Schichte sammelt sich das eingedrungene Wasser an, und zwar in verschiedener Höhe, je nach der Zahl und Stärke der Niederschläge. Hat die undurchlässige Schichte nach einer Seite hin Gefälle, so fließt das angesammelte Wasser nach dieser Richtung ab, und es entsteht ein unterirdischer Wasserstrom, den man Grundwasser nennt. Tritt dieser Grundwasserstrom irgendwo wieder an der Erdoberfläche zu Tage, so entsteht eine Quelle. Die einfachste Brunnenanlage ist demnach die Fassung einer Quelle. Ist aber eine Quelle nicht vorhanden, und man will einen Brunnen anlegen, so muß man die Gewißheit haben, in erreichbarer Tiefe einen Grundwasserstrom zu treffen, und es muß dann ein Schacht abgeteuft werden, bis man das Grundwasser erreicht. Will man eine Quelle fassen oder einen Brunnen anlegen, so darf in der Nähe keine Senk- oder Düngergrube sein, ebenso dürfen auch nicht irgendwelche Abfallwässer oder das Regenwasser Gefälle gegen den Brunnen finden, damit keine Verunreinigung des Brunnenwassers stattfindet.

Soll eine zu Tage tretende Quelle gefaßt werden, so handelt es sich nur darum, den Grund soweit auszuheben, daß sich eine hinreichende Menge Wasser ansammeln kann, welches nicht gleich ausgeschöpft ist, und so tief, daß man bequem schöpfen kann, ohne den Grund aufzurühren. Um den Wänden dieser Grube Festigkeit zu geben, werden sie gemauert, und damit das Wasser nicht verunreinigt werden kann, und damit es nicht einfriert, wird die Quelle überdeckt. Nachdem man den Grund entsprechend ausgehoben hat, wird er geebnet und zunächst ein starker hölzerner Rahmen r aus Eichen-, Lärchen- oder Kiefernholz gelegt (Fig. 366). Auf den Rahmen kommt eine 45 *cm* starke Mauer. Dringt das Wasser nur von unten ein, so wird sofort über dem Rahmen mit hydraulischem Mörtel gemauert. Dringt aber das Wasser von den Seiten ein, so wird bis zum Wasserspiegel eine Trockenmauer aus Bruchsteinen hergestellt. Über dem Wasserspiegel wird

aber auf jeden Fall mit Mörtel gemauert, hiezu kann man auch Ziegeln verwenden. Die Quelle wird überwölbt, das Gewölbe entweder mit Steinplatten abgedeckt oder mit einer Betonschichte bedeckt und darüber Erde aufgeschüttet. Nach vorne bleibt der Raum offen, die Seitenmauern werden nach vorn über dem Wasserspiegel etwas verlängert, um Zutritt zum Schöpfen zu bekommen, und dann vorn ein gesicherter Abfluß hergerichtet, indem man über die vordere Abflußmauer eine Holzschwelle *s* legt, welche in die zwei Seitenmauern eingreift. Vor dieser Schwelle wird ein schräges Pflaster hergestellt, welches durch eine auf Pfählen verzapfte Querschwelle festgehalten wird.

Tritt das Grundwasser nicht als Quelle zu Tage, sondern befindet es sich mehr oder weniger tief unter der Erdoberfläche, so muß zur Herstellung eines Brunnens ein vertikaler Schacht abgeteuft werden, bis man das Grundwasser erreicht. Je tiefer dieses sich befindet, desto schwieriger wird die

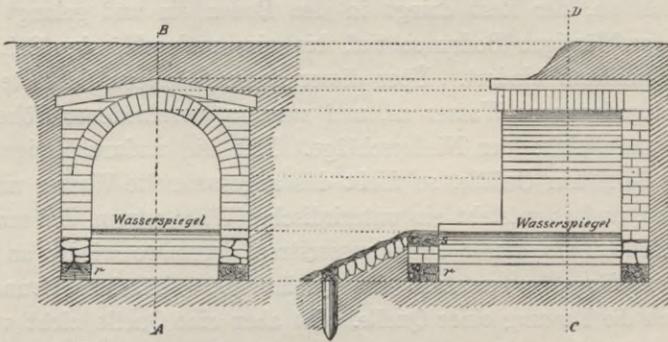


Fig. 366.

Arbeit. Befindet sich über der wasserführenden Erdschichte fester Ton-, Lehm- oder Kiesboden, so wird der Brunnen am einfachsten in der Weise hergestellt, daß man vorerst den Brunnenschacht in der nötigen Tiefe und Weite ausgräbt, und ihn dann von unten herauf ausmauert. Der Brunnen kann entweder rund oder quadratisch hergestellt werden, doch leisten die runden Brunnenmauern dem Erddrucke besseren Widerstand. Die lichte Weite des fertigen Brunnens soll immer mindestens 1 *m* betragen, damit stets ein genügendes Wasserquantum angesammelt ist und der Brunnen nicht gleich leergeschöpft ist. Da die Brunnenmauern eine Stärke von 45 *cm* erhalten müssen, so muß der Brunnenschacht mit einer lichten Weite von 2 *m* ausgegraben werden. Damit die Wände des Schachtes nicht einstürzen, müssen sie gebölzt werden. Zu diesem Zwecke werden bei einem rechteckigen Brunnenschachte an die Seitenwände starke Bretter vertikal angelehnt, quer über diese kommen in Entfernungen von 2 *m* voneinander ebenfalls Pfosten oder starke Bretter, zwischen welche entsprechend lang zugeschnittene Spreitzen getrieben werden (Fig. 367). Bei einem runden Schachte aber werden die vertikal gestellten Bretter von 2 zu 2 *m* durch

sogenannte Brunnenkränze festgehalten (Fig. 368). Diese werden aus vierkantigen Hölzern in Form regelmäßiger Sechs- oder auch Achtecke hergestellt; die einzelnen Stücke werden durch Scheerzapfen miteinander verbunden. Diese Kränze werden dann auseinander genommen, im Brunnen wieder zusammengestellt, mit Holznägeln vereinigt und zwischen den Kranz und die Bretter Keile eingetrieben.

Der Brunnen muß so tief gegraben werden, bis man die wasserführende Schichte erreicht. Das Erdreich wird mit einem Kübel und Welle herausgeschafft. Dringt endlich Wasser ein, so muß dieses herausgeschöpft und der Brunnen noch so weit als möglich vertieft werden, damit er auch bei niedrig stehendem Grundwasser noch genügend Wasser hat. Es ist deshalb auch nötig, den Brunnen immer in einer trockenen Jahreszeit anzulegen. Ist schließlich das eindringende Wasser, welches anfangs lehmig ist, ganz rein und zeigt es sich in solcher Menge, daß man es durch Ausschöpfen oder Pumpen nicht mehr bewältigen kann, so kann man mit der Ausmauerung beginnen. Zuerst wird die Sohle horizontal geebnet und auf diese ein starker und breiter Rahmen aus Eichen-, Lärchen- oder Kiefernholz gelegt, dessen einzelne Teile überblattet oder verzapft und vernagelt werden. Auf dem Rahmen wird nun aus großen, lagerhaften Bruchsteinen eine 45 *cm* starke Trockenmauer errichtet. Ober dem Wasserspiegel, d. h. über der wasserführenden Schichte aber mauert man mit hydraulischem Mörtel und kann dann auch Ziegeln verwenden. Mindestens soll die Mauerung mit Mörtel 2 bis 3 *m* unter der Erdoberfläche beginnen und bis über diese hinausgehen, damit das Brunnenwasser nicht durch von oben versickerndes Regen- oder Schmutzwasser verunreinigt werden kann. In dem Maße, wie die Mauerung nach oben fortschreitet, wird die Bölzung entfernt.

In sehr lockerem Sandboden, oder wenn schon in geringer Tiefe in den Brunnen Wasser eindringt, würden die Wände des Brunnenschachtes trotz der Bölzung immerfort nachstürzen. In diesem Falle wird daher der Brunnen als sogenannter Senkbrunnen hergestellt. Der Schacht wird nämlich nur in ganz geringer Tiefe ausgehoben, dann die Sohle geebnet und ein sehr fester und gut gefügter Kranz, sechs- oder achtkantig, gelegt,

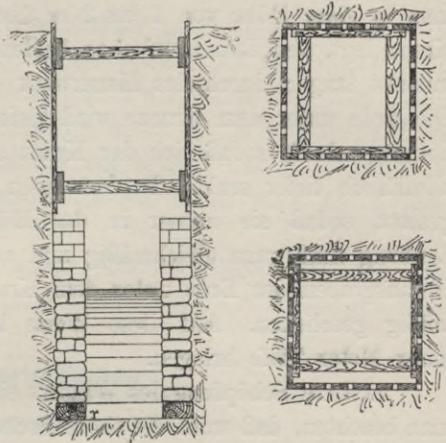


Fig. 367.

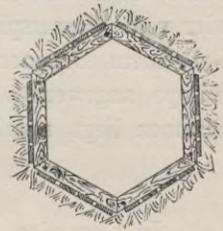


Fig. 368.

und der Schacht bis zur Bodenoberfläche sofort ausgemauert. Entweder nimmt man hiezu Quadern oder große starke Bruchsteine oder auch Ziegel und mauert, 45 *cm* stark, mit hydraulischem Mörtel. Gut ist es, wenn man in einer Höhe von 1 bis 2 *m* über dem unteren Kranze einen zweiten Kranz legt, den Raum zwischen beiden ausmauert und die beiden Kränze mittelst langer, durch das Mauerwerk gehender Schraubenbolzen verbindet. Die Erde unter dem Kranze wird gleichmäßig ringsherum ausgegraben und herausgeschafft, sodaß sich der Kranz samt der auf ihm stehenden Mauer allmählich tiefer senkt. In demselben Maße wird oben die Mauerung fortgesetzt, sodaß sie immer in der Höhe der Bodenoberfläche bleibt. Die Senkung muß ganz gleichmäßig und vertikal erfolgen; es muß daher das Herausgraben der Erde unter dem Kranze sehr vorsichtig und ganz gleichmäßig geschehen. Auf diese Weise kann man den Brunnen bis 30 und mehr Meter Tiefe bringen.

Soll zur Schöpfung des Wassers eine Pumpe aufgestellt werden, so muß man beachten, daß wohl die theoretische Saughöhe 10 *m* beträgt, wegen des sogenannten schädlichen Raumes, d. h. wegen des Raumes zwischen dem niedersten Stande des Kolbens und dem Ventil, der selbst bei der bestkonstruierten Pumpe verbleibt, darf die Saughöhe in der Praxis, von der Sohle des Brunnens bis zum höchsten Kolbenstande, nicht mehr als 8·5 *m*, oder vom Wasserspiegel an gerechnet, nicht mehr als 6 bis 7 *m* betragen. Bei einem Brunnen, wo diese Tiefe überschritten wird, muß daher eine Pumpe angewendet werden, wo das eigentliche Saugwerk tiefer unten im Brunnen liegt, sodaß eben diese Saughöhe nicht überschritten wird.

2. Zisternen.

In Gegenden, wo infolge der geologischen Formation die Anlage von Brunnen resultatlos bleibt und wo Quellen oft nur in sehr bedeutenden Entfernungen von den Wohnstätten zu finden sind, sammelt man häufig für die gewöhnlichen Bedürfnisse das Regen- und Schneewasser in Behältern, welche man Zisternen nennt. Diese müssen so tief unter die Bodenoberfläche kommen, daß der Frost, und im Falle man das Wasser auch trinken muß, auch die Sonnenhitze nicht eindringen kann. Im letzteren Falle müssen auch Filtriervorrichtungen angebracht werden.

Die Seitenwände werden am besten aus hart gebrannten Ziegeln mit hydraulischem Mörtel, 45 *cm* stark, hergestellt und mit einem glatten Zementverputz versehen, der mit eisernen Reibern glatt gerieben wird. Die Zisterne wird bis auf eine 80 *cm* im Quadrat fassende Einsteigöffnung überwölbt.

Die Sohle wird aus einem stehenden Ziegelpflaster, eventuell aus einem doppelten Pflaster gebildet, und erhält gegen die Einsteigöffnung hin, durch welche auch das Pumpenrohr geht, etwas Gefälle und unter dem Rohr eine kleine Vertiefung, um die Zisterne vollständig entleeren zu können. Auch die Sohle wird mit einem glatten Zementverputz versehen.

Es ist gut, das aus den Dachrinnen oder durch gepflasterte Rinnen zugeleitete Regenwasser nicht direkt in die Zisternen, sondern zuerst in einen kleinen Sammelraum zu leiten, auf dessen Boden sich die gröberen Verunreinigungen absetzen, und durch eine höher angebrachte Öffnung fließt erst das Wasser in die Zisterne. Die Einflußöffnung soll sich immer möglichst weit, am entgegengesetzten Ende vom Pumpenrohr befinden, damit die noch mitgerissenen erdigen Bestandteile nicht in die Pumpe gelangen. Unter dem Gewölbe wird ein Abflußrohr angebracht, das nach außen in einen Graben mündet, damit das Wasser abfließen kann, wenn die Zisterne schon gefüllt ist und noch Wasser zufließt.

Das Gewölbe wird mit einer Beton- oder Asphalttschichte und dann 1 m hoch mit Erde bedeckt, damit weder Frost noch Hitze eindringen kann.

3. Wasserleitungen.

a) Allgemeines.

Die Leitung des Wassers geschieht in Gräben, Kanälen oder Röhren. Soll ein Graben oder Kanal angelegt werden, so ist zunächst die Feststellung eines entsprechenden Profiles notwendig, wobei zu berücksichtigen ist, daß das Wasser die Sohle und Wände nicht beschädigen, auch keine Niederschläge bilden soll, und daß bei der Fortbewegung des Wassers die möglichst geringste Reibung am Umfang erfolge. Die Geschwindigkeit des Wassers ist um so größer, je kleiner der benetzte Umfang im Verhältnis zur Querschnittsfläche eines Grabens oder Kanales ist. Am kleinsten ist das Verhältnis des Umfanges zur Fläche beim Kreis, daher ist für geschlossene Leitungen der Kreis die günstigste Querschnittsform, für offene Leitungen der Halbkreis. An den Kreis schließen sich dann die regelmäßigen Vielecke an, und es ist das Profil um so günstiger, je mehr Seiten das Vieleck hat. Für offene Gräben wählt man daher als Querschnitt ein Trapez, welches die Hälfte eines regelmäßigen Sechseckes bildet. Ebenso für gemauerte offene Kanäle. Offene Leitungen aus Holz erhalten einen rechteckigen Querschnitt. Geschlossene Kanäle bekommen einen quadratischen oder kreisförmigen Querschnitt. Damit die Grabenwände nicht leiden, soll der Böschungswinkel betragen:

Bei nassem Sand	24°
„ nasser Garten- oder Dammerde	27°
„ trockenem Sand	32°
„ Kiesel und kleinen Steinen . .	36°
„ Lehm und Ton	40°
„ sehr dichter Erde	55°

Bezeichnet man die Querschnittsfläche eines Grabens mit F , seine Tiefe mit t , seine Sohlenbreite mit b und die obere Breite mit a , so ist nach Weißbach:

$$F = t(b + t \cot \alpha)$$

$$t = \sqrt{\frac{F \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}}$$

$$b = \frac{F}{t} - t \cot \alpha$$

$$a = \frac{F}{t} + t \cot \alpha$$

Die Resultate dieser Formeln sind für verschiedene Böschungswinkel in folgender Tabelle zusammengestellt:

Böschungswinkel	Tiefe t	Sohlenbreite b	Obere Breite a	Bemerkungen
90°	0.707 \sqrt{F}	1.414 \sqrt{F}	1.414 \sqrt{F}	senkrechte Wände
60°	0.760 \sqrt{F}	0.877 \sqrt{F}	1.755 \sqrt{F}	
45°	0.740 \sqrt{F}	0.613 \sqrt{F}	2.092 \sqrt{F}	einfache Böschung
40°	0.722 \sqrt{F}	0.525 \sqrt{F}	2.246 \sqrt{F}	
35°	0.697 \sqrt{F}	0.439 \sqrt{F}	2.430 \sqrt{F}	
30°	0.664 \sqrt{F}	0.356 \sqrt{F}	2.656 \sqrt{F}	
26° 34'	0.636 \sqrt{F}	0.300 \sqrt{F}	2.844 \sqrt{F}	doppelte Böschung

Es soll z. B. ein Graben 2 m^2 Querschnitt haben, u. zw. in lehmigem Boden. Der Böschungswinkel α muß für lehmigen Boden 40° betragen und $\sqrt{2} = 1.41$ daher

$$t = 0.722 \times 1.41 = 1.02 \text{ m}$$

$$b = 0.525 \times 1.41 = 0.75 \text{ „}$$

$$a = 2.246 \times 1.41 = 3.17 \text{ „}$$

Die Größe des Querschnittes hängt von der Größe des Wasserquantums ab, welches der Graben fortleiten soll, sowie von der Geschwindigkeit des Wassers. Bezeichnet man mit F den Querschnitt des Grabens in Quadratmetern, mit v die Geschwindigkeit des Wassers in Metern per 1 Sekunde, so ist die Wassermenge Q in Kubikmetern, welche in 1 Sekunde abfließt

$$Q = Fv \text{ und hieraus } F = \frac{Q}{v}.$$

Die Geschwindigkeit eines fließenden Gewässers kann man entweder durch direkte Messung oder durch Berechnung finden. Die direkte Messung kann mit eigenen Instrumenten, sogenannten „Stromgeschwindigkeitsmessern“ geschehen oder mit einem Schwimmer. Hierzu nimmt man ein Brettchen, oder am besten eine leere, teilweise mit Sand gefüllte Flasche, so daß diese vertikal im Wasser schwimmt und nur der Hals sichtbar ist. Man mißt längs des Ufers eine gerade Strecke von z. B. 20 oder 50 m ab, und beobachtet genau die Zeit, welche der Schwimmer zum Durchschwimmen der Strecke braucht. Hiedurch erhält man aber nur die Oberflächen-

geschwindigkeit, während man die mittlere Geschwindigkeit braucht. Diese ist kleiner, man nimmt gewöhnlich 0·8 der Oberflächengeschwindigkeit.

Für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit eines fließenden Gewässers gilt nach Bazin die Formel:

$$v = \sqrt{\frac{RJ}{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

In dieser Formel bedeutet R den mittleren Radius, d. h. den Quotienten aus der Querschnittsfläche, dividiert durch den benetzten Umfang, und J das relative Gefälle, nämlich den Bruch, Höhenunterschied dividiert durch die Entfernung, also $\frac{H}{D}$. Für α und β gelten je nach der Beschaffenheit der Graben- oder Kanalwände folgende Werte:

- | | | |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1. Sehr glatte Wände (glatte Zementwände, gehobelte Holzwände) | $\alpha = 0\cdot00015$ | $\beta = 0\cdot0000045$ |
| 2. glatte Wände (Quadern, nicht gehobelte Holzwände) | $\alpha = 0\cdot00019$ | $\beta = 0\cdot0000124$ |
| 3. rauhe Wände (Bruchsteine) | $\alpha = 0\cdot00024$ | $\beta = 0\cdot00006$ |
| 4. Erdwände | $\alpha = 0\cdot00028$ | $\beta = 0\cdot00035$ |
| 5. Gerölle | $\alpha = 0\cdot00040$ | $\beta = 0\cdot00070$ |

Ein offener Erdgraben hat z. B. eine Sohlenbreite von 1·0 m , eine obere Breite von 3·0 m und eine Tiefe von 0·75 m , und das Gefälle sei 0·20/0, also $J = \frac{0\cdot2}{100} = 0\cdot002$. Querschnitt $F = \frac{1\cdot0 + 3\cdot0}{2} \cdot 0\cdot75 = 1\cdot50 \text{ m}^2$.

$$\text{Benetzter Umfang} = 1\cdot0 + 2\sqrt{1^2 + 0\cdot75^2} = 3\cdot50 \text{ m},$$

$$\text{daher } R = \frac{1\cdot50}{3\cdot50} = 0\cdot429,$$

$$v = \sqrt{\frac{0\cdot429 \times 0\cdot002}{0\cdot00028 + \frac{0\cdot00035}{0\cdot429}}} = 0\cdot885 \text{ m},$$

und der Graben vermag in einer Sekunde $F \cdot v = 1\cdot50 \times 0\cdot885 = 1\cdot3275 \text{ m}^3$ Wasser zu führen.

Aus der Formel $v = \sqrt{\frac{RJ}{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$ kann man auch berechnen, welches

Gefälle ein Graben von bestimmten Dimensionen haben muß, um in einer Sekunde ein bestimmtes Wasserquantum fortzuleiten. Aus der obigen Formel ist nämlich zunächst

$$v^2 = \frac{RJ}{\alpha + \frac{\beta}{R}} \text{ und hieraus } \frac{RJ}{v^2} = \alpha + \frac{\beta}{R}.$$

Setzt man nun für J dessen Wert $\frac{H}{D}$, so ist

$$\frac{R \frac{H}{D}}{v^2} = \alpha + \frac{\beta}{R} \text{ und hieraus ist } H = \frac{D v^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{R} \right)}{R}.$$

Setzt man nun wieder für R den Wert $\frac{F}{u}$ (d. h. Querschnittsfläche dividiert durch benetzten Umfang) und für v den Wert $\frac{Q}{F}$, so ist

$$H = \frac{D \frac{Q^2}{F^2} \left(\alpha + \frac{\beta}{\frac{F}{u}} \right)}{\frac{F}{u}}$$

oder nach Vereinfachung der Formel ist:

$$H = \frac{D \frac{Q^2}{F^2} \left(\alpha + \frac{u\beta}{F} \right) u}{F}$$

Beispiel:

Ein Graben mit Erdwänden, der eine Sohlenbreite von 1.0 m, eine obere Breite von 3.0 m, eine Tiefe von 0.75 m hat, soll per Sekunde 1.3 m³ Wasser führen, welches Gefälle muß er haben?

$$F = \frac{1.0 + 3.0}{2} \cdot 0.75 = 1.50 \text{ m}^2,$$

der benetzte Umfang $u = 1.0 + 2 \sqrt{1^2 + 0.75^2} = 3.50 \text{ m}$.

Wenn man das Gefälle in Prozenten haben will, d. h. den Höhenunterschied auf 100 m Länge in Metern, so muß $D = 100$ gesetzt werden.

Es ist dann

$$H = \frac{100 \cdot \frac{1.3^2}{1.5^2} \left(0.00028 + \frac{0.00035 \cdot 3.5}{1.5} \right) 3.5}{1.5} = 0.193 \text{ m}.$$

Es muß also der Graben auf 100 m Länge einen Höhenunterschied von 0.193 m, somit ein Gefälle von 0.193% bekommen.

Bezüglich der Geschwindigkeit des Wassers ist noch zu bemerken, daß diese bei gewöhnlichen Erdgräben ein gewisses Maß nicht übersteigen darf, wenn Wände und Sohle nicht leiden sollen. Sie soll nicht größer sein als:

bei schlammigem Boden	0.10	Meter	pro 1	Sekunde
„ Tonboden	0.25	„	„	„
„ Sandboden	0.45	„	„	„
„ Kiesboden	1.00	„	„	„
„ grobem Kies- d. h. steinigem Boden	1.25	„	„	„
„ Schiefergestein oder Konglomerat .	1.80	„	„	„
„ geschichtetem Gestein	2.25	„	„	„
„ hartem Felsboden	3.75	„	„	„

Führt aber das Wasser beigemengte Stoffe mit sich, so darf andererseits die Geschwindigkeit auch nicht zu gering sein, weil sich sonst diese Stoffe absetzen und die Gräben verschlammten oder versanden. Führt das Wasser leichten Schlamm mit sich, so darf die Geschwindigkeit nicht kleiner sein, als 0.20 m pro Sekunde, und bei mitgeführtem Sand nicht kleiner als 0.45 m pro Sekunde.

b) Erdgräben.

Diese können entweder im Boden vertieft, d. h. eingeschnitten sein (Fig. 369), oder sie können teilweise eingeschnitten, teilweise aufgedämmt sein (Fig. 370 und 371) oder endlich sie können ganz aufgedämmt sein. (Fig. 372).

Ganz eingeschnittene Gräben sind nötig für Entwässerungsanlagen, dagegen sind in ganz ebenem Terrain für Bewässerungen die aufgedämmten Gräben vorteilhaft, weil man dann für die abzweigenden Gräben immer Ge-



Fig. 369.



Fig. 370.

fälle bekommen kann. In sehr wechselndem Terrain wird ein Wasserzuführungsgraben wohl auch abwechselnd bald eingeschnitten, bald aufgedämmt werden müssen, um ein gleichmäßiges Gefälle herauszubekommen.

Vor allem muß stets, dem jeweiligen Zwecke entsprechend, das Profil und das Gefälle des Grabens ermittelt werden, dann wird seine Richtung

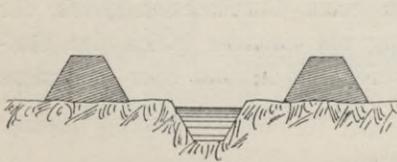


Fig. 371.

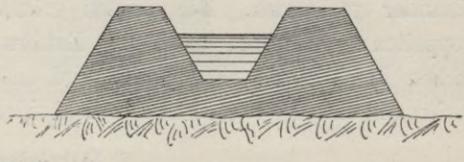


Fig. 372.

abgesteckt, worauf mit den Erdarbeiten begonnen werden kann. Selbstverständlich ist die Herstellung aufgedämmter Gräben immer schwieriger als das einfache Ausheben vertiefter Gräben. Besondere Aufmerksamkeit muß darauf verwendet werden, die Grabensohle in durchlässigem Boden abzudichten, damit man nicht zu viel Wasser durch Versickern verliert. Hierzu ist das Aufbringen von Ton notwendig, unter Umständen vielleicht sogar Betonierung.

e) Kanäle.

Solche können zunächst gemauert werden, wobei auf gute Fundierung zu sehen ist. Als Baumaterial ist harter Stein oder hartgebrannte Ziegel und hydraulischer Mörtel notwendig, oder man stellt sie wohl auch ganz aus Beton her, indem etwa 1 m lange Stücke in dem gewünschten Profil durch Einstampfen in Formen hergestellt und dann zusammengefügt werden.

Gemauerte, offene Kanäle werden in lockerem Boden, bei starkem Gefälle, wo eine Befestigung der Sohle und Wände notwendig ist, und wenn man kein Wasser durch Versickern verlieren will, notwendig.

Überdeckte oder überwölbte Kanäle werden dort angewendet, wo sie unterirdisch geführt werden müssen und mit einem solchen Profil, daß eine Rohrleitung nicht mehr möglich ist. Überwölbte oder ganz aus Beton

hergestellte Kanäle bekommen gegenwärtig allgemein einen eiförmigen Querschnitt.

In lockerem Boden, oder wenn die Leitung über der Erdoberfläche in mehr oder weniger großer Höhe, oder über ein anderes Gewässer hinweggeführt werden muß, verwendet man auch hölzerne Kanäle oder Gerinne. Diese werden aus eichenen, lärchenen oder kiefernen Pfosten wasserdicht hergestellt, die Fugen mit Werg und Pech gedichtet und auf einfache Joche gestellt (Fig. 373). Zur besseren Erhaltung des Holzwerkes wird dieses mit einem mehrfachen Teeranstrich versehen.

Dauerhafter sind solche Rinnen aus Eisenblech und zwar aus 8 *mm* starkem Kesselblech. Die einzelnen Bleche werden durch Vernietung mit

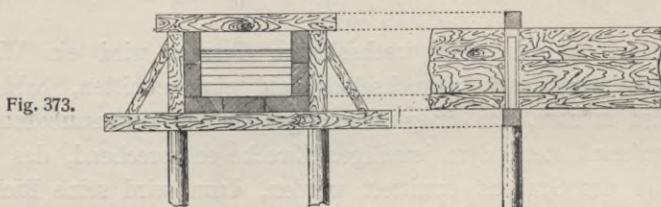


Fig. 373.

einander verbunden. Die Niete erhalten einen Durchmesser gleich der doppelten Blechstärke und eine Entfernung von einander gleich der fünf-fachen Blechstärke. Die Rinne wird entweder mit Minium oder wenigstens mehrmals mit Teer gestrichen, die beiden Enden werden eingemauert.

d) Rohrleitungen.

Sehr häufig ist es notwendig, die Wassermenge zu berechnen, welche eine Rohrleitung in der Sekunde zu führen vermag, oder den Durchmesser der Rohrleitung, welche eine bestimmte Wassermenge liefern soll.

Bezeichnet man mit d den lichten Durchmesser des Rohres, mit h die Druckhöhe, d. h. den Höhenunterschied zwischen dem oberen und dem Auslaufende der Leitung, mit l die Länge der Rohrleitung und mit v die Geschwindigkeit per Sekunde, alles in Metern, und mit Q die Wassermenge per 1 Sekunde in m^3 , so ist zunächst:

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 v = 0.7854 d^2 v$$

Strömt das Wasser durch eine Öffnung eines Gefäßes aus, so ist die theoretische Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$, worin h die Höhe des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung und g die Akzeleration der Schwere (9.81), bedeutet. Strömt aber das Wasser in einem Rohre, so ist die wirkliche Geschwindigkeit am Ende des Rohres kleiner, weil durch die Reibung an den Rohrwänden ein Widerstand entsteht, der um so größer ist, je länger die Rohrleitung und je kleiner ihr Durchmesser ist. Mit Berücksichtigung dieses Widerstandes ist die Geschwindigkeit des fließenden Wassers in der Rohrleitung nach Prony u. Eitelwein:

$$v = 3.59 \sqrt{\frac{50 d h}{1 + 50 d}}$$

Setzt man diesen Wert für v in die obige Gleichung ein, so ist

$$Q = 0.7854 d^2 3.59 \sqrt{\frac{50 dh}{l+50d}} = 2.82 d^2 \sqrt{\frac{50 dh}{l+50d}}$$

Soll für eine gegebene Länge und Gefälle der Rohrleitung für eine gewisse per Sekunde zu liefernde Wassermenge der notwendige Durchmesser der Rohrleitung berechnet werden, so benützt man hiezu die Näherungsformel:

$$d = 0.295 \sqrt[5]{\frac{l}{h} Q^2}$$

Z. B.: 1. Eine Rohrleitung von 10 *cm* Durchmesser und 1120 *m* Länge hat einen Höhenunterschied zwischen dem Anfangs- und Endpunkte von 25 *m*. Welche Geschwindigkeit hat das Wasser am Ende der Rohrleitung und wieviel m^3 Wasser liefert diese pro Sekunde?

$$v = 3.59 \sqrt{\frac{50 dh}{l+50d}} = 3.59 \sqrt{\frac{50 \cdot 0.1 \cdot 25}{1120+50 \cdot 0.1}} = 3.59 \sqrt{\frac{5 \cdot 25}{1120+5}} =$$

$$= 3.59 \sqrt{\frac{125}{1125}} = 3.59 \sqrt{\frac{1}{9}} = 3.59 \cdot \frac{1}{3} = 1.197 \text{ m per 1 Sekunde.}$$

$$Q = 2.82 d^2 \sqrt{\frac{50 dh}{l+50d}} = 2.82 \cdot 0.1^2 \sqrt{\frac{50 \cdot 0.1 \cdot 25}{1120+50 \cdot 0.1}} =$$

$$= 2.82 \cdot 0.01 \sqrt{\frac{1}{9}} = 0.0282 \cdot \frac{1}{3} = 0.0094 \text{ m}^3 = 9.4 \text{ l per Sekunde.}$$

2. Welchen Rohrdurchmesser muß eine Leitung von 2500 *m* Länge und 50 *m* Druckhöhe (Höhenunterschied zwischen Anfangs- und Endpunkt) haben, um per Sekunde 20 Liter = 0.02 m^3 Wasser zu liefern?

$$d = 0.295 \sqrt[5]{\frac{l}{h} Q^2}$$

$$\log 0.295 = \dots \dots \dots 0.46982-1$$

$$\log l = \log 2500 = \dots \dots 3.39794$$

$$2 \log Q = 2 \log 0.02 = 2(0.30103-2) = 0.60206-4 \quad \begin{matrix} +5 \\ -5 \end{matrix}$$

$$\log h = \log 50 = \dots \dots \dots -1.69897$$

$$(3.30103-5) : 5 = 0.66021-1$$

$$\log d = 0.13003-1$$

$$d = 0.134 \text{ m.}$$

Soll aus einer Quelle, einem Brunnen oder einem anderen Reservoir das Wasser durch Röhren nach einem anderen Ort geleitet werden, so muß man vorher durch ein Nivellement konstatieren, ob das nötige Gefälle vorhanden ist, d. h. ob der niederste Wasserspiegel, wo das Abflußrohr angebracht wird, genügend höher liegt als das Ausflußrohr am Ende der Leitung. Bei sehr geringem Gefälle muß man sehr vorsichtig sein und jedenfalls ein Kontroll-Nivellement vornehmen. Das Gefälle für eine Rohrleitung muß in allen Fällen mindestens 0.25% betragen, nur in ganz außerordentlichen Fällen, bei sehr glatten und weiten Röhren, bei kurzer und ganz gerader Leitung und vollkommen reinem Wasser kann man auch noch etwas weniges unter diese Grenze gehen.

Der Röhrenstrang soll womöglich in seiner ganzen Länge ein gleichmäßiges Gefälle erhalten und man soll vermeiden, ihn abwechselnd steigen und fallen zu lassen, weil an den Punkten, wo das Gefälle wechselt, ein sehr starker Wasserdruck entsteht, durch welchen unter Umständen die Röhren zersprengt werden können, z. B. in den Punkten *a* und *b* in Fig. 374. Außerdem sammelt sich die vom Wasser immer mitgerissene Luft an den höchsten Punkten, den sogenannten Scheitelpunkten, z. B. bei *b* an, sowie sich der etwa mitgerissene Sand an den tiefsten Punkten, z. B. bei *a* ansammeln würde. Ist es wegen den Terrainverhältnissen nicht zu umgehen, die Leitung abwechselnd steigen und wieder fallen zu lassen, so darf doch selbstverständlich niemals der Röhrenstrang die durch sein oberes Ende gelegte horizontale Ebene erreichen. Ferner müssen dann an den Scheitelpunkten Vorrichtungen angebracht werden, um die angesammelte Luft von

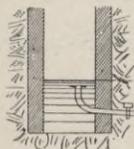


Fig. 374.

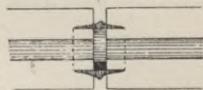


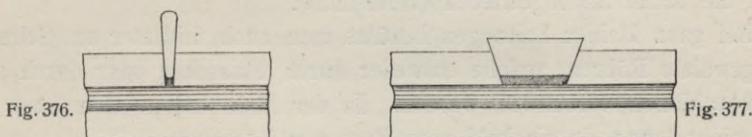
Fig. 375.

Zeit zu Zeit auslassen zu können, weil sich sonst immer mehr und mehr Luft ansammelt, die stark zusammengepreßt wird, wodurch ein starker Druck auf die Röhren ausgeübt, und zuletzt das Weiterfließen des Wassers gehindert wird. Sollen die Röhren trübes Wasser führen, so müssen dann auch an den tiefsten Stellen hinreichend weite Entleerungshähne angebracht werden, um den abgesetzten Schlamm zeitweise entfernen zu können. Die Röhren müssen stets so tief in den Boden gelegt werden, daß sie im Winter nicht vom Frost, und falls es sich um eine Trinkwasserleitung handelt, im Sommer nicht von der Sonnenwärme erreicht werden können, also mindestens 1 bis 1.5 *m* tief. Beim Reservoir oder Brunnen muß immer ein Absperrhahn und am tiefsten Punkte ein Entleerungshahn angebracht sein, um erforderlichen Falles die Leitung ganz entleeren zu können.

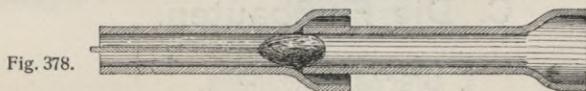
Bei einfachen Leitungen auf dem Lande findet man sehr häufig noch hölzerne Röhren. Diese werden aus frisch gefällten Kiefern- oder Lärchenstämmen in Stücken von 3 bis 5 *m* Länge und 20 bis 30 *cm* Mittendurchmesser hergestellt, indem diese der Länge nach durchbohrt werden, sodaß das Mark genau die Achse der Bohrung bildet. Der Durchmesser der Bohrung muß mindestens 5 *cm* betragen. Die Röhren werden sofort nach dem Fällen der Stämme gebohrt und gleich gelegt. Sollen sie aufbewahrt werden, so muß dies unter Wasser geschehen, damit sie nicht Risse bekommen. Die Verbindung geschieht zwischen je zwei Röhrenstücken am besten durch eiserne, auf beiden Enden zugeschärfte Büchsen, welche in die Röhren eingetrieben werden (Fig. 375). Auf den Scheitelpunkten müssen Luftspunde angebracht werden, indem man die Röhren von oben anbohrt

und die Bohrung durch einen genau passenden Spund verschließt (Fig. 376), der jedesmal beim Anlassen der Leitung und auch sonst von Zeit zu Zeit herausgezogen wird, um die Luft herauszulassen. Sowie dann nach dem mit scharfem Pfeifen erfolgten Austritt der Luft Wasser heraussprudelt, wird der Spund wieder eingeschlagen. Häufig bringt man auch bei den hölzernen Röhren Einrichtungen zum Reinigen der Röhren an, welche sich alle 30 bis 40 *m* wiederholen. Zu diesem Zwecke werden in den Röhren oben 30 bis 40 *cm* lange und 10 *cm* breite Öffnungen ausgemeißelt, die sich nach innen verengen, und welche durch ein passendes Holzstück, welches fest eingetrieben wird, verschlossen werden. Durch diese Öffnungen kann man dann einen entsprechend langen starken Draht einführen (Fig. 377).

In neuerer Zeit verwendet man vielfach gebrannte Ton- oder Steingut-Röhren, welche glasiert sind. Sie werden in Stücken von 0·8 bis 1 *m*



Länge hergestellt und sind an einem Ende mit einer Muffe versehen. In diese wird das zweite Rohr eingeschoben und der leere Raum in der Muffe wird mit Zement mit wenig Sandzusatz ausgefüllt. Dieser Mörtel wird sehr zäh hergestellt und fest in die Muffe hineingedrückt. Selbstverständlich muß man verhüten, daß etwas von dem Zement in das Innere der Röhre gelangt. Zu diesem Zwecke wird ein am Ende mit einem Fetzen dick umwickelter Stock in die Röhre geschoben, sodaß das Ende mit dem Fetzen unter die Verbindungsstelle kommt (Fig. 378). In einigen Augenblicken ist der zähe



Zementmörtel, der für jede Verbindung separat mit Wasser angemacht wird, soweit erhärtet, daß man den Stock herausziehen kann. Die Ton- und Steingutröhren geben dem Wasser keinen Beigeschmack, werden auch nicht angegriffen und eignen sich daher besonders für Trinkwasserleitungen. Sie sind aber sehr zerbrechlich, sodaß sie beim Transport und Legen große Vorsicht erfordern. Wenn sie aber einmal fest liegen, so halten sie einen großen Druck (10 bis 12 Atmosphären) aus. Sie müssen aber ein ganz gleichmäßiges Gefälle erhalten und dürfen auch nicht direkt auf die Grabensohle gelegt werden, sondern müssen ein gemauertes Fundament bekommen. Dies ist unbedingt notwendig, weil sonst häufig Röhrenbrüche vorkommen. Ist ein wechselndes Steigen und Fallen der Leitung nicht zu umgehen, so muß auf den Scheitelpunkten ein kurzes Eisenrohr eingeschaltet werden mit auf-

gesetztem Windkessel und Lufthahn, der jedesmal beim Anlassen und auch sonst zeitweise geöffnet werden muß, bis Wasser hervorsprudelt, worauf er wieder geschlossen wird.

Für größere Leitungen werden schon seit langer Zeit ausschließlich gußeiserne Röhren angewendet, und diese sind auch für kleinere Leitungen am empfehlenswertesten. Sie werden in Stücken von 2 bis 4 *m* Länge hergestellt und sind entweder außen und innen nur geteert, oder sie werden mitunter auch im Innern emailliert oder asphaltiert. Zur Verbindung haben sie ebenfalls Muffen. Früher hat man den Zwischenraum in den Muffen nur mit Holzstücken ausgekeilt, jetzt wird er mit Blei verstemmt. Zu diesem Behufe wird zuerst in den Zwischenraum etwas Hanf oder ein Strick hineingedrückt, dann die Muffe mit Lehm umhüllt und geschmolzenes Blei hineingegossen. Ist dieses erstarrt, so wird es mit einem stumpfen Eisen noch fest in die Muffe hineingetrieben (verstemmt).

Bei ganz kleinen Leitungen benützt man auch mitunter aus Schmiedeeisen gewalzte Röhren, welche entweder durch Flanschen oder durch aufgeschraubte Muffen verbunden werden. In der Erde halten sich aber diese Rohre nicht lange, da sie bald vom Rost zerstört werden.

Bei Leitungen im Innern der Gebäude, wo mancherlei Krümmungen gebildet werden müssen, verwendet man Bleiröhren, welche an den Verbindungsstellen verlötet werden. Mit den Eisenröhren werden die Bleiröhren durch Holländer aus Messing verbunden, welche mit dem Eisenrohr verschraubt und mit dem Bleirohr verlötet werden.

C. Die Flußbauten.

I. Uferbefestigungen.

Zur Befestigung der Ufer fließender Gewässer können die bereits im III. Teil „Wegbau“ in dem Kapitel „Befestigung der Böschungen“ besprochenen Mittel Anwendung finden. Nebst diesen Mitteln wendet man zur Uferbefestigung auch noch flaches Flechtwerk und Senkfaschinen oder sogenannte Senkwürste an.

Zur Herstellung von flachem Flechtwerk werden unmittelbar am Ufer in die Sohle des Gewässers in Entfernungen von etwa 50 *cm* voneinander Weidenpfähle etwas schief eingeschlagen und mit Weidenästen dicht durchflochten. Die Stammenden der Äste werden in die Erde eingegraben, damit sie sich bewurzeln können. Auch die Pfähle bewurzeln sich leicht. Der Zwischenraum zwischen dem Flechtwerk und dem Ufer wird mit Erde ausgefüllt, welche festgestampft wird. In der Regel versieht man nur den

unteren Teil des Ufers bis zum mittleren Wasserstande mit Flechtwerk, der höhere Teil aber wird als Rasenböschung hergestellt (Fig. 379).

Ist das Gewässer sehr reißend und tief, sodaß man ein Flechtwerk nicht herstellen kann, und kann man auch wegen Steinmangel keine Befestigung durch eine Ufermauer anwenden, so greift man zu den Senkwürsten. Hierunter versteht man Faschinen-Bündel von 4 bis 6 *m* Länge und 0.6 bis 1 *m* Durchmesser, welche in ihrem Innern Steine oder Kies enthalten und mit Weidenruten oder auch mit Draht in Entfernungen von 0.5 *m* fest zusammengeschnürt sind (Fig. 380). Diese werden an dem zu schützenden Ufer versenkt und entweder nur unbedeckt gelassen, wie in Fig. 381, oder es kommt ein Steinpflaster oder ein Steinwurf darüber. Der obere Teil des Ufers über dem mittleren Wasserstande wird stets abgepflastert.

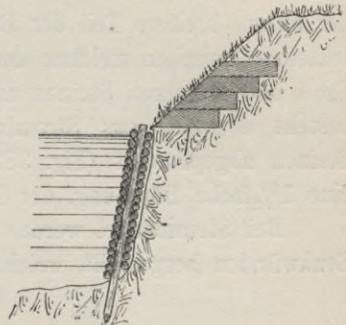


Fig. 379.

Wo das Holz wenig Wert hat, können auch Spundwände und Bohlwerke zum Uferschutz benützt werden.

Das beste Uferschutzmittel sind Ufermauern, welche aus Bruchsteinen entweder als Trockenmauer oder mit Verwendung von hydraulischem Mörtel

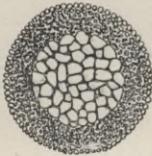


Fig. 380.

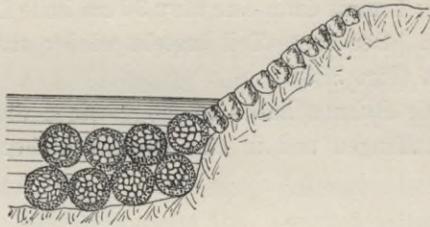


Fig. 381.

hergestellt werden. Selbstverständlich ist eine gute Fundierung nötig, um eine Unterwäsung zu verhüten. Die Ufermauer wird wie eine Stützmauer hergestellt, d. h. sie bekommt außen eine Abböschung auf $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Höhe und zur Kronenstärke bekommt sie 0.4 der Höhe.

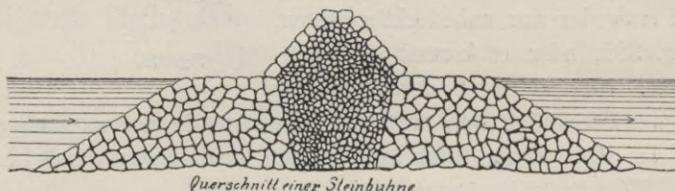
2. Buhnen.

Unter Buhnen, welche man auch Einbaue, Sporen oder Kreibben nennt, versteht man feste Bauwerke von Steinen, Holz oder Faschinen, welche 3 bis 9 *m* weit in das Ufer hineingreifen und sich in den Fluß erstrecken und zwar entweder rechtwinklig auf den Stromstrich oder stromauf- oder abwärts. Die Buhnen sind also nichts anderes, als vom Ufer in das Wasser hineinführende Dämme. Das im Wasser befindliche Ende heißt der

Kopf der Buhne, die Oberfläche des Dammes die Krone. Der Kopf, sowie die Seitenflächen müssen eine sehr sanfte Böschung, $1\frac{1}{2}$ bis 2fach erhalten. Die Krone muß vom Ufer gegen den Kopf hin Gefälle haben.

Bezüglich der Ausführung der Buhnen ist die festeste und sicherste Bauart die „Steinbuhne“. Bis zum gewöhnlichen Niederwasserspiegel reicht der untere breitere Teil der Buhne, dessen Seiten aus einer Steinschüttung bestehen, zwischen welchen der Raum mit Strombaumaterial, d. h. mit Kies, Sand und kleineren Steinen ausgefüllt wird. Der obere Teil ist schmaler, besteht ebenfalls aus Strombaumaterial und wird mit großen, schweren Steinen abgepflastert (Fig. 382). Die Seitenwände erhalten in der Regel eine $1\frac{1}{2}$ fache Böschung, der Kopf eine 2 bis 3fache.

Bei Steinmangel werden mitunter die Seiten des unteren Teiles aus Senkwürsten hergestellt, welche in der Stromrichtung versenkt werden, und

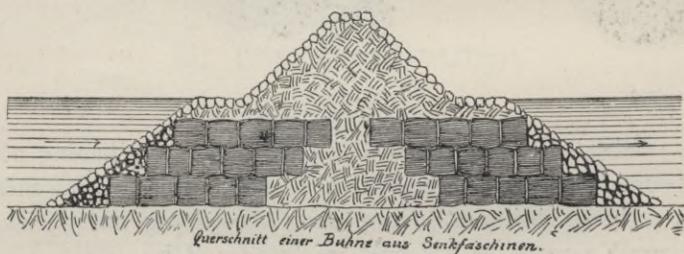


Querschnitt einer Steinbuhne

Fig. 382.

zwischen welchen der Zwischenraum mit Strombaumaterial ausgefüllt wird. Hierüber kommt dann eine etwa 30 cm hohe Lage aus gewöhnlichen Faschinenbündeln. Der obere Teil besteht wieder aus Strombaumaterial und ist gepflastert (Fig. 383).

Die Buhnen haben im allgemeinen die Wirkung, daß sie den Stromstrich auffangen und in eine gewisse Richtung zwingen. Werden sie daher



Querschnitt einer Buhne aus Senkfaschinen.

Fig 383.

hintereinander in gewissen Abständen angelegt, so weisen sie den Stromstrich von diesem Ufer ab. Bei sehr schmalen Flüssen kann dadurch der Stromstrich ganz gegen das andere Ufer getrieben werden, sodaß dieses beschädigt wird, wenn es nicht ebenfalls geschützt wird. Ferner wird durch die Buhnen das Strombett eingengt, und dadurch bekommt das Wasser zwischen ihnen eine größere Geschwindigkeit, hiedurch wird aber wieder die Sohle des Flusses aufgewühlt und vertieft. Hinter den Buhnen erscheint dagegen das Wasser verhältnismäßig ruhig, sodaß hier eine Ablagerung von

Schlamm und Sand stattfindet, und dadurch wird mit der Zeit eine Verlandung herbeigeführt. Durch die Buhnen findet demnach eine allmähliche Umgestaltung des Flußbettes und der Ufer statt. Soll dieses eintreten, so müssen aber mehrere Buhnen hintereinander angebracht werden, und zwar darf ihre Entfernung voneinander nicht größer sein, als $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Flußbreite.

Je nach ihrer Lage zum Stromstrich unterscheidet man normale, inklinante und deklinante Buhnen (Fig. 384). Deklinant heißen unter

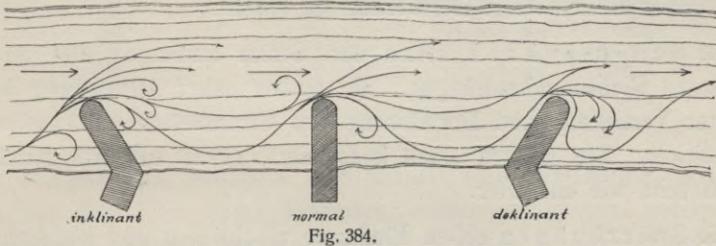


Fig. 384.

einem Winkel von 60 bis 70° stromabwärts gerichtete Buhnen. Diese leiten die Strömungen am regelmäßigsten, bewirken aber die geringste Verlandung und setzen bei Hochwasser das Ufer am meisten der Gefahr einer Beschädigung aus. Inklinante Buhnen sind solche, welche stromaufwärts gerichtet sind, und zwar ebenfalls unter einem Winkel von 60 bis 70°. Sie sind am wirksamsten für die Verlandung, sind aber am gefährlichsten für die Schifffahrt und Flößerei, weil Schiffe und Flöße leicht gegen ihren Kopf geworfen werden. Die normalen, d. h. senkrecht auf den Stromstrich gestellten Buhnen stehen bezüglich ihrer Wirksamkeit in der Mitte zwischen deklinanten und inklinanten.

Bezüglich ihres Zweckes und ihrer Anwendung unterscheidet man:

1. Schutzbuhnen, welche ein gefährdetes Ufer schützen sollen. Die Entfernung voneinander beträgt bei kleinen Flüssen $\frac{3}{4}$, bei größeren $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ der Flußbreite, und sie werden etwas weniges höher als der mittlere Wasserstand gemacht.

2. Treibbuhnen, werden angewendet, um Sandbänke oder kleine Inseln, infolge welcher der Fluß Krümmungen bildet, zu entfernen. Durch

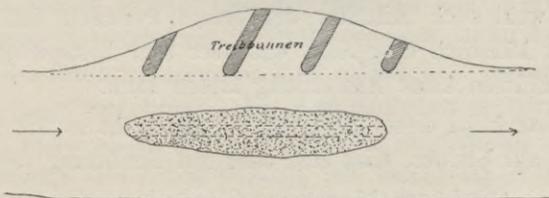


Fig. 385.

die Buhnen wird das Flußbett eingengt und dem Wasser eine größere Geschwindigkeit gegeben, sodaß dieses die Sohle angreift. Um die Wirkung

der Treibbuhnen zu unterstützen, wird die Oberfläche der Insel vom Rasen und Gesträuch befreit, aufgelockert und allenfalls auch noch mit einem Graben durchzogen. Die Treibbuhnen müssen möglichst nahe beieinander angelegt werden, damit die Verlandung rasch fortschreitet (Fig. 385).

3. Fangbuhnen sollen zwischen sich Verlandung bewirken; sie werden daher immer inklinant hergestellt, und zwischen ihnen legt man noch Flechtzäune oder Schlammfänge an. Sie werden anfangs nur wenig höher als der niederste Wasserspiegel angelegt, und wenn die Verlandung bis zu dieser Höhe erfolgt ist, werden sie erhöht.

4. Schöpfbuhnen sollen den Strom auffangen und nach einer bestimmten Richtung hindrängen. Sie finden daher Anwendung bei beabsichtigter Vertiefung und Erweiterung des Strombettes und besonders bei Durchstichen. Sie müssen stark konstruiert, etwas aufwärts gerichtet und so hoch sein, wie das Ufer.

5. Sperrbuhnen sollen Flußarme abschließen und kommen deshalb bei Durchstichen zur Verwendung. Sie bekommen eine Höhe zwischen dem niedersten und mittleren Wasserstande.

Die Schutz-, Treib- und Fangbuhnen werden häufig mit Flügeln versehen, wodurch ihre Wirksamkeit sehr verstärkt wird. Die Buhnen gehen durch diese Flügel über in die sogenannten Streichbauten.

3. Streichbauten.

Streichbauten, Streich- oder Parallelwerke nennt man solche Bauten, welche parallel mit dem Ufer hergestellt werden, und welche entweder ein neues Ufer bilden, oder doch wenigstens der Strömung eine bestimmte Bahn anweisen sollen. Sie sind entweder mit beiden Enden an das Ufer angeschlossen, oder sie sind nur am oberen Ende stumpfwinklig mit dem Ufer verbunden, oder sie können durch mehrere Traversen (Buhnen) mit dem Ufer verbunden sein. Entweder werden sie in einer einzigen, ununterbrochenen Linie angelegt, oder man läßt in Entfernungen von 200 bis 300 *m* voneinander Öffnungen, um die Verlandung zu beschleunigen. Bei kleinen Gewässern wird wohl auch mitunter der Raum zwischen den Parallelwerken und dem Ufer künstlich ausgefüllt, was aber sehr kostspielig ist und daher bei größeren Flüssen keine Anwendung finden kann.

Die Konstruktion dieser Parallelwerke geschieht so wie die der Buhnen, entweder ganz aus Steinen, Kies etc., oder mit Benützung von Senkfaschinen.

In kleinen Gewässern können zur Herstellung der Streichbauten auch Flechtwerke Anwendung finden. Für ganz kleine Gewässer genügen einfache Flechtwerke, sogenannte „Steckenfächer“, welche aus einer Reihe von Pfählen bestehen, welche dicht verflochten, oben durch einen Holm verbunden und

gegen das Ufer verstrebt werden (Fig. 386). Größere Festigkeit gewähren doppelte Flechtwerke, aus zwei Reihen bestehend, deren Zwischenraum mit Steinen, Sand, Kies, manchmal auch mit Faschinen ausgefüllt wird (Fig. 387).

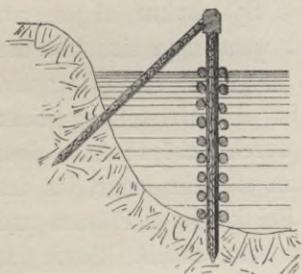


Fig. 386.

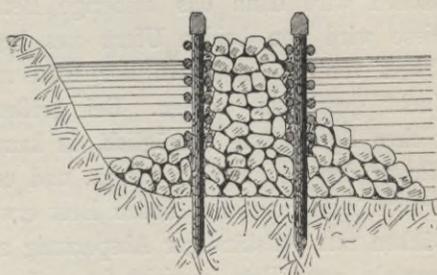


Fig. 387.

Die Streichbauten bewirken sehr schnell eine Verlandung, besonders wenn sie mit dem Ufer durch Traversen verbunden werden, welche auch nur aus den eben beschriebenen Flechtwerken bestehen können. Die Streichbauten sind den Buhnen in den meisten Fällen vorzuziehen.

4. Durchstiche.

Häufig bildet ein Gewässer in der Ebene zahlreiche Krümmungen oder Serpentin, und wälzt sich dann bei sehr geringem Gefälle äußerst träge dahin. Schneidet man nun eine oder mehrere solcher Krümmungen ab und legt den Fluß gerade, so wird dadurch die Länge des Wasserlaufes geringer und daher das Gefälle größer. Auch gewinnt man dadurch an Fläche und hat kürzere Ufer in Stand zu halten. Eine solche Arbeit nennt man einen Durchstich.

Ehe man einen Durchstich vornimmt, müssen aber Bodenuntersuchungen vorausgehen, damit nicht etwa Hindernisse vorhanden sind, welche die Bildung eines neuen Flußbettes unmöglich machen.

Es ist nicht nötig, daß der Durchstich in der vollen Breite, wie sie das neue Flußbett haben soll, ausgehoben wird. Es genügt das Ausheben eines Grabens, welchen der Fluß dann selbst erweitert, und zwar umso energischer und schneller, je mehr Gefälle er hat und eine je größere Wassermasse in den Graben eintreten kann. Bei Bächen muß der Graben mindestens die halbe Breite des künftigen normalen Flußbettes haben, bei großen Strömen dagegen genügt $\frac{1}{20}$ dieser Breite. Mit dem Ausheben des Grabens beginnt man am unteren Ende, macht ihn so tief, als es möglich ist, ohne daß eintretendes Grundwasser die Arbeit hindert und macht die Wände möglichst senkrecht, damit sie umso leichter vom Wasser abgerissen werden können. Die ausgehobene Erde kann zur Herstellung von Dämmen längs des künftigen normalen Bettes verwendet werden, oder bei genügender Höhe des Terrains wird sie flach auseinander geworfen. Ist man mit dem Ausheben des Grabens

bis knapp an sein oberes Ende gekommen, so wartet man einen möglichst niederen Wasserstand ab, um noch den letzten Rest, der den Graben vom Flusse trennt, möglichst rasch zu durchstechen. Bei kleinen Flüssen und Bächen wird dann das bisherige Bett durch eine Sperrbuhne abgesperrt. Diese wird von beiden Ufern aus begonnen, und wenn man sich mit der Arbeit von beiden Seiten der Mitte nähert, muß möglichst rasch Tag und Nacht gearbeitet werden. Bei großen Flüssen ist die Herstellung einer solchen Sperrbuhne unmöglich, da kann man nur durch Schöpfbuhnen dem Wasser den neuen Weg weisen, und es dauert dann oft sehr lange, bis der Graben zum normalen, neuen Bett erweitert ist. Bei kleineren Flüssen und Bächen mit vollständiger Absperrung aber geht das sehr schnell. Sowie das normale neue Bett erreicht ist, müssen die neuen Ufer entsprechend hergestellt und in Stand gehalten werden.

5. Eindeichungen.

Bei manchen Gewässern sind die Ufer durchwegs oder stellenweise so niedrig, daß bei höherem Wasserstande das angrenzende Terrain überschwemmt wird. Besteht dieses aus bebautem Boden und will man diesen vor der Überschwemmung schützen, so müssen Dämme oder Deiche angelegt werden. Sollen die Dämme nur bei den gewöhnlichen höheren Wasserständen eine Überschwemmung verhüten, so nennt man sie Sommerdeiche; diese können also bei eigentlichem Hochwasser überflutet werden. Sollen die Dämme aber auch bei dem höchsten Wasserstande eine Überschwemmung verhüten, so heißen sie Winterdeiche. Die Sommerdeiche erhalten somit eine Höhe zwischen dem mittleren und höchsten Wasserstande, während die Winterdeiche 50 bis 60 *cm* über den höchsten Wasserstand reichen müssen. Um nun die Winterdeiche nicht übermäßig hoch und dementsprechend stark machen zu müssen, muß man dem Wasser etwas Raum zur Ausbreitung lassen, indem man die Dämme nicht unmittelbar am Ufer, sondern in einiger Entfernung von diesem errichtet. Den Raum zwischen Ufer und Damm nennt man das Vorland.

Die Dämme werden möglichst parallel mit den Ufern angelegt, doch so, daß alle scharfen Krümmungen vermieden werden. Die Stärke der Dämme richtet sich nach ihrer Höhe und nach der Gewalt des Gewässers. Bei niedrigen Dämmen und kleinen, nicht reißenden Gewässern genügt eine Kronenbreite von 0·6 bis 1 *m*, wogegen bei großen Flüssen eine solche von 3 bis 6 *m* nötig ist.

Nach der Höhe der Dämme ergeben sich folgende Kronenbreiten für kleinere Gewässer:

bis 1·25 <i>m</i>	Höhe	eine	Kronenbreite	von	0·60	bis	0·75 <i>m</i>
„ 1·80	„	„	„	„	0·90	„	1·10 „
„ 2·50	„	„	„	„	1·30	„	1·60 „

Bei großen Flüssen und Strömen beträgt die Kronenbreite je nach der Höhe der Dämme 3·00 bis 6·0 *m*.

Sehr gut ist es, wenn man die Krone des Dammes als Weg benützen kann, weil der Damm dadurch sehr an Festigkeit gewinnt. Die Böschung der Dämme muß stets sehr flach gemacht werden. Bei Sommerdeichen macht man beiderseits eine $1\frac{1}{2}$ bis 2fache, bei Winterdeichen auf der Wasserseite eine 2fache, auf der Landseite 1 bis $1\frac{1}{4}$ fache Böschung. Bei starkem Wellenschlag ist auf der Wasserseite eine noch sanftere, u. zw. oft eine 3 bis 5fache Böschung nötig. Bei sehr hohen und starken Dämmen bringt man häufig auf der Landseite ein Bankett an zur Vergrößerung der Widerstandskraft und Ersparung von Material.

Zur Herstellung der Dämme ist ein möglichst bündiges Material, welches undurchlässig ist, am besten, doch muß man sich in der Regel mit dem vorhandenen Material begnügen. Befindet sich unter dem Damm eine sehr durchlässige Kies- oder Sandschichte, so muß diese entweder in der ganzen Breite des Dammes oder wenigstens teilweise durchbrochen werden und der Raum wird mit undurchlassendem Materiale ausgefüllt. Das Auftragen des Dammes geschieht in zirka 30 *cm* hohen Schichten, welche festgestampft werden. Die Böschungen müssen berast und der Rasen sorgfältig erhalten werden. Baumwuchs soll man auf Dämmen nicht dulden, weil die langen Bäume bei starkem Wind als mächtige Hebel wirken und den Damm lockern.

Bei Hochwasser müssen die Dämme stets beaufsichtigt werden. Droht das Wasser bei einem Winterdeiche irgendwo über die Dammkrone überfallen zu wollen, so muß dies durch sofortiges Auftragen von Erde oder Mist, die gleich festgestampft wird, verhindert werden, denn sowie irgendwo das Wasser überströmt, wird der Damm auf der Landseite so stark angegriffen, daß vielleicht ein Bruch eintreten könnte.

Rieselt irgendwo das Wasser durch den Damm heraus, so hat man zunächst die Beschaffenheit des herausfließenden Wassers zu beachten. Ist dieses klar und rein, so hat es wenig Gefahr, ist es jedoch trüb und lehmig, so ist das ein Zeichen, daß die erdigen Bestandteile des Dammes herausgeschwemmt werden, und dann ist schleuniges Einschreiten nötig, um einen Dammbruch zu verhindern. Zu diesem Zwecke werden unterhalb der Stelle einige Pfähle eingeschlagen, schräg gegen den Damm, an diese werden horizontal übereinander Bretter gelegt und der Zwischenraum zwischen Brettern und Damm wird mit Erde ausgefüllt, welche festgestampft wird. Das Wasser wird nun irgendwo anders einen Ausweg suchen, worauf man wieder so vorgeht, bis man es endlich ganz zurückgedrängt hat; dann muß aber unverzüglich an eine gründliche Verstärkung des Dammes an dieser Stelle geschritten werden.

6. Wehrbauten.

a) Allgemeines.

Unter einem Wehr versteht man einen quer durch das Flußbett gelegten Damm, der den Zweck hat, das Wasser oberhalb anzustauen, um den Wasserspiegel zu heben. Die Hebung des Wasserspiegels kann aus verschiedenen Rücksichten erforderlich sein, entweder um das nötige Gefälle zu bekommen, wenn das Wasser als bewegende Kraft verwendet werden soll oder um es aus dem Flußbette seitwärts ableiten zu können, oder um das vielleicht zu starke Gefälle des Flusses zu mäßigen, oder um die Sohle des Gewässers gegen Vertiefung zu schützen.

Das Wasser oberhalb des Wehres nennt man das Oberwasser und unterhalb Unterwasser. Der Höhenunterschied H zwischen dem Ober- und Unterwasserspiegel heißt die Stauhöhe (Fig. 388). Die Aufstauung

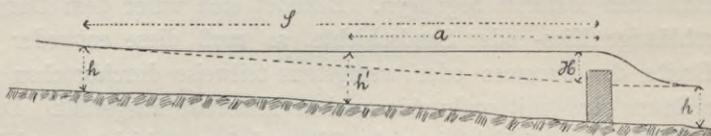


Fig. 388.

des Oberwassers verliert sich oberhalb des Wehres in einer gewissen Entfernung, welche man die Stauweite nennt. Liegt die Krone eines Wehres unter dem niedersten Wasserspiegel, so nennt man es Grundwehr. Liegt dagegen die Krone zwischen dem niedrigsten und höchsten Wasserstande, so heißt es ein Überfallwehr. Ist das Überfallwehr mit einer bis auf die Sohle des Flusses reichenden, verschließbaren Öffnung (Schleuse) versehen, oder besteht das Wehr nur aus einer oder mehreren nebeneinander befindlichen Schleusen, so heißt es Schleusenwehr. Außerdem sind noch zu nennen die beweglichen Wehre, welche leicht ganz beseitigt, resp. niedergelegt werden können.

Für die Anlage eines Wehres soll stets eine Stelle im Flusse gewählt werden, wo dieser wenigstens die normale Breite hat, und wo auch die Ufer eine hinreichend große, über das Wehr hinausragende Höhe haben. Würde man das Wehr an einer engen Stelle des Flusses anlegen, so erhält, besonders bei Hochwasser, die Wasserschicht über der Wehrkrone eine zu große Höhe, welche für das Wehr, das Flußbett und das angrenzende Gelände gefährlich werden könnte. Die Lage des Wehres gegen die Ufer soll möglichst senkrecht auf diese sein. Schief gegen die Ufer gestellte Wehren haben wohl eine größere Länge, und es wird durch diese größere Länge die Höhe der Wasserschicht über der Wehrkrone sehr gemindert, aber weil das Wasser immer in einer auf die Länge des Wehres senkrechten Richtung abfließt, wird es von einem schiefen Wehr gegen das eine Ufer geworfen, und dieses dadurch, besonders bei Hochwasser gefährdet, es muß daher entweder aus Felsen bestehen oder gut befestigt sein. Am günstigsten für die

Erhaltung der Flußsohle und der Ufer ist eine stromaufwärts gerichtete flache Bogenform. Ein solches Wehr kann aber nur massiv aus Steinen hergestellt werden und erfordert jedenfalls größere Baukosten. Die Krone des Wehres wird immer horizontal angelegt.

Von großer Wichtigkeit ist bei jedem Wehr die Ermittlung der Stauweite, S . Diese Ermittlung ist aber sehr schwierig, weil der angestaute Oberwasserspiegel nicht horizontal ist, sondern in einer Kurve allmählich in den ursprünglichen Wasserspiegel übergeht. Am sichersten ist es deshalb immer, eine Probestauung vorzunehmen. Bei mäßigem Gefälle kann man die Stauweite annähernd nach der Formel berechnen:

$$S = \frac{2H}{J}, \text{ worin } H \text{ die Stauhöhe und } J \text{ das relative Gefälle bedeutet.}$$

Oder man rechnet versuchsweise für verschiedene Entfernungen vom Wehre die Höhe des Wasserspiegels über der Sohle, bis diese Höhe gleich wird der derzeitigen Wassertiefe. Die Höhe h' des Wasserstandes an einem beliebigen Punkte, in einer Entfernung a vom Wehre kann nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$h' = \frac{a^2 \cdot J^2}{4H} + H + h - a \cdot J$$

Beispiel:

Ein Fluß hätte ein Gefälle von 0.2% (also $J = \frac{0.2}{100} = 0.002$), der derzeitige Wasserstand h wäre 1.2 m und die Höhe der Stauung über dem derzeitigen Wasserspiegel soll 0.8 m betragen.

Nach der ersten Näherungsformel wäre die Stauweite

$$S = \frac{2H}{J} = \frac{2 \cdot 0.8}{0.002} = 1.6 : 0.002 = 800 \text{ m.}$$

Nach der zweiten Formel wird in einer Entfernung $a \approx 300 \text{ m}$ vom Wehr die Höhe des Wasserspiegels über der Sohle sein:

$$h' = \frac{300^2 \cdot 0.002^2}{4 \cdot 0.8} + 0.8 + 1.2 - 300 \cdot 0.002 = 1.512 \text{ m,}$$

daher die Höhe der Stauung an dieser Stelle noch $1.512 - 1.2 = 0.312 \text{ m}$.

In einer Entfernung $a = 600 \text{ m}$ ist:

$$h' = \frac{600^2 \cdot 0.002^2}{4 \cdot 0.8} + 0.8 + 1.2 - 600 \cdot 0.002 = 1.25 \text{ m,}$$

daher die Höhe der Stauung $1.25 - 1.20 = 0.05 \text{ m}$.

In einer Entfernung $a = 800 \text{ m}$ ist:

$$h' = \frac{800^2 \cdot 0.002^2}{4 \cdot 0.8} + 0.8 + 1.2 - 800 \cdot 0.002 = 1.2 \text{ m,}$$

daher die Höhe der Stauung $= 1.2 - 1.2 = 0$.

Jedes Wehr soll nur eine solche Höhe bekommen, als nötig ist, um den verlangten Zweck zu erreichen. Eine größere Aufstauung des Oberwasserspiegels über dem Unterwasser als 3 m macht man nie, weil sonst die überstürzende Wassermasse den Wehrkörper und die Sohle des Flußbettes unmittelbar unterhalb des Wehres zu sehr beschädigt. Aus dem

gleichen Grunde soll auch die Höhe der Wasserschichte über der Wehrkrone nicht über 1 *m* hinausgehen.

Da von der Höhe des Wehres die Stauhöhe und Stauweite abhängt, so bedarf die Bestimmung der Wehrhöhe immer einer sehr sorgfältigen Erwägung. Um die Höhe eines Wehres zu bestimmen, ist die Ermittlung der Wassermenge notwendig, welche der Fluß in einer Sekunde führt und welche daher in einer Sekunde über das Wehr fließen soll, u. zw. sowohl bei Hoch-, als auch bei Niederwasser. Diese Ermittlung geschieht am sichersten durch direkte Messung mittelst provisorischer Stauanlagen, oder auch in der Weise, daß man an einer Stelle, wo das Gewässer ein regelmäßiges Profil hat, die Querschnittsfläche, den benetzten Umfang und das Gefälle ermittelt. Die Wassermenge *Q* ist dann $Q = F \cdot v$ und $v = 50.93 \sqrt{R \cdot J}$, in welcher Formel *R* den mittleren Radius und *J* das relative Gefälle bedeutet.

Bezeichnet man mit *B* die Länge des Wehres, mit *x* die Höhe des gestauten Wasserspiegels über der Wehrkrone bei einer gegebenen Stauhöhe *H*, und mit *h* die Höhe des ungestauten Wassers (Fig. 389), so läßt

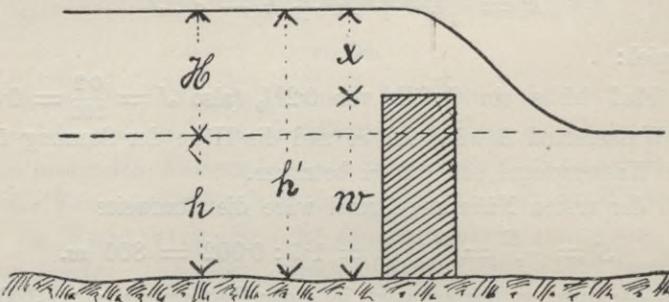


Fig. 389.

sich die in einer Sekunde über das Wehr fließende Wassermenge *Q* finden nach der Formel:

$$Q = 0.57 B \cdot x \sqrt{2 g x} \text{ und hieraus ist } x = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{2 g (0.57 B)^2}} \text{ worin } g = 9.81 \text{ ist.}$$

Setzt man in die letztere Formel die früher ermittelte sekundliche Wassermenge ein, so findet man *x*. Ist $x < h$, so muß das Wehr als Überfallwehr angelegt werden, und es ist dann die Wehrhöhe $w = (h + H) - x$.

Hätte man z. B. die sekundliche Wassermenge eines Flusses mit 12 m^3 ermittelt und das zu erbauende Wehr sollte 8 *m* lang sein, wäre ferner die Wassertiefe des ungestauten Wassers 1.0 *m* und die Stauhöhe *H* soll 1.0 *m* betragen, so ist:

$$x = \sqrt[3]{\frac{12^2}{2 \cdot 9.81 (0.57 \cdot 8)^2}} = 0.71 \text{ m.}$$

Da die Höhe des ungestauten Wassers $h = 1 \text{ m}$ ist, so muß ein Überfallwehr angelegt werden, dessen Höhe $w = (1 + 1) - 0.71 = 1.29 \text{ m}$ ist.

Ergibt sich aber das berechnete $x > h$, so muß ein Grundwehr angelegt werden (Fig. 390). Man setzt dann zunächst in die Formel $Q = 0.57 B \cdot x \sqrt{2 g x}$ für x die Höhe h des ungestauten Wasserspiegels ein und erhält eine Wassermenge q_1 . Diese wird von der gegebenen Wasser-

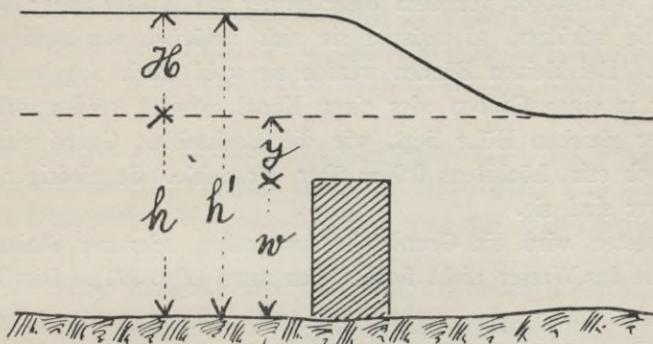


Fig. 390.

menge Q subtrahiert, und es ist $Q - q_1 = q_2$ und dann ist die Tiefe der Wehrkrone unter dem Wasserspiegel des ungestauten Wassers $y = \frac{q_2}{0.62 B \sqrt{2 g h}}$ die Wehrhöhe $w_1 = h - y$.

Angenommen es wäre die sekundliche Wassermenge die gleiche von 12 m^3 , die Tiefe des ungestauten Wassers wäre aber nur 0.60 m , so ist das mit 0.71 m gefundene x größer als die Wassertiefe h . Es ist daher:

$$q_1 = 0.57 \cdot 8 \cdot 0.60 \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.60} = 9.38 \text{ m}^3$$

$$q_2 = 12 - 9.38 = 2.62 \text{ m}^3$$

$$y = \frac{2.62}{0.62 \cdot 8 \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.60}} = 0.15 \text{ m}$$

$$w_1 = 0.60 - 0.15 = 0.45 \text{ m}.$$

Soll ein Wehr zu dem Zwecke angelegt werden, um einen bestimmten Teil der Wassermenge eines fließenden Gewässers in einen Seitengraben zu leiten, z. B. $\frac{1}{3}$, also im obigen Beispiele 4 m^3 , so nimmt man als sekundliches Wasserquantum Q , welches über das Wehr fließen muß, nur den Rest, also im angenommenen Beispiele $\frac{2}{3}$ mit 8 m^3 an.)*

*) Über die Höhe der Stauung bestimmt das Gesetz vom 28. August 1870 über die Benützung, Leitung und Abwehr der Gewässer (L.-G.-Bl. vom 25. Oktober 1870, XXII. Stück No. 71) folgendes:

§ 23. Bei allen Triebwerken und Stauanlagen ist der erlaubte höchste und im Falle der Verpflichtung, das Wasser in einer bestimmten Höhe zu erhalten, auch der zulässig niederste Wasserstand durch Staupfähle (Normalzeichen, Ham-, Haim- oder Eichpfähle oder Eichstöcke) oder andere bleibende Staumaße auf Kosten der Besitzer dieser Werke und Anlagen zu bezeichnen. Diese Bezeichnung ist bei den auf Grund dieses Gesetzes zu errichtenden Triebwerken und Stauanlagen gleich bei ihrer Errichtung zu bewerkstelligen.

§ 24. Sobald das Wasser über die durch das Staumaß festgesetzte Höhe wächst, muß der Stauwerksbesitzer durch Öffnung der Schleusen, sowie überhaupt durch Weg-

b) Konstruktion der Wehre.

1. Grundwehre.

Die Grundwehre werden zumeist angewendet, um die Sohle von Flüssen und Bächen zu erhalten, oder um irgend einen Wasserbau vor dem Unterwaschen zu behüten, da vor dem Wehr immer das Wasser ruhig ist. Sollen sie die Sohle schützen, so müssen sie sich natürlich von Stelle zu Stelle wiederholen. Bei kleinen Bächen werden sie wohl auch angewendet, wenn das Wasser in einen Graben oder einen Kanal geleitet werden soll, dessen Sohle in der gleichen Höhe liegt, wie die Bachsohle. Grundwehre dürfen nie sehr hoch sein, höchstens 0,9 m über der Sohle. Je niedriger sie sind, desto sicherer sind sie.

Am besten wird ein Grundwehr aus großen, schweren Steinen hergestellt, welche das Wasser nicht fortbewegen kann (Fig. 391). Die Oberfläche

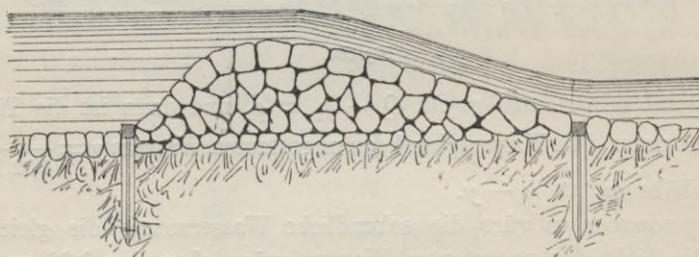


Fig. 391.

muß glatt sein und nach beiden Seiten eine sanfte Abdachung haben. Flußaufwärts genügt eine einfache Böschung, flußabwärts aber muß sie dreifach sein. Die Wehrkrone selbst erhält eine Breite, gleich ihrer Höhe. Um das Wehr vor Unterwaschung zu schützen, wird vor und hinter dem Wehr eine räumung aller Hindernisse den Wasserabfluß so lange befördern, bis das Wasser wieder auf die normale Stauhöhe herabgesunken ist.

Über die Einrichtung der Staumaße und den Vorgang bei ihrer Aufstellung enthält die Verordnung des Ackerbau-Min. vom 20. September 1872, L.-G.-Bl. vom 17. Dezember 1872, XX. Stück Nr. 53, die nötigen Weisungen.

Hiebei mögen auch noch folgende Bestimmungen des vorerwähnten Wasserrechtsgesetzes erwähnt werden.

§ 17. Jede andere, als die in § 15 angegebene Benützung der öffentlichen Gewässer, sowie die Errichtung oder Änderung der hiezu erforderlichen Vorrichtungen und Anlagen, welche auf die Beschaffenheit des Wassers, auf den Lauf desselben, oder auf die Höhe des Wasserstandes Einfluß nehmen oder die Ufer gefährden kann, bedarf der Bewilligung der dazu berufenen politischen Behörden. Diese Bewilligung ist auch bei Privatgewässern erforderlich, wenn durch deren Benützung auf fremde Rechte oder auf die Beschaffenheit, den Lauf oder die Höhe des Wassers in öffentlichen Gewässern eine Einwirkung entsteht.

§ 18. Zu den Wasserwerken, deren Errichtung der Bewilligung der kompetenten politischen Behörde nach § 17 bedarf, gehören insbesondere Triebwerke und Stauanlagen. Auch zu jeder Abänderung derselben muß, insofern sie auf den Lauf, das Gefälle oder den Verbrauch des Wassers Einfluß hat, vorher die Bewilligung der zuständigen politischen Behörde eingeholt werden.

Spundwand eingetrieben. Auf beiden Ufern muß das Wehr entweder mit diesen fest verbunden sein oder in die Ufer eingreifen. Ebenso muß das Ufer zu beiden Seiten des Wehres entweder durch Spundwände oder Bohlwerke oder durch eine Steinmauer geschützt sein. Dies gilt für jedes Wehr.

Fehlt es an entsprechenden Steinen, so werden Grundwehre auch oft aus Senkfaschinen hergestellt, indem man eine oder mehrere quer über das Flußbett versenkt. Selbstverständlich müssen sie auf beiden Seiten in die Ufer eingreifen.

Zweckmäßiger als Faschinen ist eine Spundwand, auf welche oben ein Holm aufgesetzt wird. Vor und hinter der Spundwand wird ein Steinwurf angebracht (Fig. 392). Widerstandsfähiger wird das Wehr, wenn man zwei Reihen Spundwandpfähle nebeneinander eintreibt, über jede kommt ein Holm und über die Holme Zangen. Den Zwischenraum zwischen den beiden Spundwänden füllt man mit Steinen, Kies oder Sand aus und gibt wieder vor und hinter das Wehr Steinwürfe (Fig. 393).

Statt der Spundwände verwendet man mitunter für provisorische Stauungen wohl auch nur Flechtwerke aus einer oder zwei Reihen ver-

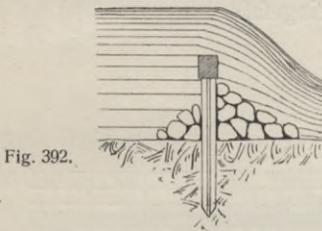


Fig. 392.

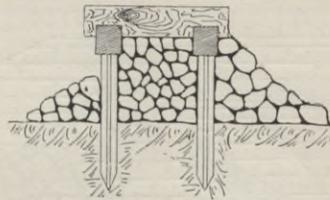


Fig. 393.

flochtener Pfähle, die im übrigen so behandelt werden, wie die eben beschriebenen Spundwände. Doch haben diese Flechtwerke selbstverständlich nicht viel Widerstandsfähigkeit und auch eine sehr geringe Dauer.

2. Überfallwehre.

Diese haben eine größere Höhe als die Grundwehre, indem ihre Krone zwischen dem niedersten und höchsten Wasserstande liegt. Die Überfallwehre können von Steinen oder Holz hergestellt werden. Die solidesten sind die massiv aus Steinen hergestellten mit Anwendung von hydraulischem Mörtel. Diese können wesentlich in zwei verschiedenen Formen konstruiert werden, nämlich entweder mit senkrechtem oder mit geneigtem Abfall. Bei den ersteren stürzt das Wasser mit großer Gewalt senkrecht herab, sie sind daher nur bei sehr festem, widerstandsfähigem Sturzboden anwendbar. Ist der Grund felsig, so ist eine besondere Sicherung nicht notwendig. Bei nachgiebiger Sohle aber muß eine Fundierung durch einen Rost oder durch Beton erfolgen, und vor und hinter die Fundierung kommt eine Spundwand, um eine Unterwaschung zu verhüten. Die Krone des Wehres läßt man etwas ansteigen, damit die Geschwindigkeit und damit die Gewalt der herab-

stürzenden Eisschollen und Geschiebe etwas vermindert wird. Die Fig. 394 zeigt ein massives Wehr ohne Fundierung und Fig. 395 ein solches mit Betonfundierung und Spundwänden.

Die beste Form für ein massiv aus Steinen erbautes Wehr ist jene, wobei die Krone einen konvexen Bogen bildet, der in einen sanften konkaven Bogen übergeht. Fig. 396 stellt ein solches Wehr dar, welches auf einem Pilotenrost fundiert ist. Die Oberfläche des Wehres muß aus glatt zu-

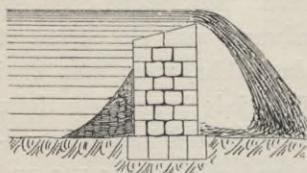


Fig. 394.

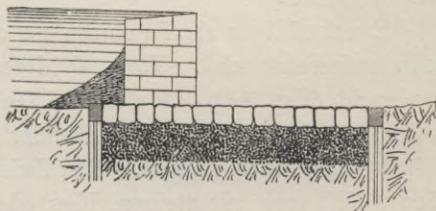


Fig. 395.

gehauenen und in Zement gelegten Steinen bestehen. Bei den steinernen Überfallwehren werden so wie bei Grundwehren die beiden Ufer neben dem Wehr mit einer genügend hohen Steinmauer eingefäßt.

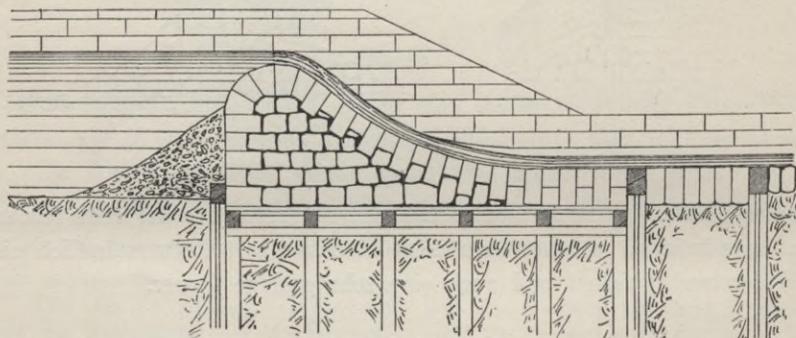


Fig. 396.

Viel weniger dauerhaft und widerstandsfähig als die steinernen Wehre sind hölzerne. Das einfachste hölzerne Überfallwehr besteht aus einer Spundwand, vor und hinter welcher ein Steinwurf angebracht wird. (Siehe Fig. 392.) Selbstverständlich ist das Überfallwehr höher als ein Grundwehr. Eine ähnliche etwas festere Konstruktion stellt Fig. 397 dar. Die Spundwand *a* geht nur bis zur Sohle des Baches und ist hier durch einen aufgesetzten Holm *b* begrenzt. Zu beiden Seiten der Spundwand sind in der Mitte des Baches zwei Pfähle *c* eingetrieben, welche so hoch emporragen, als das Wehr sein soll. Zwischen diese Pfähle sind horizontal übereinander starke Pfosten *d* gelegt, welche mit ihren Enden in die Ufermauern eingreifen. Ist aber das Ufer nur durch eine Spundwand oder ein Bohlwerk geschützt, so werden zum Festhalten der Pfosten auch solche Pfähle, wie in der Mitte, eingetrieben.

Über die Pfähle sind ebenfalls Holme *e* gelegt, welche mit der obersten Pfoste verbolzt sind. Vor und hinter das Wehr kommt wieder ein Steinwurf.

Größere hölzerne Wehre bestehen aus mehreren Spundwänden aus starken Hölzern, zwischen denen der Zwischenraum mit Steinen ausgefüllt wird (Fig. 398). Der mittlere Raum wird oft mit Ton ausgestampft, um das Wehr wasserdicht zu machen, was aber nicht nötig ist. Über die Spund-

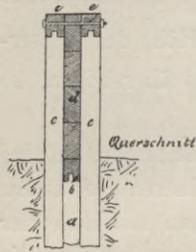


Fig. 397.

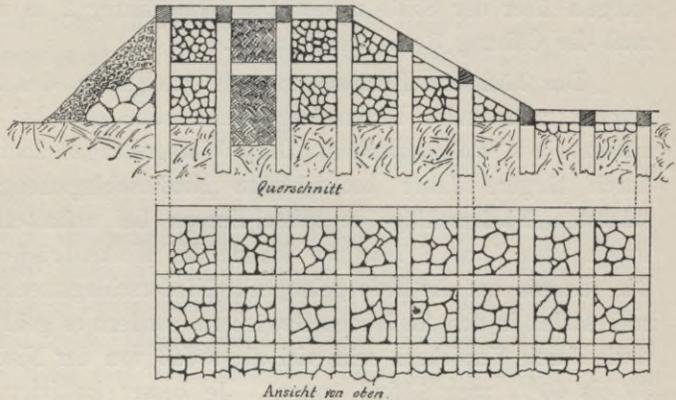
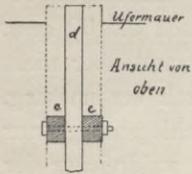


Fig. 398.

wände werden starke Holme gelegt, welche durch überblattete Zangen verbunden werden. Die so entstehenden quadratischen Felder werden entweder mit großen flachen Steinen abgepflastert oder es wird die ganze Oberfläche des Wehres mit Pfosten benagelt.

3. Schleusenwehre.

Unter einem Schleusenwehr versteht man zumeist ein Überfallwehr, welches eine bis auf die Flußsohle reichende, verschließbare Öffnung hat, oder es kann auch das ganze Wehr nur aus einer einzigen, oder aus mehreren nebeneinander befindlichen Schleusen bestehen. Die Schleusen haben den Zweck, bei Hochwasser durch ihre Öffnung einen rascheren Wasserabfluß zu ermöglichen, ferner sind sie dort notwendig, wo man nur zeitweise stauen will, oder endlich, wenn Flöße oder Schiffe das Wehr passieren sollen.

Häufig wird es bei einer Schleuse im Allgemeinen nötig sein, die erforderliche Größe der Schleusenöffnung zu ermitteln. Ebenso ist es nötig, die Größe der Durchflußöffnung zu berechnen, wenn ein Fluß überhaupt an irgend einer Stelle durch ein Bauwerk eingeengt wird, z. B. durch die Ufermauern einer Brücke oder dgl. Zum Zwecke der Berechnung der Durchflußöffnung muß vorher die Wassermenge, welche der Fluß in einer Sekunde führt, sowohl bei Hoch- als Niederwasser ermittelt werden, entweder durch direkte Messung oder durch die Formel $Q = v \cdot F$ und $v = 50.93 \sqrt{R J}$.

Ermittelt man dann die Geschwindigkeit in der Durchflußöffnung, so ist die Größe der Durchflußöffnung $F = \frac{Q}{v}$ und für eine gewisse Wasserhöhe in der Öffnung bekommt man dann die Breite, wenn man die Fläche durch die Tiefe dividiert.

Ein Gewässer führt z. B. in der Sekunde bei Hochwasser 30 m^3 Wasser, und die Geschwindigkeit in einer Sekunde beträgt 3 m , so ist eine Größe der Durchflußöffnung nötig von $\frac{30}{3} = 10 m^2$. Soll nun die Höhe des Wasserspiegels über der Sohle in der Durchflußöffnung 2 m nicht übersteigen, so muß die Öffnung 5 m Breite haben.

Die höchsten Hochwasserstände pflegen in den Sommermonaten bei starken, anhaltenden Regengüssen einzutreten, oder bei kleineren Gewässern infolge eines Wolkenbruches. Diese Wassermengen kann man mit Hilfe der durch längere Jahre beobachteten Niederschlagsmengen ermitteln. Die stärksten Niederschläge in Mittel-Europa bei anhaltendem Landregen betragen etwa 4 bis 8 mm pro Stunde, bei Wolkenbrüchen auch bis 60 mm . Die gesamte auf die Erde gelangende Niederschlagsmenge kommt aber nicht zum Abfluß in den fließenden Gewässern, sondern es geht durch Verdunstung, sowie durch Versickern sehr viel ab, sodaß von der Niederschlagsmenge nur 30 bis 60% zum Abfluß kommt. Je besser kultiviert, je walddreicher der Boden ist, desto weniger fließt ab. Die Maximalmenge von 60% fließt nur auf ganz kahlen Gebirgen ab. Nach den gemachten Beobachtungen kann in Böhmen und den angrenzenden Ländern per 1 Quadratkilometer Niederschlagsgebiet und per 1 Sekunde eine abfließende Hochwassermenge angenommen werden von:

- 0.5 bis 1.5 m^3 in ebenen bis schwach hügeligen Lagen,
- 1.5 bis 2.5 m^3 in stark hügeligen Lagen,
- 3.0 bis 5.0 m^3 im Gebirge.

Man hat daher vor allem für ein Gewässer dessen Niederschlagsgebiet zu ermitteln. Hierzu kann man die Generalstabskarten benützen, in denen man zuerst die Wasserscheiden aufsucht und durch Linien bezeichnet, worauf man die Fläche berechnet. Diese Fläche kann man dann entweder mit der beobachteten höchsten Niederschlagshöhe multiplizieren oder die oben angeführten Erfahrungszahlen benützen.

Beispiele: 1. Ein Bach in gut bewaldetem, stark hügeligem Terrain hat ein Niederschlagsgebiet von 30 Quadratkilometer. Die größte Niederschlagshöhe bei einem Wolkenbruche wurde für eine Stunde mit 40 mm gefunden. Die gesamte Niederschlagsmenge beträgt daher:

$$30,000.000 \times 0.04 = 1,200.000 m^3.$$

Von dieser Wassermenge kann aber nur höchstens 50% als wirklicher Abfluß angenommen werden, also 600.000 m^3 und zwar innerhalb mehrerer Stunden. Nimmt man an, daß die in einer Stunde gefallene Wassermenge

in drei Stunden schon wieder im Bach abgeflossen ist, was kaum angenommen werden kann, so ergibt sich als Abflußmenge in einer Sekunde

$$600.000 : (3 \times 60 \times 60) = 600.000 : 10800 = 55.5 \text{ m}^3.$$

Würde man die Erfahrungszahlen benützen, so hätte man als Wasserabflußmenge für 1 Sekunde und 1 Quadratkilometer 1.5 bis 2.5 m^3 anzunehmen, nimmt man das Mittel mit 2 m^3 an, so ist die in der Sekunde abfließende Wassermenge

$$30 \times 2.0 = 60 \text{ m}^3$$

Es ergibt sich also fast die gleiche Menge wie früher.

Ist die Geschwindigkeit bei Hochwasser 3 m in der Sekunde, so ist eine Durchflußöffnung nötig von

$$60 : 3 = 20 \text{ m}^2.$$

Soll die Höhe in der Öffnung 2 m nicht überschreiten, so muß sie eine Breite haben von $20 : 2 = 10 \text{ m}$.

2. Ein fließendes Gewässer führt bei Hochwasser 50 m^3 Wasser in der Sekunde, in diesem Gewässer soll ein 15 m breites, 1.5 m hohes Wehr angelegt und mit einer Schleuse versehen werden, welche eine solche Breite haben soll, daß durch deren Öffnung soviel Wasser abfließen kann, damit bei Hochwasser die Höhe der Wasserschichte über der Wehrkrone 1 m nicht übersteigt.

Über das Wehr darf also nur eine Wassermenge fließen von

$$Q = 0.57 \cdot 15 \cdot 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1} = 37.6 \text{ m}^3,$$

der Rest von $50 - 37.6 = 12.4 \text{ m}^3$ muß somit durch die Schleusenöffnung in dem 1.5 m hohen Wehr abfließen. Die Geschwindigkeit des Wassers in der Schleusenöffnung ist

$$v = 0.57 \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1.5} = 3.1 \text{ m},$$

daher die Fläche der Schleusenöffnung $F = 12.4 : 3.1 = 4 \text{ m}^2$ und die Breite der Schleuse $4.0 : 1.5 = 2.7 \text{ m}$.

Konstruktion der Schleusen.

Bei jeder Schleuse sind folgende Teile zu unterscheiden (siehe Fig. 399):

1. Die Sohle oder der Flutherd der Schleuse, und zwar nennt man den flußaufwärts gelegenen Teil den Vorfluter (*a*), den flußabwärts gelegenen Teil (*b*) den Hinterfluter oder Abfall.
2. Die Seitenwände (*c*).
3. Den Fachbaum (*d*).
4. Die Pfosten, Pfeiler oder Joche (*e*).
5. Die Vorrichtungen zum Stauen und Öffnen (*f*), welche Schützen oder Stellfallen heißen.

Von der größten Wichtigkeit ist die Fundierung. Besteht der Grund aus festem Felsen, so wird dieser nur gebnet, und es kann dann sofort in

eine ausgehauene Vertiefung der Fachbaum eingelassen werden. In weichem, nachgiebigem Grund aber muß entweder eine Betonschüttung zur Fundierung, oder ein Rost hergestellt werden, welcher mit starken Brettern oder Pfosten

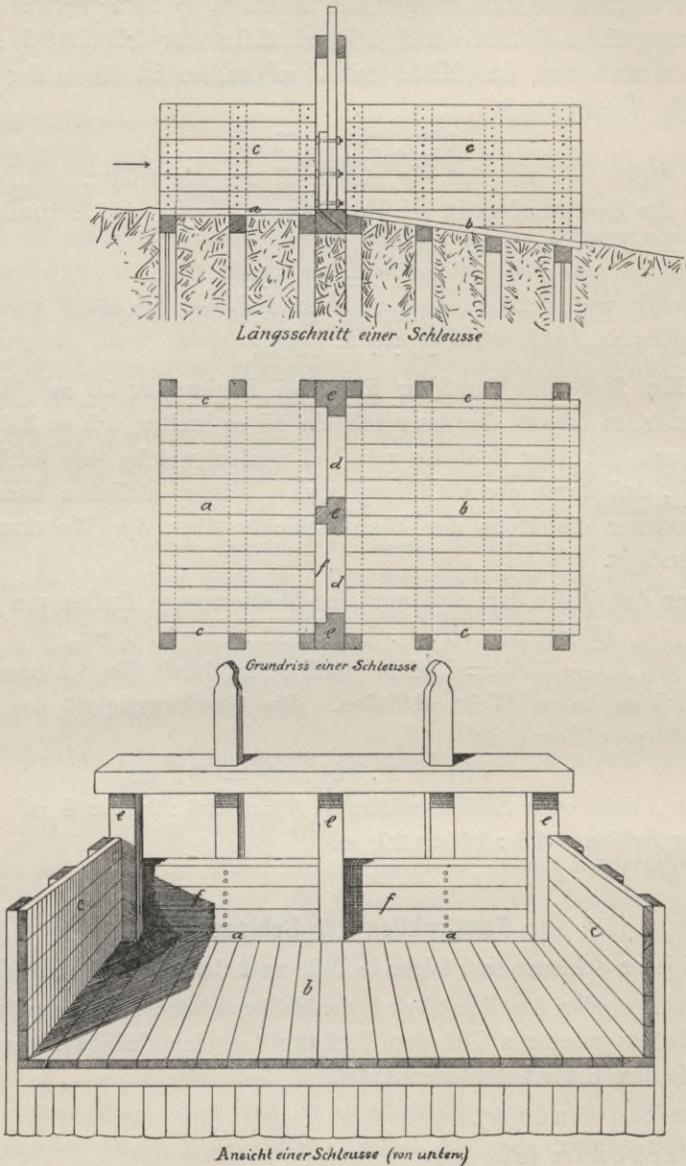


Fig. 399.

benagelt wird. Um eine Unterwaschung zu verhüten, kommt vor und hinter den Flutherd eine Spundwand. Der Flutherd wird entweder ganz horizontal angelegt, oder er bekommt eine ganz geringe Neigung. Das letztere ist besonders dann nötig, wenn Flöße die Schleuse passieren sollen. Der Fach-

baum muß senkrecht auf die Ufer, ganz horizontal und möglichst fest liegen, er muß also entweder in die felsige Sohle, oder in das Betonfundament eingelassen werden, oder bei einem Pilotenrost als Fundament muß er zwischen zwei Reihen von Piloten zu liegen kommen. Die Seitenwände werden entweder aus Mauerwerk, oder als Bretterwand hergestellt. Gegenwärtig macht man oft die Seitenwände aus Kaissons, welche aus starkem Eisenblech (Kesselblech) hergestellt und mit Beton oder Bruchsteinmauerwerk ausgefüllt werden. Um die Schützen bewegen zu können, muß über die Schleuse von einer Seitenwand zur anderen ein Steg gehen. Die Seitenwände bekommen Flügel, um eine Hinterwaschung zu verhindern.

Die Schützen bestehen aus Pfosten, welche entweder nur stumpf aneinander gestoßen, oder gespundet werden, und welche horizontal liegen. Über diese kommen Querleisten. Die mittelste Querleiste wird besonders stark gemacht, nach oben verlängert, und dient zum Aufziehen der Schütze, sie heißt daher „Aufziehstange“. Nur ganz kleine Schützen können direkt mit den Händen aufgezogen werden, und es ist dann die Aufziehstange an mehreren Punkten durchbohrt, um sie mittelst eines durchgesteckten Bolzens in beliebiger Höhe erhalten zu können (Fig. 400). Bei schweren Schützen geschieht das Aufziehen mit Hilfe einer eisernen Hebelstange, welche man in die Durchlochungen der Aufziehstange einsetzt, oder es ist an der Aufziehstange eine eiserne Zahnstange befestigt, in welche man zum Heben eine eiserne Hebelstange einsetzen kann. Das

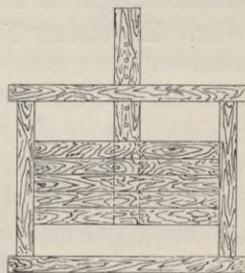


Fig. 400.

Festhalten geschieht ebenfalls durch einen durchgesteckten Bolzen, oder durch einen in die Zahnstange einfallenden Sperrhebel. Bei sehr schweren Schützen greift in die Zahnstange ein Zahnrad ein, welches durch eine Kurbel gedreht wird. An der Welle dieses Zahnrades ist ein Sperrrad mit Sperrklinke. Mitunter wird auch statt einer Aufziehstange an der Schütze eine Kette befestigt, welche beim Aufziehen auf eine Welle, welche mit Sperrrad und Sperrklinke versehen ist, aufgewickelt wird. Schützen mit einer Breite bis 1,5 *m* können mit einer Aufziehstange oder Kette aufgezogen werden, breitere Schützen aber erfordern zwei Stangen oder Ketten. Bei Schützen über 3 *m* Breite ist es vorteilhaft, zum Aufziehen Stangen zu verwenden, welche oben mit einer Schraube versehen sind, sodaß durch Drehung der Schraubenmutter ein zwar langsames, aber leichtes Aufziehen möglich ist.

Bei größeren Öffnungen als 6 *m* wendet man statt der Schützen häufig den stehenden oder liegenden „Versatz“ an. Hierunter versteht man starke Pfosten, oder vierkantige Balken, welche vertikal dicht nebeneinander (stehender Versatz) oder horizontal übereinander gelegt werden. Im letzteren Falle muß jeder Balken in der Mitte mit einem Ring versehen sein, um ihn mit einer Stange, die mit einem Haken versehen ist, herausheben zu können.

4. Bewegliche Wehre.

Die Überfallwehre sind dem Abflusse des Hochwassers hinderlich und führen daher häufig Überschwemmungen herbei. Aus diesem Grunde werden gegenwärtig häufig Wehre konstruiert, welche bei hohem Wasserstande ganz beseitigt werden können, um dann, wenn das Hochwasser vorüber ist, leicht wieder aufgestellt zu werden. Solche Wehre nennt man bewegliche Wehre. Diese werden auf verschiedene Weise konstruiert.

Ein bewährtes System, welches in Österreich an mehreren Orten ausgeführt ist, ist das patentierte automatische Klappenwehr von M. D. Czvetkovics in Wien. Dieses besteht aus einzelnen, beliebig langen und hohen Teilen, den sogenannten Klappen, aus Holz und Eisen bestehend, welche sich von selbst, automatisch, umlegen, sobald der Wasserstand eine gewisse Höhe überschreitet. Das Wiederaufstellen soll zwar durch die Strömung auch von selbst erfolgen, doch hat man überall die Erfahrung gemacht, daß hiezu Nachhilfe erforderlich ist (Fig. 401).

Ein anderes System beweglicher Wehre, welches derzeit bei den Kanalisierungen der Flüsse ausschließlich Anwendung findet, ist das Nadelwehr. Ein solches Nadelwehr (Fig. 402) besteht im allgemeinen aus einer

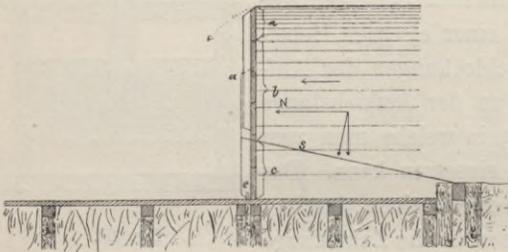


Fig. 401.

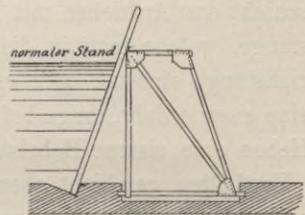


Fig. 402.

Anzahl von schmiedeeisernen Böcken, welche in einer Entfernung von 1 m voneinander aufgestellt werden, und welche um ihre Unterkante drehbar sind. Die Böcke legen sich in eine Vertiefung des festen, aus einem Betonblock bestehenden Wehrrückens und sind mit Ketten so miteinander verbunden, daß, wenn der eine Bock schon steht, der nächste noch liegen, aber vom ersteren her aufgerichtet werden kann. Diese Böcke sind durch feste Schienen miteinander verbunden, gegen welche sich die Nadeln legen. Diese sind aus Holz mit quadratischem Querschnitt von 5 bis 10 cm Seitenlänge und oben mit einer Handhabe zum Anfassen versehen. Sie müssen ganz dicht aneinander gestellt werden, trotzdem dringt aber selbstverständlich doch viel Wasser zwischen ihnen durch. Durch Herausnehmen einer oder mehrerer Nadeln kann man die Höhe des Wasserstandes sehr bequem regulieren. Bei eintretendem Hochwasser werden alle Nadeln beseitigt, und die Böcke umgelegt. Über die Böcke geht eine Laufbrücke von Brettern oder Eisenblech für die Bedienung des Wehres.

7. Reservoir.

a) Allgemeines.

Bei kleineren Wasserläufen, welche für gewöhnlich keine große Wassermenge führen, ist es oft notwendig, im Bachbette selbst eine große Wassermenge anzustauen, entweder um für eine gewisse Zeit dem unterhalb liegenden Teile des Wasserlaufes eine größere Wassermenge zuzuführen, z. B. für die Holztrift, oder aber um bei Hochwasser zur Verhütung von Überschwemmungen große Wassermengen zurückhalten und nur allmählich abfließen lassen zu können. Auch zum Zwecke der Wasserversorgung von Ortschaften werden in neuerer Zeit häufig solche Reservoirs angelegt.

Befindet sich der Wasserlauf in einem schmalen, tief eingeschnittenen Tale, so kann man den angestrebten Zweck erreichen, indem man quer durch das Bett einen an die Talwände sich anschließenden Damm herstellt, der das Tal in seiner ganzen Breite abschließt und der mit einer regulierbaren Abflußöffnung versehen ist. Oberhalb des Dammes entsteht dann ein großes Reservoir zur Aufnahme des Wassers, welches umso größer wird, je höher der Damm hergestellt wird. Einen solchen Damm bezeichnet man im allgemeinen als Talsperre, besonders auch wenn der Zweck des Reservoirs Verhütung von Hochwasserschäden oder Wasserversorgung von Ortschaften ist. Geschieht aber die zeitweise Wasseranstauung zum Zwecke der Holztrift, so nennt man die ganze Anlage Wasserstube, Schwallung oder Klausse. Als Ort für die Anlage eines solchen Reservoirs wählt man eine Stelle, wo das Tal möglichst enge ist, um dem Damm die geringste Länge geben zu können, oberhalb welcher aber sich das Tal erweitert, um eine möglichst große Wassermenge fassen zu können.

Um den Fassungsraum des Reservoirs zu berechnen, geht man am genauesten in der Weise vor, daß man zuerst mit einem Nivellier-Instrumente die horizontale Linie bestimmt und durch Pflöcke bezeichnet, bis zu welcher das angestaute Wasser reichen wird. Dann werden in vertikalen Abständen von 1 bis 2 *m* weitere solche Schichtenlinien abgesteckt, alle aufgenommen und ein Situationsplan angefertigt, worauf der Flächeninhalt des von jeder Schichtenlinie eingeschlossenen Raumes berechnet wird. Schließlich multipliziert man das arithmetische Mittel aus den Flächeninhalten je zweier Schichtenlinien mit ihrem vertikalen Abstände und addiert die einzelnen Produkte. Weniger genau ist folgende Berechnungsart. Man nimmt quer durch's Tal in möglichst geringen Abständen voneinander (10 bis 20 *m*) Querprofile auf, berechnet die Fläche jedes Querprofiles bis zur Stauhöhe, multipliziert das arithmetische Mittel der Flächen je zweier Querprofile mit ihrem Abstände und addiert die einzelnen Produkte. Die Berechnung der Abflußmenge geschieht in der bei den Gräben und Rohrleitungen erklärten Weise.

Der Damm kann je nach dem Zwecke der Anlage und den bestehenden Verhältnissen entweder aus Erde, Holz oder Stein in verschiedenen Zu-

sammenstellungen und Verbindungen hergestellt werden. Einen bloßen Erd-
damm wird man nur dort herstellen können, wo fester, bindiger Boden in
hinreichender Menge vorhanden ist, und wo es sich nur um Herstellung
eines niedrigen Dammes handelt. Ist aber der Damm in größerer Höhe zu
errichten, so wird nur ein Steinbau die nötige Sicherheit gewähren. Bei
Klausen werden auch mitunter hölzerne Abdämmungen angewendet, doch
empfehlte sich dies nur für provisorische Anlagen, welche rasch hergestellt
werden sollen, bei niedrigen Holzpreisen, und wo das nötige Steinmaterial
nur mit unverhältnismäßig großen Kosten herbeigeschafft werden könnte.
Damit der Erd- oder Steindamm dem auf ihn wirkenden Druck der Wasser-
menge widerstehen kann, muß er ein wenigstens 3mal größeres Gewicht,
als die auf ihn drückende Wassermenge, und daher eine hinreichende
Stärke haben.

b) **Erd-dämme.**

Die oberste lockere Erdschichte wird entfernt und zunächst in der
Mitte des künftigen Dammes ein 1 bis 2 \overline{m} breiter Graben bis auf die
undurchlässige Bodenschichte hergestellt. In diesen Graben wird schichten-
weise angefeuchteter und durchgearbeiteter Lehm gebracht und festgestampft.
Ist so der ganze Graben ausgefüllt, so wird diese Tonwand vertikal nach
oben durch den ganzen Damm fortgesetzt, indem man jetzt auch gleich-
zeitig den Damm schichtenweise aufstampft. Die Wasserseite bekommt eine
 $1\frac{1}{2}$ bis 2fache, die Rückseite eine einfache Böschung. Der obere Teil der
dem Wasser zugekehrten Seite wird durch ein Steinpflaster gegen Wellen-
schlag geschützt, während die untere Böschung, sowie die Rückseite mit
Rasen belegt werden. Die unmittelbare Umgebung der für den Wasser-
abfluß bestimmten Öffnungen muß natürlich aus Stein oder Holz hergestellt
werden. Die Kronenstärke des Dammes soll $\frac{1}{10}$ der Höhe betragen.

c) **Steindämme.**

Ein Steindamm muß stets eine sorgfältige Fundierung erhalten. Tritt
der Felsgrund zu Tage, so braucht dieser bloß geebnet zu werden, worauf
sofort mit der Aufführung des Mauerwerkes begonnen werden kann. Ist
jedoch erst in einiger Tiefe fester tragfähiger Grund vorhanden, so muß die
Fundamentgrube bis auf diesen ausgehoben werden. Ist die Baugrube trocken,
so wird sie mit Bruchsteinmauerwerk in hydraulischem Mörtel ausgefüllt.
Dringt jedoch Wasser ein, so wird zur Fundierung eine Betonschüttung an-
gewendet. Ist der feste Baugrund aber erst in größerer Tiefe anzutreffen,
so muß zur Fundierung ein Pilotenrost Anwendung finden, vor welchen eine
Spundwand geschlagen wird. Eine solche wird man überhaupt immer vor
dem Fundamente anbringen, wenn der Bau nicht unmittelbar auf Felsen
gestellt werden kann.

Der oberirdische Teil des Dammes kann in verschiedener Weise her-
gestellt werden. Am empfehlenswertesten ist es, ihn aus Bruchsteinmauer-

werk zu machen, welches entweder auf beiden Seiten, oder wenigstens an der Wasserseite mit Quadern verkleidet ist. Die Quaderverkleidung muß möglichst wasserdicht sein. Es werden daher die Fugen mit Zement oder noch besser mit Ölkitt verschlossen, den man in folgender Weise herstellen kann: 5 Teile Ziegelmehl, $2\frac{1}{2}$ Teile ungelöschter gebrannter Kalk, 2 Teile Eisen-Hammerschlag, $\frac{1}{2}$ Teil Bleiglätte, $\frac{3}{4}$ Teil Glaspulver, 2 Teile Leinöl. Diese Bestandteile werden mit einem Zusatz von Kuhhaaren oder gehacktem Werg mit den Händen zusammengeknetet und damit die Fugen, nachdem man diese mit Leinöl angefeuchtet hat, verstrichen und mit einem abgerundeten Eisenstab gerieben.

Viel weniger Sicherheit gewährt jene Art der Herstellung, bei welcher nur die Wasser- und Talseite als Mauerwerk errichtet, und der Zwischenraum einfach mit losen Steinen oder Erde in schichtenweiser Stampfung ausgefüllt wird.

Selbstverständlich muß der Damm in die beiden Talwände soweit eingreifen, daß eine seitliche Hinterwaschung nicht stattfinden kann. Um den Damm widerstandsfähiger zu machen, kann man ihn im Grundrisse segmentförmig, die konvexe Seite des Bogens gegen das Wasser gekehrt, herstellen, wobei man dem Segment auf 1 *m* Länge eine Pfeilhöhe von 5 *cm* gibt.

Fig. 403 stellt den Querschnitt der Harzdorfer, Fig. 404 den Querschnitt der Eisenberger Talsperre dar.

d) **Holzdämme.**

Die Klausdämme zum Zwecke der Holztrift wurden im Hochgebirge vielfach aus Holz hergestellt, weil ein Steindamm zu teuer war und für einen Erddamm das nötige Material vielleicht fehlte. Der Damm kann entweder als reiner Holzbau, oder als Holzbau mit Steinfüllung errichtet werden. Den reinen Holzbau kann man nur an einer ganz engen Talstelle, wo die Talwände aus festem Felsen bestehen. Es wird dann eine aus horizontal übereinander gelegten $35/40$ bis $40/45$ *cm* starken, vierkantig behauenen Hölzern bestehende Wasserwand, die sogenannte Krainerwand *k*, hergestellt (Fig. 405), welche durch Strebewerke in Entfernungen von etwa 3 *m* voneinander gestützt wird. Diese Strebewerke bestehen aus den Säulen *s*, den Hauptstreben *h* und Nebenstreben *n*. Das Ganze ruht auf einem sogenannten Steinkastenbau und dieser liegt wieder auf einem Pilotenrost. Um die Krainerwand wasserdicht zu machen, müssen die Fugen zwischen den Balken sorgfältig mit Moos verstopft werden. Zur Vergrößerung der Dauer dieses Holzbaues wird er in der Regel mit einem Dach versehen. Die Krainerwand kann statt aus horizontal übereinander liegenden Balken auch aus vertikal nebeneinander eingerammten Balken, also aus einer Art starker Spundwand bestehen.

Der Holzbau mit Steinfüllung oder der sogenannte Steinkastenbau besteht aus mehreren Längs- und Querwänden, welche eine

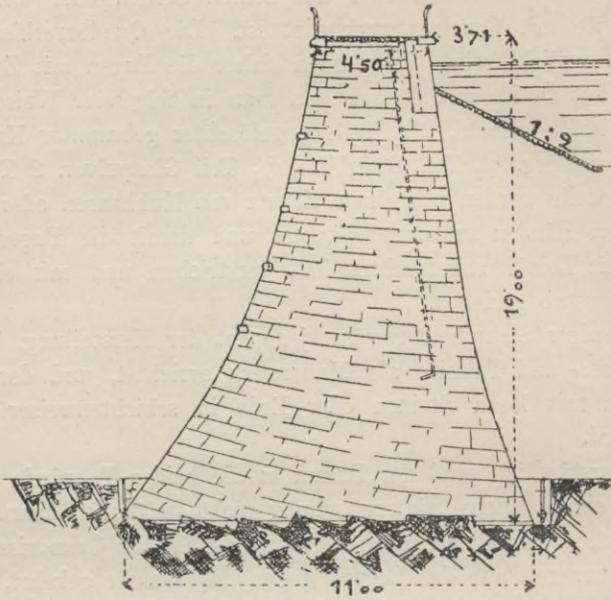


Fig. 403.

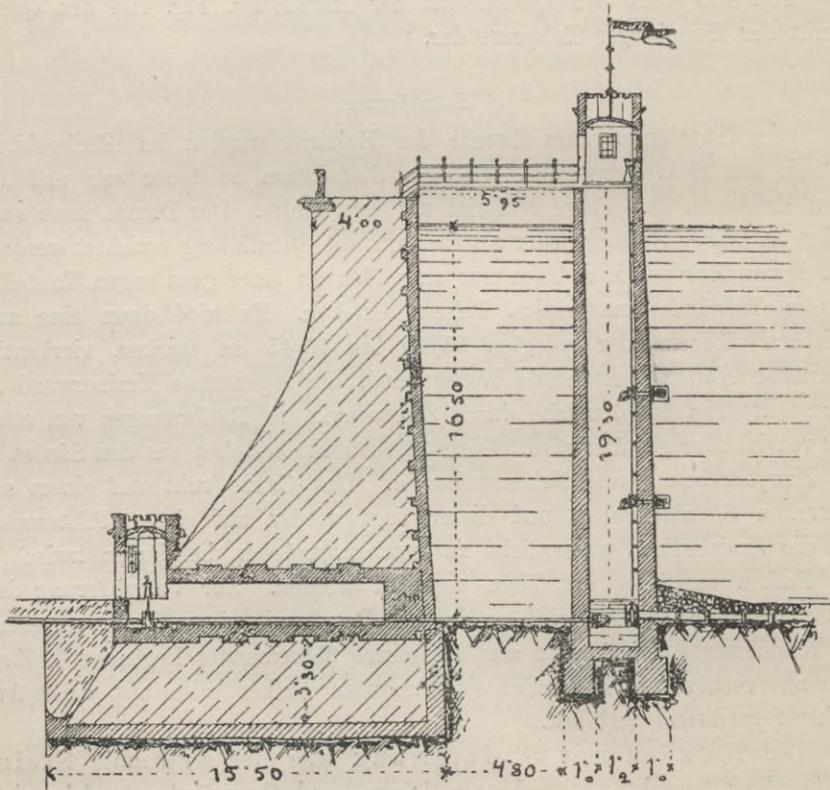


Fig. 404.

Anzahl von Kästen bilden, welche mit Steinen, Geschiebe etc. gefüllt sind, um dem Bauwerk das nötige Gewicht zu geben, um dem Wasserdruck

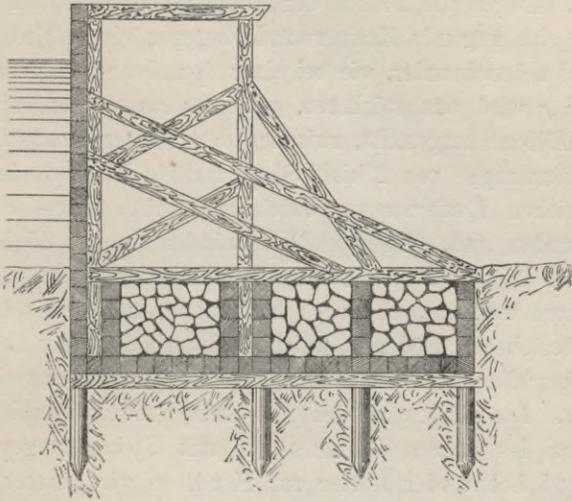


Fig. 405.

Widerstand leisten zu können. Zunächst ist auf eine gute Fundierung Rücksicht zu nehmen. Besteht der Grund aus Felsen, so wird dieser geebnet und unmittelbar darauf das Bauwerk gestellt. Bei weichem Baugrund aber

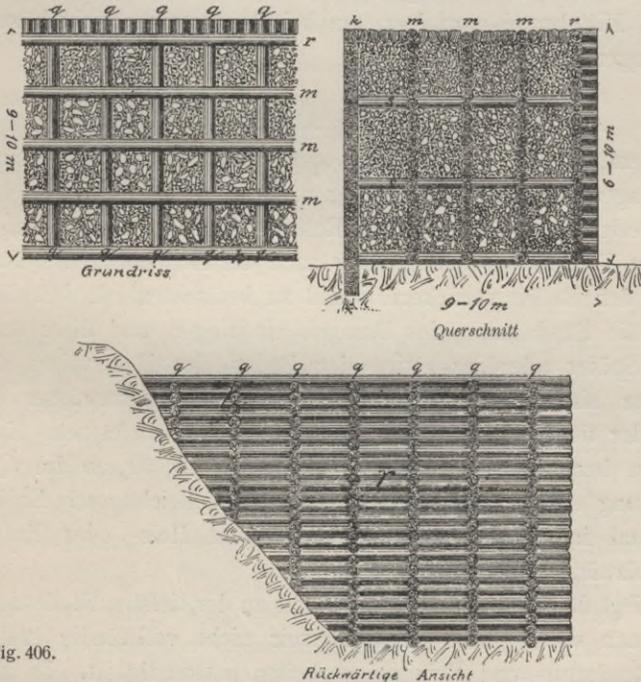


Fig. 406.

ist zur Fundierung ein Pfahlrost nötig. Die Wasser- oder Krainerwand *k* (Fig. 406) wird aus vierkantig behauenen 30/35 bis 35/40 *cm* starken Balken

möglichst wasserdicht hergestellt. Die Balken müssen daher sorgfältig und rein bezimmert und verdübelt sein, und die Fugen werden mit Werg und Pech verstopft. Liegen die Balken der Krainerwand horizontal übereinander, so heißt diese eine liegende Krainerwand, dagegen eine stehende, wenn die Balken vertikal nebeneinander, wie bei einer Spundwand, eingerammt werden. Die Rückwand r wird aus stärkeren, etwa 40 *cm* starken, nur zweikantig bezimmerten Hölzern hergestellt, zwischen der Wasser- und der Rückwand werden in Entfernungen von 2 bis 2,5 *m* parallele Mittelwände m errichtet, welche in gleichen Entfernungen durch senkrechte Quer- oder In-schloßwände q verbunden sind. Zu den Mittelwänden werden 25 bis 40 *cm*, zu den Querwänden 15 bis 25 *cm* starke Rundhölzer verwendet. Die so entstehenden Kästen werden noch durch horizontale, aus 10 bis 15 *cm* starken Rundhölzern bestehende Böden s , welche Schwebböden oder Bühnen heißen, und welche ebenfalls im Abstände von 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ *m* voneinander hergestellt werden, geteilt. Die Kästen werden mit Steinen oder Geschiebe ausgefüllt, und die Krone des ganzen Dammes gut mit Steinen abgepflastert. Hat man hinreichend Lehm oder Letten zur Hand, so wird hinter der Krainerwand eine ca. 50 *cm* starke Wand daraus hergestellt und erst hinter diese die Steinfüllung gegeben. Dadurch wird die Wasserdichtigkeit der Krainerwand sehr erhöht, sodaß die Verstopfung der Fugen nicht unausgesetzt erneuert werden muß. Häufig läßt man den Raum zwischen der Krainer- und ersten Mittelwand ganz leer, um bei Reparaturen leichter zur Krainerwand gelangen zu können.

e) Vorrichtungen zum Ablassen des Wassers.

In dem Damme der Talsperre oder in dem Klausdamme sind mehrere Ablauföffnungen für das Wasser nötig u. zw.:

1. Besteht der Boden eines Reservoirs (oder Klaushofes) nicht aus Felsen oder Ton, so wird im Anfang nach der Errichtung des Dammes viel Wasser in den Boden versickern, sodaß zu befürchten ist, daß diese Sickerwässer in die Fundamente des Dammes eindringen und diese unterwaschen könnten. Später allerdings wird der Boden des Reservoirs durch Verschlammung hinreichend wasserdicht. Um die Sickerwässer abzuführen, muß von der tiefsten Stelle des Reservoirs (Klaushofes) ein Kanal durch den Damm hergestellt werden, der etwa 20 bis 30 *cm* im Quadrat als lichte Öffnung erhält. Bei einem Stein- und vielleicht auch Erddamm wird dieser Kanal in Zementmauerung, bei einem Holz- oder Erddamm aus dichten Holzwänden hergestellt.

2. Liegt die Hauptablauföffnung nicht an der tiefsten Stelle des Dammes, so kann man durch diese das Reservoir nicht vollständig entleeren, was aber für Reparatur- und Reinigungsarbeiten notwendig ist. In diesem Falle wird daher an der tiefsten Stelle eine Ablauföffnung hergestellt, welche nur zur völligen Entleerung des Reservoirs dient und Grund- oder Kot-

Ablaß heißt. Auch dieser Kanal wird aus Hausteinen in Zement oder dichten Holzwänden hergestellt und wird mit einer Hebeschütze geschlossen. Die Größe dieser Öffnung richtet sich nach der Größe des Wasserzuflusses, und es muß durch diese Öffnung alles zufließende Wasser abgeführt werden können.

3. Wenn das Reservoir gefüllt ist, und es ist die Haupt-Ablaßöffnung geschlossen, so müßte bei weiterem Wasserzufluß das gestaute Wasser schließlich die Krone des Dammes überfluten. Das gleiche könnte geschehen, wenn bei gefülltem Reservoir plötzlich ein bedeutender Wasserzufluß, z. B. durch Hochwasser eintritt, welcher größer ist, als die Wassermenge, welche durch den Haupt-Ablaß abfließen kann. Um die Überflutung des Dammes zu verhüten, muß daher in der Krone des Dammes eine Öffnung hergestellt werden, welche bis zu jenem Punkte reicht, bis zu welchem das Wasser nur gestaut werden soll. Diese Öffnung heißt Überfallgerinne, und diese bleibt offen. Sie muß eine solche Breite haben, daß sie selbst bei außerordentlichen Elementarereignissen die zufließende Wassermenge zu fassen vermag. Zur Herstellung des Überfallgerinnes wählt man in der Regel einen seitlichen Teil des Dammes, und es muß Vorkehrung getroffen werden, daß die abstürzende Wassermasse den Fuß des Dammes auf der Rückseite nicht unterspülen kann. Bei Erd- und Steindämmen wird die Überfallöffnung aus Quadern hergestellt, bei Holzdämmen aus Holzwänden. Um die abstürzende Wassermasse nicht unmittelbar an den Fuß des Dammes gelangen zu lassen, wird besonders bei Holzdämmen das Überfallgerinne als sogenannte Schußtenne aus Holzwänden noch ein Stück fortgesetzt.

4. Das gestaute Wasser wird durch die Hauptablaß-Öffnung abgelassen. Die Größe dieser Öffnung, sowie die Art des Verschlusses richtet sich nach den jeweiligen Verhältnissen. Man unterscheidet wesentlich zwei Arten von Verschlüssen: Zapfen-Verschluß und Tor-Verschluß.

Beim Zapfen-Verschluß wird ein gußeisernes, entsprechend weites Rohr, dessen Ende auf der Wasserseite aufgebogen ist, oder ein aus eichenen Pfosten hergestellter Kasten in den Damm gelegt, oder besser in der felsigen Talwand um den Damm herumgeführt. Am Ende dieses Kastens wird entweder ein kurzes Rohrstück nach oben eingesetzt, oder der Kasten wird rund oder quadratisch konisch ausgeschnitten. Zum Verschlusse dient für die Röhren ein eiserner, zur besseren Dichtung mit einer Lederscheibe belegter Deckel, oder für die konische Bohrung des Kastens ein konischer, genau in die Öffnung passender Holzklotz. Deckel oder Holzklotz kann mit einer eisernen Stange mittelst Schraube gehoben und gesenkt werden. Der Zapfen-Verschluß wird vorzugsweise dort angewendet, wo eine genaue Regulierung der abfließenden Wassermenge nötig ist. Das Eisenrohr oder der Holzkasten kann auch nach vorn offen und hier durch einen senkrechten Schieber geschlossen sein, der durch eine Stange mit Schraube und Mutter gehoben werden kann.

Soll eine sehr große Wassermenge auf einmal abgelassen werden, wie dies bei Klausen für die Holztrift häufig notwendig ist, so wendet man den Tor-Verschuß an. Zu diesem Behufe wird der Damm durch eine entsprechend große Öffnung durchbrochen, welche bei einer Holz-Klause aus bezimmerten, dicht aneinander gefügten Hölzern gebildet wird. Bei Erd- und Steindämmen wird der Abflußkanal aus Quadern möglichst wasserdicht hergestellt, die Sohle des Kanales aber außerdem mit starken Pfosten belegt. Dieser Pfostenboden, die sogenannte Schußtenne, soll auch stets noch ein Stück unterhalb des Dammes fortgeführt werden, damit das Wasser durch die Abflußöffnung nicht unmittelbar am Fuße des Dammes abstürzt, weil dadurch leicht eine Unterwaschung des Dammes eintreten könnte. Zum Verschuß dieser Abflußöffnung können verwendet werden: 1. Hebetore oder Schützen, 2. stehender oder liegender Versatz, 3. Schlagtore. Die Hebetore oder Schützen werden aus 10 bis 15 *cm* starken Pfosten ebenso hergestellt, wie bei Wehrschleusen. Beim stehenden Versatz werden in die Abflußöffnung zwei horizontale Querbalken fest eingelassen. Der eine kommt ganz auf die Sohle der Öffnung zu liegen und heißt Grundbaum. Der zweite kommt an den oberen Rand der Öffnung. An diese zwei Querbalken werden nun vierkantige oder halbrunde Hölzer vertikal dicht aneinander gestellt, und die Fugen mit Moos u. dgl. gedichtet. Jeder dieser Balken wird an seinem oberen Ende mit einem eisernen Ring versehen, um ihn mittelst eines Hakens herausziehen zu können. Beim liegenden Versatz werden die Verschußhölzer nicht vertikal nebeneinander gestellt, sondern horizontal übereinander gelegt, und zwar liegen die Enden in zwei vertikalen Schlitzten des Dammes zu den Seiten der Abflußöffnung. Auch hier wird am besten jeder Balken mit einem Eisenring versehen, um ihn mittelst eines Hakens emporheben zu können.

Während bei den Hebetoren, sowie bei dem stehenden und liegenden Versatz immer noch die abfließende Wassermenge reguliert werden kann, und während bei allen diesen Verschußarten die Abflußöffnung auch während des Wasserabflusses beliebig geschlossen werden kann, ist dies bei den Schlagtoren alles nicht möglich. Die Schlagtore bestehen nämlich aus starken Pfosten mit entsprechenden Verstrebungen, welche wie zu einem gewöhnlichen Tor zusammengefügt sind. Dieses Tor ist vor der Abflußöffnung um eine vertikale oder horizontale Drehungsachse beweglich wie eine Türe und legt sich in einen Falz, um einen dichten Abschluß zu erzielen. Durch mancherlei Sperr-Vorrichtungen wird das Tor geschlossen erhalten, sowie aber die Sperr-Vorrichtung ausgelöst wird, wird das Tor durch den Wasserdruck mit großer Gewalt geöffnet, und das Wasser strömt sofort durch die ganze Öffnung aus, und es kann dann das Tor nicht früher geschlossen werden, ehe nicht alles angesammelte Wasser abgeflossen ist. Derartige Verschlüsse waren nur bei alten Klausen zu finden.

D. Die Verbauung der Wildbäche und Terrainbrüche.

I. Allgemeines über die Wildbäche und Terrainbrüche.

Mit dem Namen Wildbach bezeichnet man einen Wasserlauf im Gebirge, welcher mehr oder weniger große Mengen von Geschieben mit sich führt, wodurch er einen zerstörenden Einfluß auf seine Umgebung, und zwar oft bis weit in das Haupttal hinunter ausübt. Die Wasserläufe im Gebirge führen entweder das ganze Jahr hindurch Wasser, wenn sie von Quellen oder Gletschern gespeist werden, oder sie führen nur zur Zeit der Schneeschmelze Wasser, oder endlich sind es Gräben, die nur bei anhaltendem oder plötzlichem starken Regen Wasser führen.

Die mechanische Kraft des fließenden Wassers kann sich entweder durch eine fortschreitende Vertiefung der Sohle des Wasserlaufes oder in Angriffen auf die seitlichen Wände schädlich äußern. Es kann aber auch durch mangelhafte Ableitung von Quellen und Niederschlägen eine Erweichung und infolge dessen Abrutschung der Berghänge stattfinden.

Die Vertiefung der Bach- oder Grabensohle wird umso rascher fortschreiten, je größer das Gefälle des Wasserlaufes ist und je weniger Widerstand der Boden dem Wasser entgegensetzt. Durch die fortgesetzte Vertiefung des Wasserlaufes verlieren zunächst die seitlichen Böschungen ihren Halt, so daß sie durch ihre eigene Schwere abrutschen und in den Wasserlauf stürzen müssen. Dieses Abstürzen der untersten Schichten pflanzt sich dann immer weiter nach aufwärts fort. Diese Erdbewegung wird umso rascher vor sich gehen, je mehr die Seitenwände durch Niederschläge, Quellen oder Sickerwässer durchweicht sind. Durch solche Terrainbrüche entsteht dann eine Verstopfung des Wasserlaufes, sodaß eine Anstauung des Wassers eintritt, und zwar so lange, bis der angehäuften lockere Schutt dem Druck des dahinter gestauten Wassers nicht mehr zu widerstehen vermag und fortgerissen wird. Dadurch fließt ein Gemenge von Wasser und Schutt ab, welches man einen Muhrgang nennt. Beim Eintritt des Wasserlaufes in das Haupttal bleibt das Geschiebe, infolge des geringeren Gefalles und des größeren Raumes liegen, während das Wasser abfließt, so daß mit der Zeit mächtige Schuttkegel entstehen. Hat der Bach nach dem Durchbruch der abgestürzten Schuttmassen diese fortgeführt und sein Bett gereinigt, so beginnt wieder dasselbe Spiel.

Sehr häufig äußert sich die zerstörende Kraft des Wassers in Angriffen auf die Ufer, und zwar zumeist infolge von Querströmungen. Wenn die eine Uferseite aus festem Fels, die andere aber aus weichem, nachgiebigem Material besteht, und es ragen einzelne Felsblöcke in das Wasser hinein, so wird durch diese die Strömung gegen das andere, weiche Ufer gelenkt, welches dadurch unterwaschen und zum Abrutschen gebracht wird. Die gleiche

Wirkung haben auch häufig Krümmungen des Wasserlaufes oder abgestürzte, im Wasser liegende Felsblöcke oder Baumstämme.

Abrutschungen oder Terrainbrüche können schließlich auch durch Sickerwässer verursacht werden. Das auf den Boden gelangende Niederschlagswasser dringt ein, wenn es nicht oberirdisch abfließen kann, und fließt dann im Innern des Bodens nach dem Gefälle ab, wobei aber der Boden oft so durchweicht wird, daß bei dem geringsten Anlasse eine Abrutschung eintritt. Ein solcher Anlaß kann gegeben werden, wenn es sich um einen steilen Hang handelt, an dessen Fuße eine Unterwaschung stattfindet, oder auch oft, wenn eine zu steile Straßen- oder Eisenbahnböschung hergestellt wird. Hiedurch verliert der Hang seinen stützenden Fuß und es treten oft Abrutschungen von großer Ausdehnung ein. Auch können Abrutschungen in großer Ausdehnung ohne solchen besonderen Anlaß eintreten, wenn eine große Erd- oder Schuttmasse auf einer steil abfallenden Ton- oder Felsenschiechte lagert, besonders wenn letztere am Fuße dieses Hanges in eine senkrechte Wand endigt und eine Durchweichung der Erdmasse eintritt.

Durch diese eben erklärten Ursachen können im Gebirge Erdabrutschungen eintreten; die Geschiebemassen werden von den Wasserläufen fortgeführt, und so entstehen die Wildbäche. Da die Wildbäche ganz außerordentliche Schäden verursachen, muß man bestrebt sein, ihre Schädlichkeit möglichst zu verringern. Die Maßregeln hiezu sind zweierlei, nämlich:

1. Vorbeugungsmaßregeln, um die Entstehung von Wildbächen möglichst zu verhüten und
2. Abwehrende Maßregeln, d. h. gewisse Bauherstellungen, um bereits entstandene Terrainbrüche unschädlich zu machen.

2. Vorbeugungsmittel gegen die Verheerungen der Wildbäche.

Dieses Kapitel gehört eigentlich in die Lehre vom Forstschutz, es soll daher nur ganz kurz der Vollständigkeit halber behandelt werden. Vorbeugungsmittel gegen die Entstehung von Wildbächen sind überall nötig, wo in dem Gebiete eines Wasserlaufes umfangreiche Terrainbrüche eintreten könnten. Zu den Vorbeugungsmitteln sind zu rechnen:

- a) **Möglichste Schonung der Waldvegetation.** Das beste Hindernis für einen zu raschen Ablauf der Niederschlagswässer ist der Wald. Durch die Belaubung oder Benadelung wird ein großer Teil des Niederschlagswassers aufgehalten und gelangt nur langsam durch Abtropfen auf den Boden. Ebenso wirkt die Streu- und Moosdecke wie ein Schwamm, indem sie eine große Menge Wassers aufzunehmen vermag, welches dann nur langsam den Wasserläufen zufließt. Durch ein langsam anschwellendes Wasser wird aber niemals ein so großer Schaden hervorgerufen, wie durch ein plötzlich eintretendes Hochwasser. Während in einem gut bewaldeten

Niederschlagsgebiete oft erst nach lange anhaltendem starken Regen ein höherer Wasserstand zu bemerken ist, vermag in einem entwaldeten Gebiete ein ganz kurzer Regen schon in einigen Stunden einen kleinen Bach in ein reißendes Gewässer zu verwandeln. Allerdings darf man aber auch nicht glauben, daß durch den Wald allein das Hochwasser unmöglich wird.

- b) Verhütung oder wenigstens Beschränkung der Viehweide auf entwaldeten steilen Hängen. Durch das Weidevieh wird ein an und für sich lockerer Boden bei trockenem Wetter noch mehr aufgelockert, auch entstehen durch die Tritte des Weideviehes kleine Wege, in denen das Wasser seinen Lauf nimmt, sodaß eine Menge kleiner Wasserläufe, sogenannte Runsen entstehen, welche vom Wasser mehr und mehr ausgewaschen und vertieft werden.
- c) Ableitung der Tagwässer und Quellen, welche den Boden durchweichen und zur Abrutschung geneigt machen. Dies ist besonders nötig, wenn schon eine Abrutschung eingetreten oder zu befürchten ist, indem dann die Wässer von der gefährdeten Stelle abgeleitet oder in einer unschädlichen Weise darüber geführt werden müssen.
- d) Reinhaltung der Wasserläufe, durch rasche Beseitigung hineingestürzter Bäume, abgerutschter Felsblöcke oder Uferwände, wodurch Stauungen des Wassers entstehen könnten.
- e) Sorgfältige Überwachung und sofortige Herstellung etwa eingetretener Beschädigungen der Bachufer.
- f) Vermeidung der Holztrift, besonders von langen und schweren Hölzern in Bächen, deren Uferwände sehr zum Abstürzen geneigt sind.
- g) Unterlassung des Abriesens der Hölzer in Erdriesen.
- h) Unterlassung des Stockrodens und jeder größeren Erdbewegung an steilen, zum Abrutschen geneigten Hängen.

3. Abwehrende Mittel durch Verbauung der Wildbäche.

Verbauungen der Wildbäche sollen dort stattfinden, wo entweder schon Terrainbrüche stattgefunden haben oder demnächst einzutreten drohen. Die Art und Weise der Verbauung, d. h. das zu wählende Material (Faschinen, Holz oder Stein), die Art und Anzahl der Bauobjekte u. s. w. wird natürlich von den jeweiligen Verhältnissen abhängen, nämlich von dem vorhandenen Material, den verfügbaren Mitteln und der Größe der schon vorhandenen oder drohenden Beschädigungen, von dem Werte der zu schützenden Objekte, und endlich von der Beschaffenheit des Sammel- und Durchflußgebietes des Wildbaches.

Zur Versicherung der Bachsohle werden Querbauten, meist senkrecht zum Stromstrich hergestellt, von einem Ufer zum anderen. Diese Querbauten haben den Zweck, einer weiteren Vertiefung der Sohle vorzubeugen

oder diese vielleicht sogar zu heben, um den schon unterspülten Uferwänden wieder einen festen Halt zu geben. Auch können sie den Zweck haben, Geschiebe zurückzuhalten oder diese ohne Gefahr für das Bachbett und dessen Umgebung möglichst rasch nach einem hierzu bestimmten Ablagerungsplatze zu schaffen. Die Verbauungsarbeiten können in der Herstellung folgender Objekte bestehen:

- a) Grundswellen,
- b) Schalenbauten,
- c) Talsperren,
- d) Verbauungen nach Jenny,
- e) Sohlenversicherung durch Bachableitungen und Anlage von Ablagerungsplätzen.

a) Grundswellen.

Die Grundswellen sollen die Sohle des Baches vor Vertiefung durch Auskolkung schützen. Sie werden daher dort anzuwenden sein, wo ein Bach seine Sohle erst auszuwühlen droht, und besonders dann, wenn durch die Vertiefung der Sohle irgend ein Uferschutzbau mit dem Einsturz bedroht wird. Die Grundswellen können aus Holz oder Stein oder aus Holz und Stein hergestellt werden.

Die einfachste hölzerne Grundschwelle ist ein Stammstück, welches quer über die Bachsohle gelegt und in diese und in die beiden Ufer fest eingelassen wird.

Steinerne Grundswellen bestehen aus einer Reihe großer, möglichst regelmäßiger Steine, welche dicht aneinander gefügt werden. Um sie in ihrer Lage festzuhalten, kann vor sie ein in beide Ufer eingelassener Stamm gelegt werden (Fig. 407). Besser aber ist es, die Steine in Form eines gegen die Stromrichtung gekehrten Bogens, u. zw. ganz wie ein Gewölbe zu legen. Dieser Steinbogen muß sich aber entweder an feste Felsenufer oder an eine feste Ufermauer anschließen (Fig. 408).

Die Grundswellen müssen sich von Stelle zu Stelle wiederholen, und zwar sind sie umso wirksamer, je näher sie beieinander sind. Die ganze

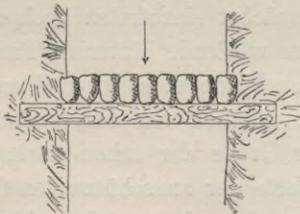


Fig. 407.

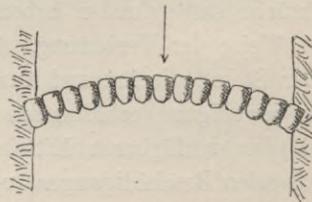


Fig. 408.

Anlage nennt man dann eine Staffelung. Die Herstellung solcher Grundswellen ist nicht kostspielig, besonders wenn das Material in der Nähe sich befindet. Die Wirksamkeit der Staffelung wird sehr erhöht, wenn die Sohle zwischen den Grundswellen gepflastert wird.

b) Schalenbauten.

Die Schalenbauten sollen nicht nur die Vertiefung der Bachsohle verhindern, sondern sie sollen zugleich eine möglichst rasche Wegschaffung der vom Bache mitgeführten Geschiebe bewirken. Die Ausschalung der Bachsohle ist unter allen Umständen das beste Mittel zur Verhinderung der Auswühlung der Sohle. Durch die Herstellung einer widerstandsfähigen Bachsohle werden dann aber die Geschiebmassen leichter und rascher fortgeführt, sodaß eine Verstopfung des Bachbettes nicht so leicht eintreten kann. Die Schalenbauten können in mancherlei Weise hergestellt werden.

Wo nicht die nötigen passenden Steine vorhanden sind, können Schalen oder Abflußkanäle dadurch hergestellt werden, daß die Sohle und Wände des Bachbettes mit Faschinen bekleidet werden. Zu diesem Zwecke legt man quer über die Sohle Faschinenbündel von 0·3 *m* Durchmesser und einer Länge gleich der beabsichtigten Sohlenbreite dicht aneinander und befestigt sie mit durchgeschlagenen, 10 *cm* starken, 1 bis 2 *m* langen Pfählen. Hat man die Sohle auf diese Art gedeckt, so werden die Böschungen hergestellt, indem man abwechselnd eine Faschinenlage, und zwar die einzelnen Bündel senkrecht gegen die Bachrichtung und mit den Köpfen gegen den Bach legt und sie mit Pflocken befestigt, darüber kommt eine Schichte Kies oder Schutt, dann wieder eine Faschinenlage und so fort (Fig. 409). In dieser

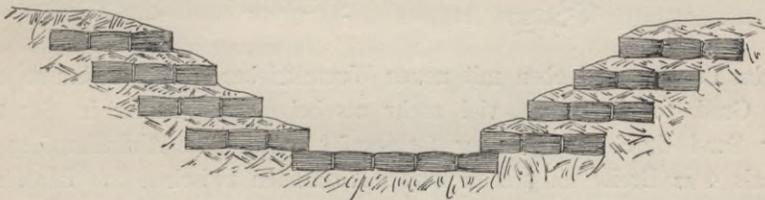


Fig. 409.

Weise werden die Seitenwände abwechselnd aus einer Faschinenlage und einer Schuttschichte in die erforderliche Höhe gebracht, und zwar mit einer $1\frac{1}{2}$ fachen oder doppelten Böschung. Jede Faschinenlage wird mit durchgeschlagenen 3 bis 4 Pflocken oder auch mit darüber gelegten Querstangen, sogenannten Wippen befestigt. Besonders sorgfältig muß die oberste Lage befestigt werden.

Die Herstellung eines Abflußgerinnes ist häufig dort notwendig, wo neu entstandene Wasserrisse an Berglehnen, welche zur Abrutschung neigen, verbaut werden sollen, oder wo kleine Quellen oder Wasserläufe über irgend ein gelockertes Terrain geführt werden müssen. Bei so kleinen Rinnsalen kann ein ganz hölzernes Gerinne aus Brettern oder Pfosten Anwendung finden. Es werden dann je drei etwa 4 bis 6 *m* lange Bretter oder Schwarten zu einer Rinne miteinander verbunden, und diese einzelnen Rinnen einfach mit ihren Enden ineinander gesteckt. Bei etwas stärkeren Wasserläufen, wenn ein solideres aber auch kostspieligeres Gerinne hergestellt werden soll, muß dieses aus Pfosten hergestellt werden.

Für größere Abflußrinnen kann man die Wände aus Holz herstellen und zwar entweder als „Bohlwerk“, oder als Blockwände, indem man die senkrechten Wände aus zweiseitig bezimmerten Stämmen herstellt, welche horizontal übereinander gelegt und miteinander verdübelt werden. Diese Wände müssen aber Erdanker bekommen u. zw. 3 bis 4 *m* lange Hölzer, welche mit Ankerpfählen befestigt werden (Fig. 410). Die Sohle wird entweder aus dicht nebeneinander gelegten Rundhölzern hergestellt oder solid gepflastert. Die Herstellung des Pflasters geschieht am besten in der Weise, daß man die Sohle zuerst mit Rasenplaggen dicht belegt und dann auf diese das Pflaster setzt, und zwar ohne Sand, wobei aber alle Lücken mit Steinsplittern gut ausgekilt werden müssen. Die Rasenunterlage durchzieht

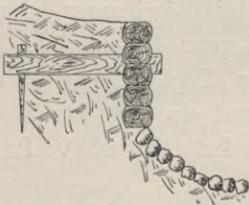


Fig. 410.

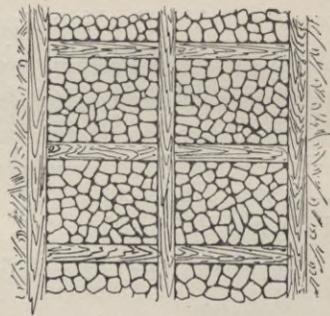


Fig. 411.

dann das Pflaster nach oben mit neuen Wurzeltrieben und gibt ihm so einen hohen Grad von Festigkeit, viel mehr als bei einem Pflaster in Sand, wo ja der Sand durch das Wasser fortgespült wird. Bei Abflußkanälen von mehr als 4 *m* Breite müssen in kurzen Abständen zwischen das Pflaster, in ganz gleiche Höhe mit diesem Querschwellen, und bei sehr großer Breite auch Langschwellen eingelegt werden. (Siehe Fig. 411, welche dieses

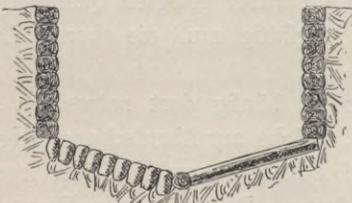


Fig. 412.



Fig. 413.



Fig. 414.

Pflaster in der Ansicht von oben darstellt.) Die Pflasterung der Sohle wird bogenförmig, oder bei eingelegten Langschwellen in Form einer gebrochenen Linie ausgeführt (Fig. 412).

Am besten, d. h. am meisten widerstandsfähig und dauerhaft sind die ganz aus Stein hergestellten Schalen (Fig. 413 und 414). Diese erhalten

entweder einen segmentförmigen, d. h. ganz bogenförmigen Querschnitt, oder sie werden gebrochen geradlinig hergestellt. Zur Herstellung sind möglichst große, feste Steine zu verwenden, welche mit ihrer Spitze, wie bei jedem Pflaster, in die Erde kommen. Auf dem oberen Ende müssen die Steine erforderlichenfalls etwas zugerichtet werden, damit die Sohle der Schale möglichst eben ausfällt. Aus letzterem Grunde müssen auch alle Lücken sorgfältig mit Steinsplittern ausgekeilt werden.

c) Talsperren.

Die Talsperren haben den Zweck, die mitgeführten Geschiebe zurückzuhalten, wodurch eine allmähliche Erhöhung der Bachsohle eintritt. Durch die Erhöhung der Sohle wird aber das Gefälle des Baches vermindert und dadurch die zerstörende Wirkung des Gewässers aufgehoben, außerdem findet durch die Erhöhung der Sohle auch eine Erbreiterung des Bachbettes statt, wodurch eine rasche Beruhigung der angebrochenen Bergwände eintritt. Die Ablagerung der durch eine Talsperre zurückgehaltenen Geschiebe erfolgt nicht nur bis zur einfachen horizontalen Hinterfüllung der Sperre, sondern sie erstreckt sich viel weiter nach oben, so daß die Wirkung einer Talsperre immer noch fort dauert, selbst wenn der Raum unmittelbar dahinter schon bis zur Höhe der Sperre mit Geschieben angefüllt ist, es wird dann nur das feinere Geschiebe mit fortgeführt, welches über die Sperre abstürzt, während das gröbere liegen bleibt.

Bei jeder Talsperre sind folgende wichtige Teile bezüglich der Konstruktion zu unterscheiden:

1. Der Damm, d. i. der dem Wasserlaufe entgegengestellte Körper.
2. Das Vorfeld, Fall- oder Sturzbett, d. i. der Raum unterhalb der Sperre, welcher entsprechend hergerichtet werden muß, um eine Unterspülung des Dammes durch die über die Talsperre abstürzenden Wasser- und Geschiebemassen zu verhüten.
3. Die Widerlager des Dammes in den Seitenhängen, welche gegen Hinterwaschung gesichert sein müssen.

Hinsichtlich des bei dem Bau der Talsperren verwendeten Materials können diese konstruiert werden:

1. als Talsperren aus Flechtwerk und Faschinen,
2. aus Holz,
3. aus Stein.

1. Talsperren aus Flechtwerk und Faschinen. Diese werden aus einem ausschlagsfähigen Materiale und zu einer geeigneten Jahreszeit hergestellt, damit sie sich bewurzeln und fortwachsen, wodurch sie fortgesetzt an Festigkeit und Widerstandsfähigkeit zunehmen. Sie eignen sich daher für solche Bodenverhältnisse, wo man auf eine Bewurzelung rechnen darf, und wenn man ausschlagsfähiges Material zur Verfügung hat.

Sie werden im Sammelgebiete eines Wildbaches, zur Verbauung von untergeordneten Runsen oder eben erst entstandenen Erdrissen angewendet.

Ein einfacher Flechtzaun wird in der Weise hergestellt, daß man in das Runsenbett senkrecht auf den Wasserlauf in einer geraden Linie Pfähle einschlägt, u. zw. etwa 50 *cm* voneinander, welche mit ausschlagsfähigem Material dicht verflochten werden. Die Flechtruten sollen aber mit dem Ende möglichst tief in die Erde eingegraben werden, damit sie sich bewurzeln und weiter wachsen können. Die Pfähle können entweder alle in gleicher Höhe abgeschnitten werden, sodaß ihre Köpfe in einer geraden Linie liegen, oder besser ist es, sie so abzuschneiden, daß die Mitte des Flechtzaunes tiefer liegt, damit der Wasserablauf möglichst in die Mitte geleitet wird

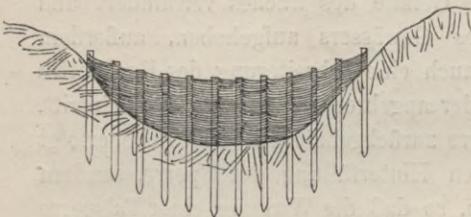


Fig. 415.

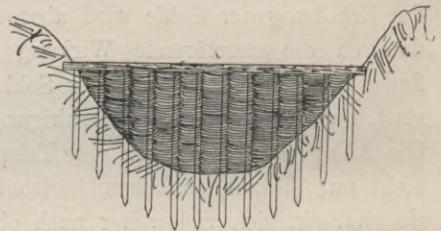


Fig. 416.

(Fig. 415). Der Zaun gewinnt sehr an Festigkeit, wenn die Stangen durch einen aufgezapften oder darüber genagelten Holm verbunden werden. Dieser Holm kann entweder gerade sein (Fig. 416), oder er kann aus drei Teilen bestehen, sodaß der mittlere Teil tiefer zu liegen kommt (Fig. 417).

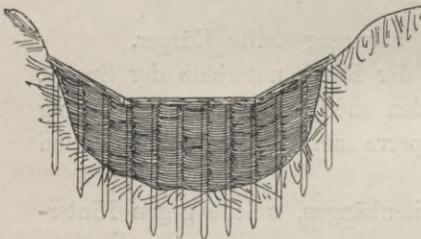


Fig. 417.

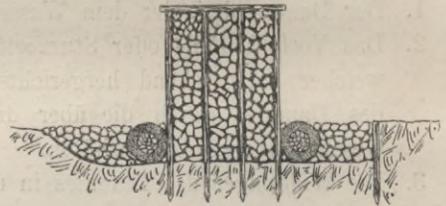


Fig. 418.

Größere Festigkeit, als die einfachen Flechtzäune geben, kann man durch Herstellung von Flechtwerk mit Füllung von Steinen oder Geschieben erzielen. Die Herstellung geschieht in der Weise, daß 8 bis 10 *cm* starke und 2 bis 2·5 *m* lange Stangen in 3 bis 4 Reihen ca. 1 *m* tief in die Erde eingeschlagen und kreuzweise mit Weidenzweigen verflochten werden (Fig. 418 u. 419). Die Entfernung der Pfähle voneinander kann ca. 1 *m* betragen. Die durch das Flechtwerk gebildeten Körbe werden mit Steinen oder Geschiebemassen gefüllt und auf der Oberfläche gut abgepflastert. Die Sperre wird am besten im Grundriß bogenförmig hergestellt, sodaß die konvexe Seite gegen die Stromrichtung

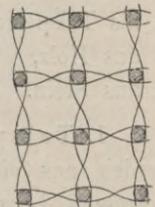


Fig. 419.

gekehrt ist. Auf sehr lockerem Boden muß zum Schutze gegen Unterwaschung vor und hinter der Sperre eine Senkfaschine gelegt werden, auch wird das Fallbett auf einige Meter Länge mit Steinen abgepflastert, und an das Ende des Pflasters kommt noch ein einfacher Flechtzaun.

In schmalen Runsen können auch Sperren aus Senkfaschinen hergestellt werden. In sehr schmalen Runsen werden diese parallel zum Wasserlaufe, in breiteren dagegen senkrecht darauf gelegt und mittelst durchgeschlagener Pflöcke befestigt. Die Enden der Faschinen werden möglichst weit in die beiderseitigen Böschungen eingebettet. Um den Wasserabfluß in die Mitte zu leiten, werden die Enden der Faschinen etwas höher gelegt, als ihre Mitte.

2. Talsperren aus Holz. Diese werden in walddreichen Gegenden anzuwenden sein, wo es sich vielleicht nur um den Schutz minder wertvoller Flächen handelt, und wo daher ein großer Kostenaufwand nicht gerechtfertigt wäre. Ferner werden Talsperren aus Holz dort am Platze sein, wo es sich nur um Schutz für eine gewisse Zeit handelt, z. B. so lange, bis das betreffende Gebiet wieder aufgeforstet ist, oder wo es sich nur um provisorische Bauten handelt, welche später durch solide Steinbauten ersetzt werden sollen.

Eine hölzerne Talsperre kann in verschiedener Weise hergestellt werden. Bis zu einer Breite des Tales von 10 bis 12 *m* genügt eine einfache vertikale Balkenwand, welche aus horizontal übereinander gelegten Rundhölzern hergestellt wird (Fig. 420). Sollten die Hölzer nicht genügende Stärke haben,

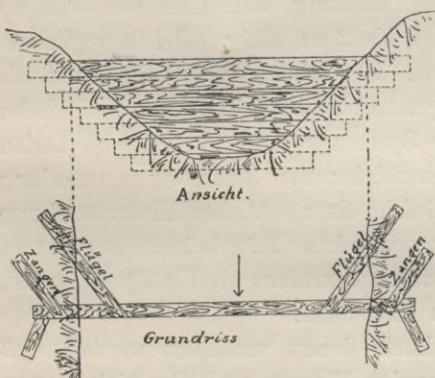


Fig. 420.

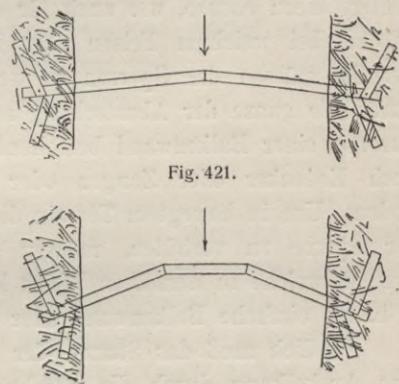
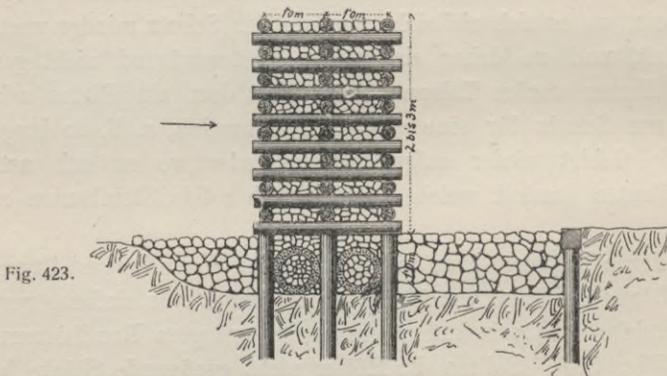


Fig. 422.

so kann man eine doppelte Wand herstellen, beide Wände sind miteinander zu verdübeln. Bei größerer Breite, wo Hölzer in der entsprechenden Länge nicht zu haben sind, ist es am besten, jede Balkenlage aus zwei oder drei Teilen herzustellen, welche miteinander überblattet und vernagelt werden, sodaß eine gebrochene Linie entsteht, deren konvexe Seite gegen die Stromrichtung gekehrt ist (Fig. 421 u. 422).

Bei sehr breiten Tälern ist die Ausführung eines Steinkastenbaues angezeigt. Auf felsigem Boden kann die Kastensperre unmittelbar auf den geebneten Felsboden gestellt werden. In weichem Boden aber ist eine Fundierung durch einen Pilotenrost nötig; vor den Rost muß außerdem zum Schutze gegen Unterwaschung eine Spundwand geschlagen werden. Eine gute Fundierung ist auch die mittelst Senkfascinen von etwa 1 *m* Durchmesser, welche zwischen die Pilotenreihen gelegt werden (Fig. 423).

Besondere Aufmerksamkeit erfordern bei jeder Holzsperrre die Widerlager an den beiden Talwänden. Das sicherste und beste Widerlager sind natürlich Felswände, in welche die Köpfe der Balken eingelassen werden können, indem der nötige Raum ausgesprengt wird. Bei festem Felsen



genügt hiezu ebenso, wie auch für die Fundierung, eine Tiefe von 0,25 bis 0,5 *m*, bei weichem Felsen aber ist 1 bis 2 *m* nötig. Bei beweglichem Terrain müssen die Sperren so weit in die Talwände eingreifen, daß sie durch die ganze der Abrutschung ausgesetzte Schicht durchgehen. Bei den nur aus einer Balkenwand bestehenden Sperren müssen in lockerem Boden auch Erdanker oder Zangen oder Querhölzer zur Sicherung Anwendung finden. Um in bewegtem Terrain die Gefahr einer seitlichen Hinterwaschung der Sperre zu verhüten, müssen stromaufwärts Flügelwände angebracht werden, welche in derselben Weise konstruiert werden, wie die Sperre selbst, d. h. als einfache Balkenwand oder als Kastenbau.

Endlich muß das Sturz- oder Fallbett derart versichert werden, daß eine Auskolkung durch die herabstürzenden Wasser- und Geschiebemassen nicht stattfinden kann. Ist natürlicher Felsen in jenem Teil des Bachgerinnes, auf welchen die überstürzenden Wassermassen abstürzen, so ist natürlich irgend eine Versicherung überflüssig. Ist jedoch die Sohle der Auskolkung und dadurch die Sperre der Gefahr der Unterwaschung ausgesetzt, so bringt man bei kleineren Holzsperrren eine Lage starker Pfosten an, welche auf eingeschlagenen Pfählen befestigt werden. Besser noch ist ein pilotierter Rost, dessen Oberfläche gut gepflastert ist oder mit starken

Brettern oder Pfosten belegt wird (Fig. 424). Je höher die Sperre ist, desto größer ist die Gefahr für das Fallbett. Es ist daher bei Sperren von bedeutender Höhe nötig, daß man einige Meter vom Fuße der Hauptsperre entfernt eine zweite, niedrigere Sperre zum Schutze der Hauptsperre anbringt.

3. Talsperren aus Stein.

Die Ausführung steinerner Sperren empfiehlt sich dort, wo das nötige brauchbare Steinmaterial in nächster Nähe vorhanden ist, wenn der Baugrund eine solche Festigkeit hat, daß er ein schweres Bauwerk zu tragen vermag, ferner bei der Verbauung größerer Bäche, welche das ganze Jahr über größere Wasser- und Geschiebemassen führen, wenn die Verbauung stets zum Schutze wertvoller Kulturgründe erhalten bleiben muß, und endlich, wenn das nötige Holz mit den erforderlichen Dimensionen nicht in der Nähe zu haben wäre.

Die steinernen Talsperren erhalten im Grundriß stets die Form eines flachen Segments, dessen konvexe Seite gegen die Stromrichtung gekehrt ist, sodaß die Sperre wie ein Gewölbe wirkt, und den Geschieben besseren Widerstand entgegengesetzt. Der Bogen soll jedoch möglichst flach sein, sodaß die Pfeilhöhe zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{10}$ der Spannweite liegt, damit der Druck der Sperre auf die Talwände möglichst senkrecht erfolgt. Im Querschnitt werden die Steinsperren zumeist so wie Stützmauern überhaupt hergestellt, nämlich die talaufwärts gekehrte Seite, an welche sich die Geschiebe anlegen, vertikal, die talabwärts gekehrte Seite, die Sturzseite, dagegen mit einer Böschung von etwa $\frac{1}{5}$ der Höhe. Durch die Abböschung wird die Standfestigkeit der Mauer sehr erhöht, es wird aber dann ihr Fuß unmittelbar von dem abstürzenden Wasser getroffen. Wird aber die Sturzseite auch vertikal hergestellt, so stürzt das Wasser in einem Bogen ab, ohne die Fläche und den Fuß der Mauer zu treffen. Die Krone der Sperre kann bei felsigen Talwänden horizontal angelegt werden. Sind jedoch die Talwände locker, so muß man die Krone in der Mitte vertieft (konkav) herstellen, um das Wasser in die Mitte zu drängen. Ist ein Hang Felsen, der andere aber lockeres Material, so läßt man das Wasser an der Felsenseite überstürzen, indem man die Krone an dem lockeren Hang in Form einer Staffel höher macht. Über die Höhe einer Talsperre läßt sich nichts allgemeinen sagen, diese hängt von den jeweiligen Verhältnissen ab. Jedenfalls aber macht man sie anfangs nur niedrig, und erhöht sie nach und nach.

Von größter Wichtigkeit für die ganze Anlage ist eine hinreichend starke und tiefe Fundierung. Es wurde schon erwähnt, daß eine steinerne Talsperre überhaupt nur auf einem hinreichend festen Baugrunde erbaut

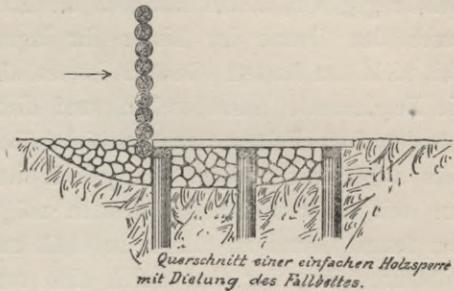


Fig. 424.

werden soll. Besteht die Talsohle aus zu Tage tretendem Felsen, so wird dieser geebnet, und allenfalls der Sohle eine geringe Neigung gegen das Gefälle gegeben, indem hiedurch die Mauer einer horizontalen Verschiebung durch den Druck der hinter ihr lagernden Geschiebe besser widersteht. Bei nicht zu hartem Gestein ist es aber immer ratsam, einen Raum für die Fundamente auszubrechen, und diese etwas in den Felsen einzulassen. Ist der feste Felsen vom Geschiebe überlagert, so muß dieses bis auf den Fels abgeräumt werden. Ist jedoch die Schuttschichte so mächtig, daß es nur mit außerordentlichen Kosten möglich wäre, die Fundamente bis auf den festen Grund zu führen, so stellt man zur Fundierung der Sperre einen Pilotenrost her, der aber durch eine vorgeschlagene Spundwand oder durch vor ihn eingesenkte Senkwürste gegen Unterwaschung geschützt werden muß.

Der Steinkörper der Talsperre kann entweder ganz als Mörtelmauer, oder ganz als Trockenmauer, oder endlich als Trockenmauer und auf der Sturzseite auf 0·8 *m* mit einer Mörtelmauer verkleidet, hergestellt werden. Für den Mörtel muß selbstverständlich hydraulischer Kalk oder Zement verwendet werden. Eine vollständige Mörtelmauer ist aber sehr kostspielig, so daß diese Herstellung nur für besonders wichtige Sperren gewählt wird. Ein gemischtes Mauerwerk, nämlich eine Trockenmauer, auf der Sturzseite mit einer 0·8 *m* starken Mörtelmauer verkleidet, hat fast dieselbe Widerstandsfähigkeit wie eine vollständige Mörtelmauer und ist doch bedeutend billiger. Selbstverständlich muß auf eine gute Verbindung der Mörtelmauer mit der dahinter liegenden Trockenmauer durch entsprechend lange Binder geachtet werden. Zur Herstellung der Mauer verwendet man Bruchsteine, welche „auf den Sturz“, d. h. auf ihre schmale Kante gestellt werden sollen, und so daß die Lagerfugen bei geböschten Mauern nicht horizontal, sondern senkrecht auf die geböschte Fläche liegen. Es ist besser das Mauerwerk nicht schichtenweise herzutellen, damit nicht eine Verschiebung einer Schichte durch den Druck der Geschiebe geschehen kann. Die Sturzfläche oder Stirnwand muß aus möglichst großen Steinen, die erforderlichenfalles auf den Stoß- und Lagerflächen noch zugerichtet werden sollen, hergestellt werden. Am besten ist es für die Stirnwand Quadern zu verwenden, welche durch Steinklammern miteinander verbunden werden. Auch die Krone der Sperre, welche sehr der Beschädigung durch die abstürzenden Geschiebe ausgesetzt ist, muß aus geebneten Steinen oder Steinplatten hergestellt werden, u. zw. macht man die Kronen nicht horizontal, sondern läßt sie etwas gegen die Sturzseite ansteigen, wodurch sie gegen Beschädigung etwas geschützt ist. Ist die Sperre ganz als Mörtelmauer oder mit einer Mörtelverkleidung hergestellt, so müssen in ihr Öffnungen für den Abfluß des Sickerwassers hergestellt werden. Häufig stellt man auch nur eine größere überwölbte Abflußöffnung am Fuße der Talsperre her.

Bezüglich der Stärke der steinernen Talsperren ist zu bemerken, daß bei einer reinen, oder mit einer Mörtelmauer verkleideten Trockenmauer die

Kronenbreite gleich der halben Höhe der Sperre auf der Stirnseite gemacht wird. Wird die Sperre ganz als Mörtelmauer hergestellt, so bekommt sie eine solche Kronenbreite wie eine gewöhnliche Stützmauer von derselben Höhe.

Besondere Beachtung erfordern die Widerlager der Sperre in den seitlichen Talwänden. Bestehen letztere aus Felsen, so werden in diese einfache Stützlager ausgesprengt. Ist jedoch kein Felsen vorhanden, so müssen die Mauern soweit in die seitlichen Hänge geführt werden, bis man auf festen, unverschiebbaren Grund kommt, und hier lehnt man die Enden des Sperrkörpers an genügend hohe und dicke, in Mörtel ausgeführte Stützmauern an, welche talabwärts geführt und in die Berglehne umgebogen werden.

Ist die Sohle des Baches nicht Felsen, so muß das Sturzbett durch ein solides Pflaster geschützt werden. Dieses wird aus möglichst großen, auf den Sturz gestellten Steinen hergestellt und am Ende durch eine hölzerne Schwelle festgehalten. Bei lockerer Sohle und bedeutender Sturzhöhe empfiehlt sich die Herstellung eines pilotierten Rostes.

Ist die Anbringung des Rostes nicht möglich, so ist es gut, etwas unterhalb der Hauptsperre eine zweite kleinere Sperre anzulegen, und den Raum zwischen den zwei Sperren solid abzupflastern. Den Raum zwischen den zwei Sperren füllen die herabstürzenden Geschiebe aus, und schützen so den Fuß der Hauptsperre vor Unterwaschung.

d) **Wildbachverbauungen nach Jenny.**

Die Jenny'sche Wildbachverbauungsmethode besteht in der Herstellung von Flechtwerks-Etagen. Diese Methode ist daher leicht und billig durchzuführen und empfiehlt sich überall dort, wo die herabkommenden Geschiebe schuttähnlich und frei von größeren Steinbrocken sind. Besonders eignet sich diese Methode zur Verbauung untergeordneter Runsen, ferner dort, wo für Talsperren nicht das nötige Material vorhanden ist, und wo die Bodenbeschaffenheit eine feste Fundierung und Anlehnung der Talsperre nicht zuläßt.

Jenny (Ortsrichter in Niederurner, Kanton Glarus in der Schweiz) begann im Jahre 1838 nach seiner Methode die Verbauung des Niederurnerbaches, der wiederholt die Ortschaft stark beschädigt hatte. Zuerst wurden alle Runsen von unten beginnend mit einfachen Flechtzäunen in Abständen von 3 zu 3 *m* verbaut. Die Flechtzäune wurden im Grundrisse bogenförmig und in der Mitte etwas vertieft hergestellt, um den Wasserabfluß in die Mitte zu leiten. Waren die Flechtzäune von Schutt vollständig hinterfüllt, so wurden auf der neuen erhöhten Sohle weitere Flechtwerke errichtet, so daß oft 6 bis 8 Lagen übereinander kamen, wodurch in engen Runsen eine Sohlenerhöhung bis zu 15 *m* erzielt wurde. Hatten sich die neuen Runsenböschungen so beruhigt und gesetzt, so daß keine erneuerten Abrutschungen mehr zu befürchten waren, so wurde in der Mitte der Runse eine mit Steinen ausgepflasterte Rinne (Schale) hergestellt und neben dieser wurden abermals Flechtzäune in Form von Flügeln und in entgegengesetzter Richtung

wie die früheren errichtet, um etwa übertretende Schuttmassen wieder zurück in die Schale zu leiten. Die Schalen sind sorgfältig mit großen, auf den Sturz gestellten Steinen ausgepflastert; sie sind 1·8 bis 3·6 *m* breit, flach muldenförmig, und das Pflaster hat 0·3 *m* Dicke. An der Ausmündung der Schalen in den Hauptbach sind diese durch eine Steinsperre von oft 4 *m* Höhe und 12 *m* Breite versichert worden.

e) Sohlenversicherungen durch Bachableitung und Anlage von Ablagerungsplätzen.

Das Wasser der Wildbäche ist die eigentliche Ursache, welche Terrainbrüche hervorruft und befördert. Wenn es daher gelingt, das Wasser in andere Bahnen zu leiten und das angebrochene Terrain trocken zu legen, so muß sofort eine Beruhigung der bewegten Massen eintreten, und es ist diese Art der Versicherung das sicherste Mittel. Freilich ist diese Art der Verbauung der Wildbäche nur selten anwendbar, denn es müssen ganz bestimmte Verhältnisse und Gestaltungen des Bachbettes und dessen Umgebung gegeben sein, andererseits ist dazu ein so großer Kostenaufwand erforderlich, daß dieser nur dort gerechtfertigt sein wird, wo dadurch der Schutz sehr wertvoller Objekte erlangt werden soll. Vor allem ist für die Ableitung des Wildbaches notwendig, daß ein zweiter Bach in nächster Nähe vorhanden ist, in welchen man das Wasser des Wildbaches ohne Schaden ableiten kann. Ferner muß die Wasserscheide zwischen den beiden Bächen ein fester Felsen sein, durch welchen hierdurch ohne Nachteil ein Tunnel für die Wasserableitung hergestellt werden kann. Solche Ableitungen durch einen Tunnel sind in der Schweiz an verschiedenen Orten mit großem Erfolge durchgeführt worden.

Wenn ein Wildbach in einen korrigierten Fluß einmündet, in den eine größere Zuführung von Geschieben ohne Nachteil nicht stattfinden darf, so müssen die Geschiebe vor der Einmündung des Wildbaches auf geeigneten Ablagerungsplätzen zurückgehalten werden. Die Anlage von Ablagerungsplätzen soll aber nur dort stattfinden, wo die vom Bache mitgeführten Geschiebe nur das Produkt des gewöhnlichen Verwitterungsprozesses sind, wo also der Bach nicht durch angebrochenes Terrain geht, oder wo vielleicht vorhandene Terrainbrüche durch erfolgreiche Verbauungen unschädlich gemacht wurden. Die Schuttmassen können entweder auf solchen schon von der Natur gegebenen Flächen zurückgehalten werden, wo vielleicht schon Ablagerungen erfolgt sind, oder es müssen eigene Flächen für die künftigen Schuttabelagerungen bestimmt werden. Soll ein schon vorhandener alter Schuttkegel als Ablagerungsplatz benützt werden, so durchzieht man diesen mit einer Anzahl von Flechtzäunen oder besser Blockwänden oder Steindämmen, und zwar senkrecht auf die Richtung des Wasserlaufes. Hierdurch wird in den meisten Fällen eine vollständige Zurückhaltung der herabkommenden Geschiebe erzielt werden. Soll eine eigene Fläche für die Zurück-

haltung der Geschiebe benützt werden, so muß diese mit entsprechenden Dämmen eingeschlossen werden. Außerdem durchzieht man sie mit Flechtzäunen. Besonders sorgfältig muß die Ausmündung des Ablagerungsplatzes hergestellt und am besten durch eine solide steinerne Sperre abgeschlossen werden. Mit der fortschreitenden Erhöhung des Lagerplatzes muß sowohl diese Sperre, als auch die seitlichen Einfassungsdämme von Zeit zu Zeit erhöht werden.

4. Allgemeine Regeln bei der Verbauung von Wildbächen.

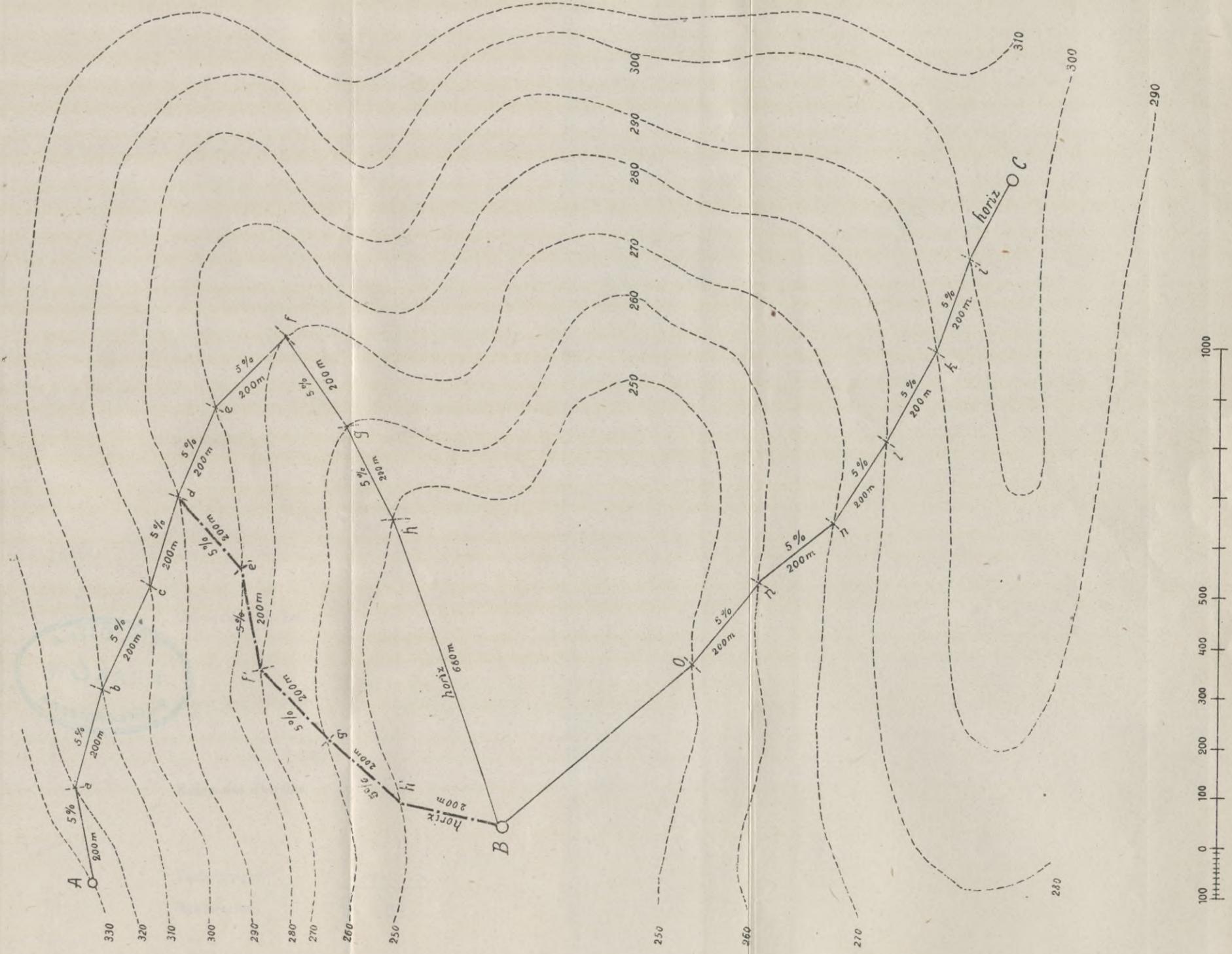
1. Vor allem muß eine genaue Aufnahme des zu verbauenden Wildbaches geschehen, d. h. es muß ein Situationsplan, ein Längenprofil, und an jenen Stellen, wo allenfalls Objekte zu erbauen sein werden, auch Querprofile aufgenommen werden. Besonders sind diese genauen Aufnahmen dann unbedingt notwendig, wenn die Herstellung mehrerer Schutzbauten nötig sein wird, wenn also der Wildbach durch ein ganzes System verbaut werden soll. Es sind dann die Situations- und Profilpläne nötig zur Wahl der Punkte, wo die Bauten anzulegen sind. Mit Hilfe eines genauen Längenprofils kann man auch nach Jahren den Erfolg der Verbauung konstatieren. Die Querprofile sind für die Verfassung der Kostenvoranschläge unerlässlich.
2. Durch gleichzeitig mit der Aufnahme an Ort und Stelle gepflogene Erhebungen muß auch festgestellt werden, nach welcher Methode der Wildbach verbaut werden soll, welches Material bei der Verbauung verwendet werden soll u. s. w. Bei der Wahl des Materiales für die zu erbauenden Objekte müssen der Zweck und die mutmaßliche Dauer der Verbauung, die Terrainbeschaffenheit und endlich auch die verfügbaren Geldmittel berücksichtigt werden.
3. Von besonderer Wichtigkeit für eine zweckentsprechende und billige Verbauung eines Wildbaches ist die richtige Wahl der Baustellen für die einzelnen Objekte. Besonders gilt dies für die Erbauung von Talsperren. Hierzu wird eine Baustelle unter folgenden Verhältnissen sich eignen:
 - a) Wenn die Sohle und die seitlichen Hänge fester Felsen sind, oder wenn ein solcher in geringer Tiefe anzutreffen ist;
 - b) wenn sich das Bachprofil an der Baustelle verengt, dagegen oberhalb dieses Punktes sich beckenartig erweitert. Durch die Verengung werden die Baukosten geringer, in der Erweiterung, oberhalb aber können umso größere Massen zur Ablagerung kommen;
 - c) wenn das Gefälle des Baches oberhalb der Baustelle sehr mäßig ist, weil sich dann die Ablagerungen auf eine lange Strecke talaufwärts ausdehnen können;

- d) wenn sich die Baustelle womöglich unmittelbar unterhalb der in Bewegung geratenen Stellen befindet;
 - e) wenn das zum Bau der Objekte nötige Material aus der nächsten Nähe bezogen, oder doch ohne zu große Schwierigkeiten beigeschafft werden kann;
 - f) wenn die Ableitung des Wassers von der Baustelle während des Baues ohne große Schwierigkeiten möglich ist.
4. Die Anzahl der herzustellenden Querbauten hängt von der Beschaffenheit des Sammel- und Durchflußgebietes des Wildbaches ab. Je umfangreicher die angebrochenen Stellen sind, oder je mehr die Sohlenvertiefung vorgeschritten ist, desto mehr Talsperren müssen errichtet werden.
 5. Die Höhe einer Talsperre wird vor allem durch die Beschaffenheit der Baustelle bedingt. Ist diese felsig, sodaß weder eine Unter-, noch auch eine seitliche Hinterwaschung zu befürchten ist, und bleibt das Querprofil auch nach oben zu eng, schluchtartig, so kann der Talsperre die zulässig größte Höhe gegeben werden. Erweitert sich aber das Querprofil nach oben rasch, so würden mit zunehmender Höhe der Sperre die Baukosten unverhältnismäßig wachsen. Weiter hängt die Höhe einer Talsperre davon ab, bis zu welcher Höhe die Bachsohle durch die Ablagerungen gehoben werden muß, um auf ihre ursprüngliche Höhe zu kommen, und um dadurch eine Beruhigung der Hänge zu erzielen. Endlich hängt die Höhe der Talsperre auch von dem Material ab, aus welchem sie hergestellt werden soll. Niemals darf jedoch eine Talsperre gleich im Anfang bis auf die zulässig größte Höhe errichtet werden, sondern sie muß sukzessive gehoben werden, in dem Maße, als die Hinterfüllung fortschreitet. Durch diese sukzessive Erhöhung der Sperre wird die Gefahr einer Zerstörung der Sperre sehr vermindert. Die Erhöhung der Sperre ist in dem Augenblicke notwendig, wo größere Geschiebe bis nahe zur Krone der Sperre getragen werden.
 6. Können nicht alle Objekte auf einmal hergestellt werden, so beginnt man mit der Verbauung der Seitenrunsen und stellt im Hauptgraben einige Objekte dort her, wo die größte Bewegung der Erdmassen eingetreten ist. Die Herstellung der Talsperren muß stets von unten her beginnen.
 7. Alle Bauten müssen zu einer Zeit vorgenommen werden, wo der Bach wenig Wasser führt und der Eintritt von Muhrgängen nicht so leicht zu befürchten ist. Man beginnt daher erst in der zweiten Hälfte des Sommers, etwa Mitte August, und setzt die Arbeiten so lange fort, als es die Witterung gestattet.
 8. Jede Verwundung und Lockerung des Bodens in einem angebrochenen Terrain würde die schon vorhandenen Schäden erhöhen und vielleicht zu neuen Brüchen führen. Es darf daher beim Bau von Objekten das Material weder den Seitenhängen, noch der Sohle entnommen werden.

9. Die erbauten Talsperren müssen unausgesetzt in einem guten Zustande erhalten werden, und selbst kleine Schäden müssen sofort beseitigt werden. Sollte eine Sperre brechen, so muß eine neue möglichst rasch unterhalb der früheren Baustelle hergestellt werden. Zeigt eine nur aus einer Blockwand hergestellte Sperre eine bedenkliche Ausbauchung, so daß zu befürchten ist, daß sie durch den Druck der hinter ihr angesammelten Geschiebe brechen könnte, so wird 2 bis 3 *m* talabwärts eine zweite gleich hohe parallele Holzwand hergestellt, welche mit der ersten durch Querhölzer verbunden wird, worauf der Raum zwischen beiden Wänden mit Steinen ausgefüllt und auf der Oberfläche gepflastert wird. Es wird also die einfache Holz Sperre in eine Kastensperre umgewandelt.
10. Mit der Verbauung der Wildbäche muß auch gleichzeitig die Bewaldung eventuell Berasung des Sammel- und Durchflußgebietes vorgenommen werden.



Tafel I.





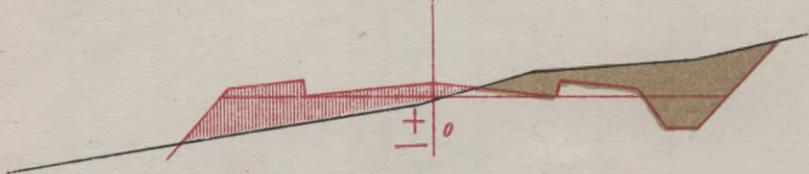




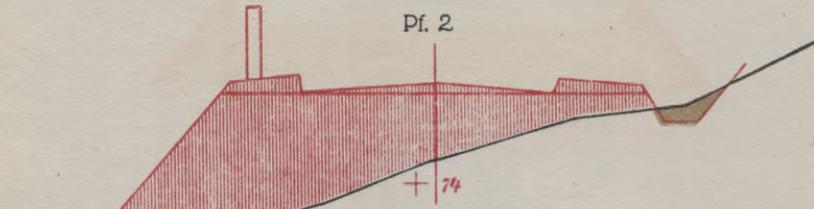
Quer-Profile.

Maßstab : 1 : 100.

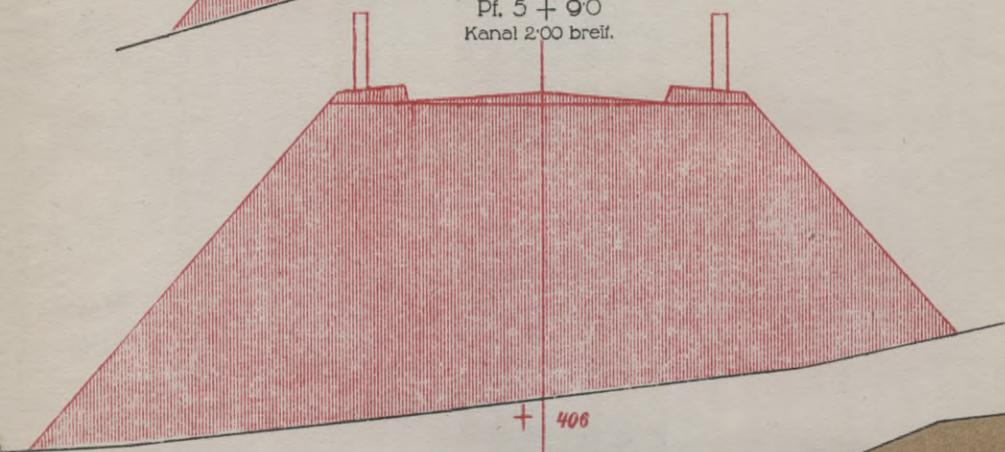
Pf. 1.



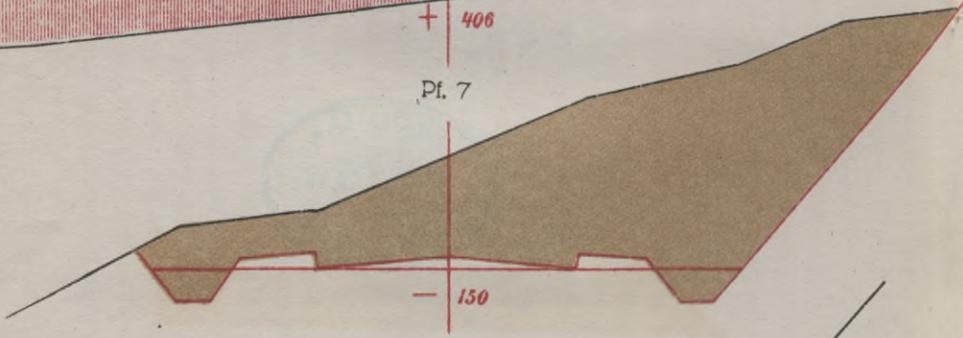
Pf. 2



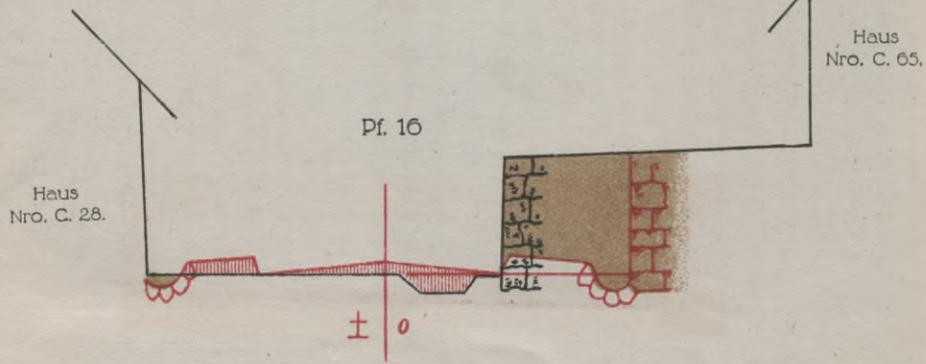
Pf. 5 + 90
Kanal 2,00 breit.



Pf. 7



Pf. 16

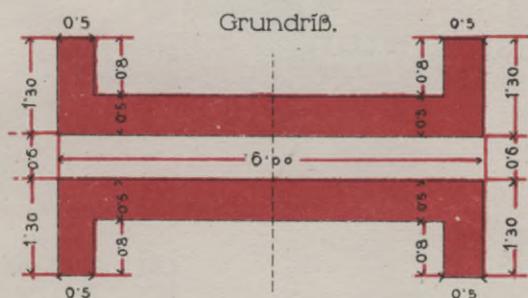
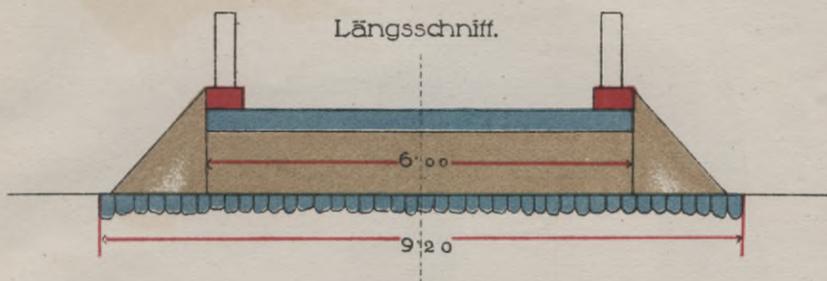


Haus
Nro. C. 28.

Haus
Nro. C. 65.

Maßstab: 1:100.

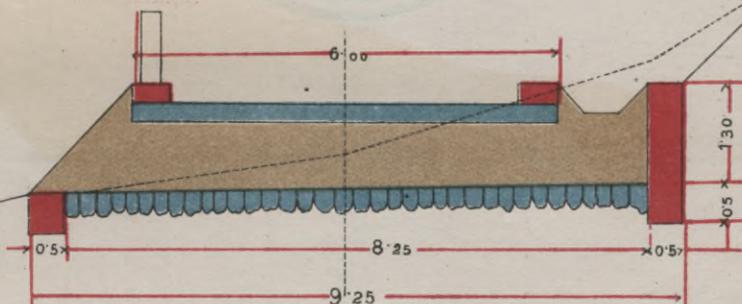
Kanal im aufgedämmten Weg.



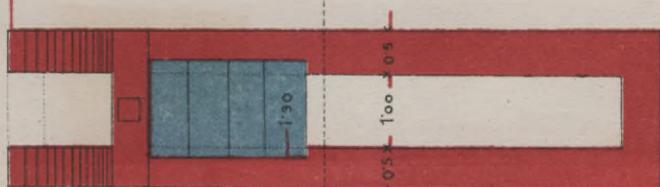
Kanal an einer Berglehne

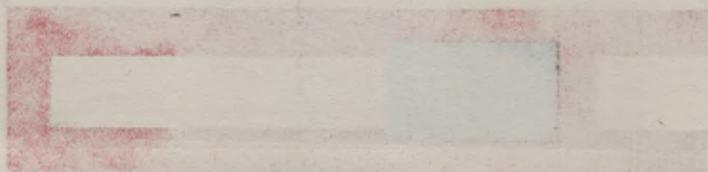
mit Einfallfrichter.

Längsschnitt.



Ansicht von oben und Grundriß.

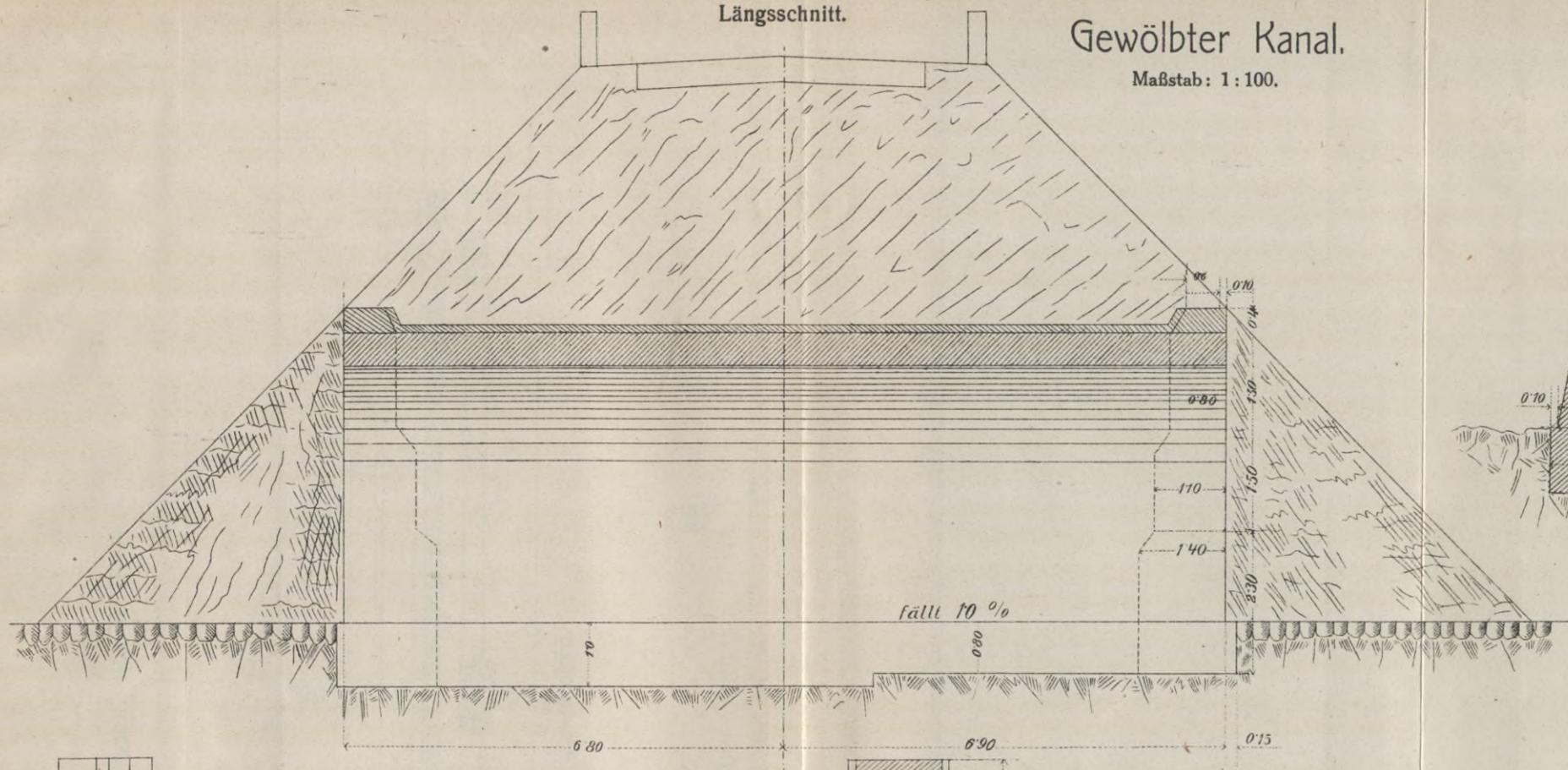




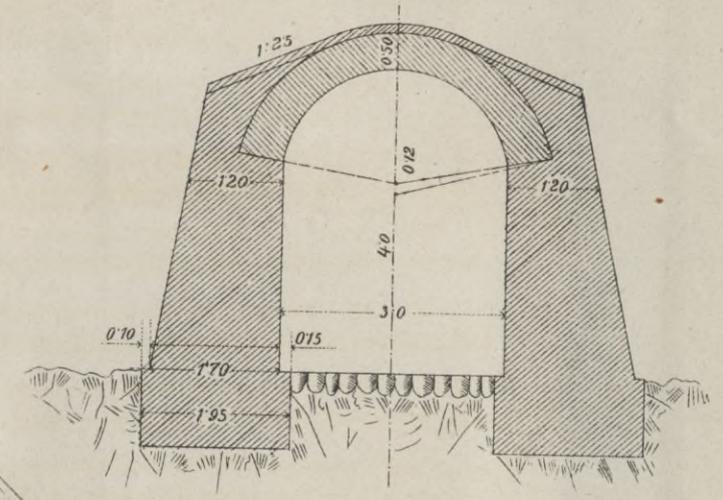
Längsschnitt.

Gewölbter Kanal.

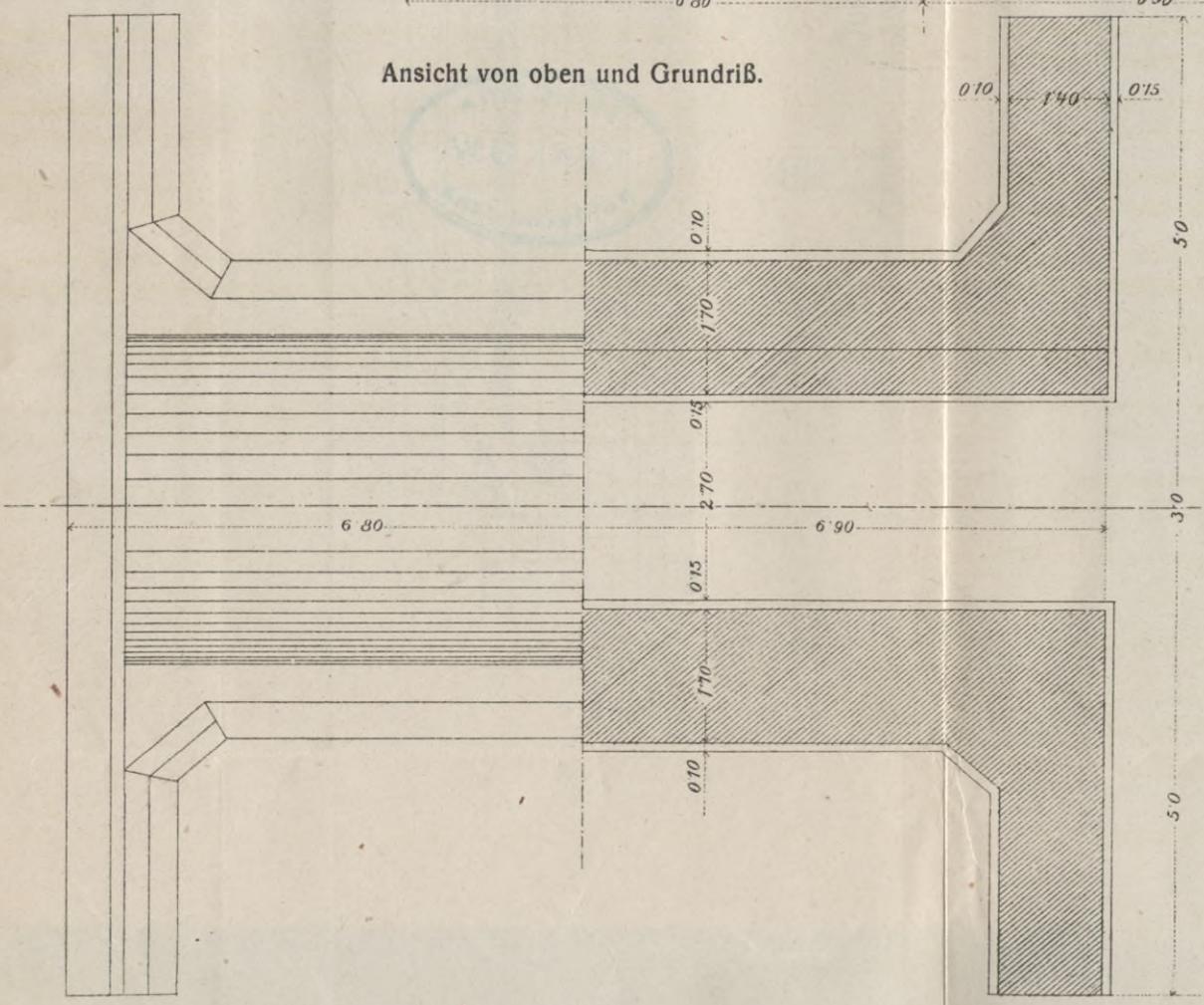
Maßstab: 1:100.



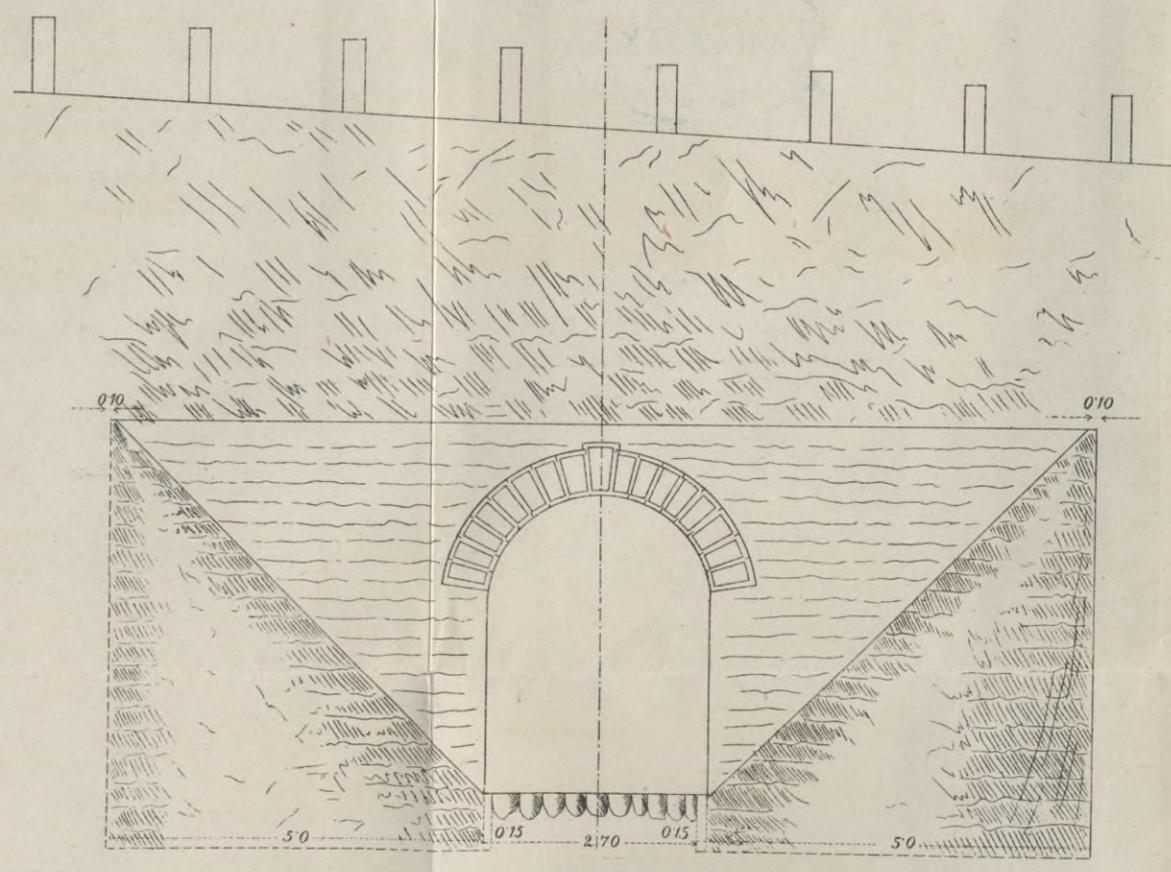
Querschnitt.



Ansicht von oben und Grundriß.

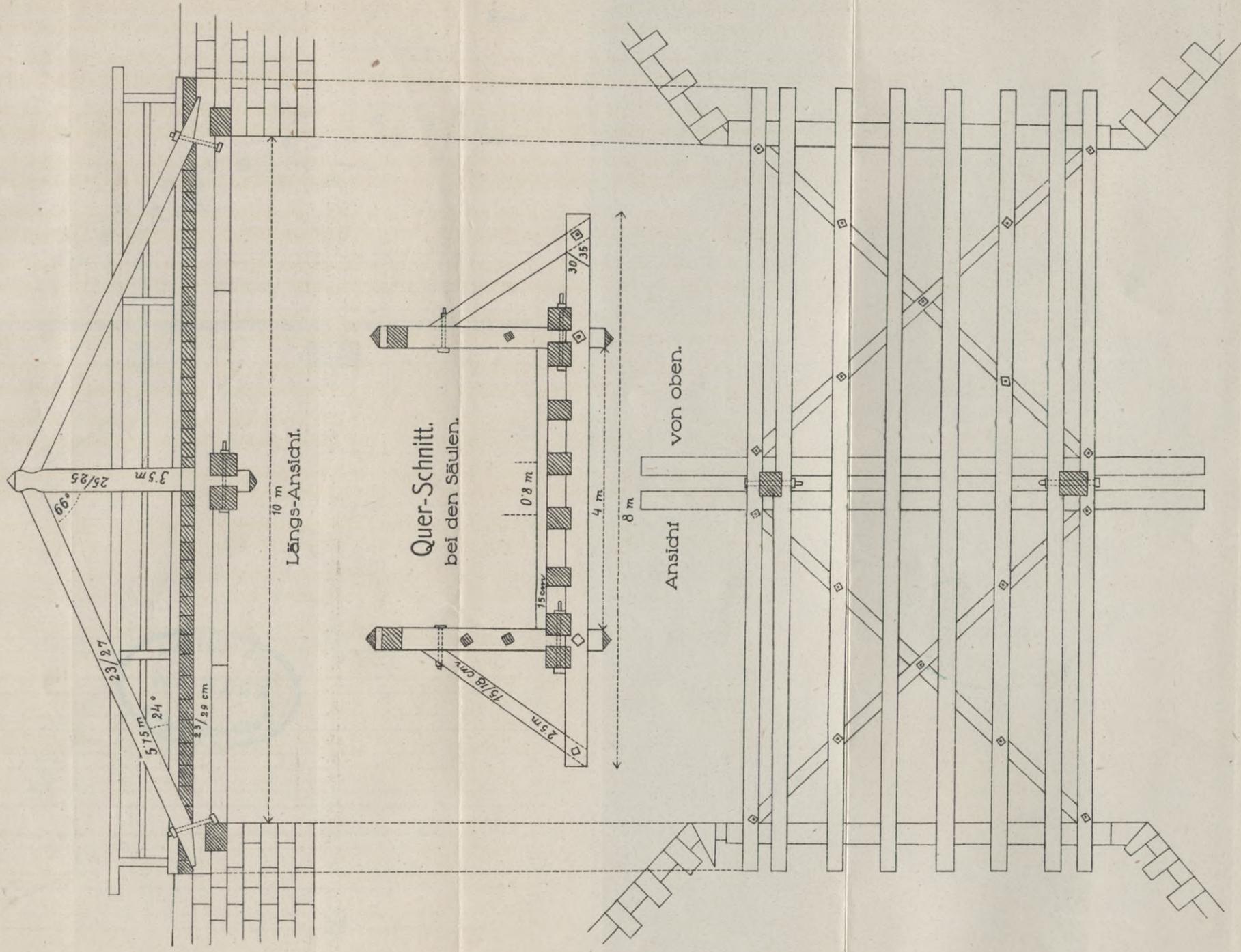


Ansicht des Auslaufes.





Maßstab : 1:75.

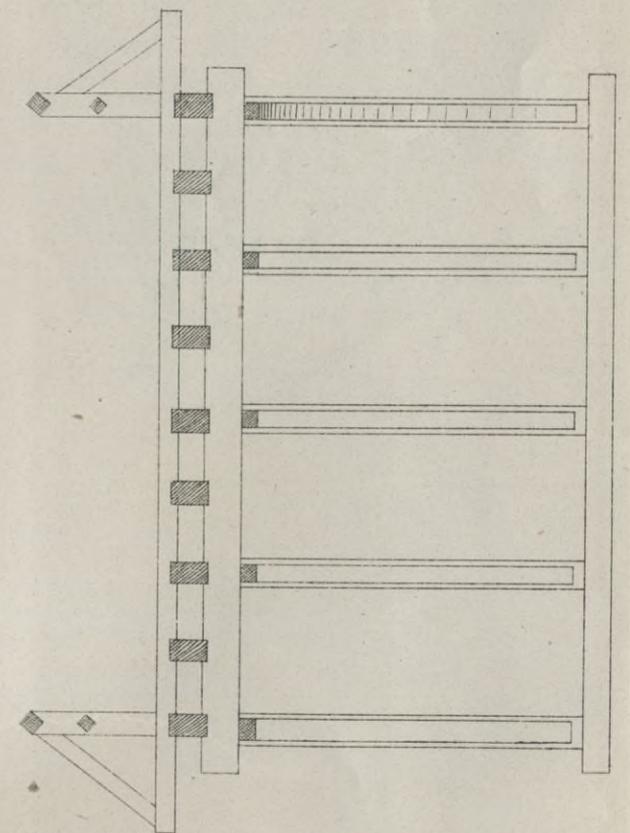
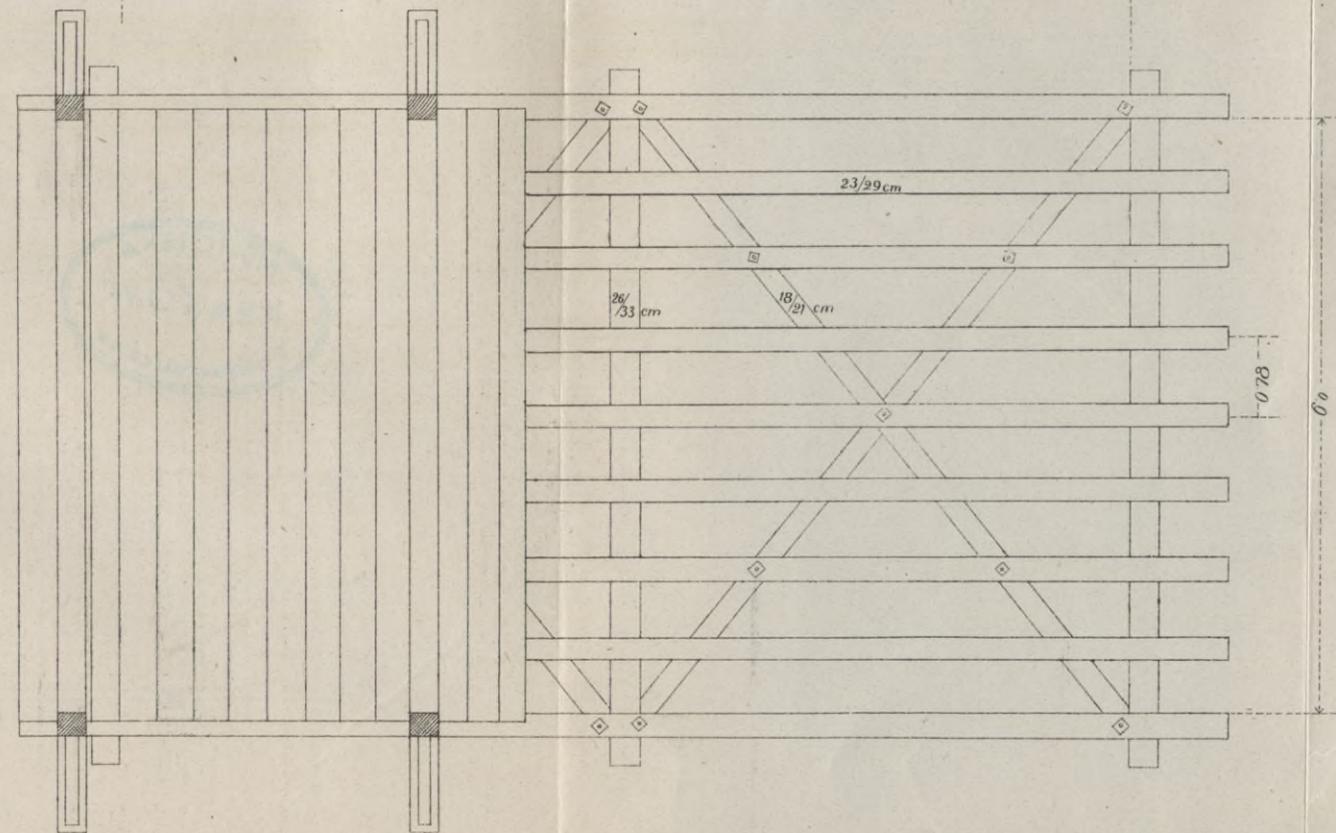
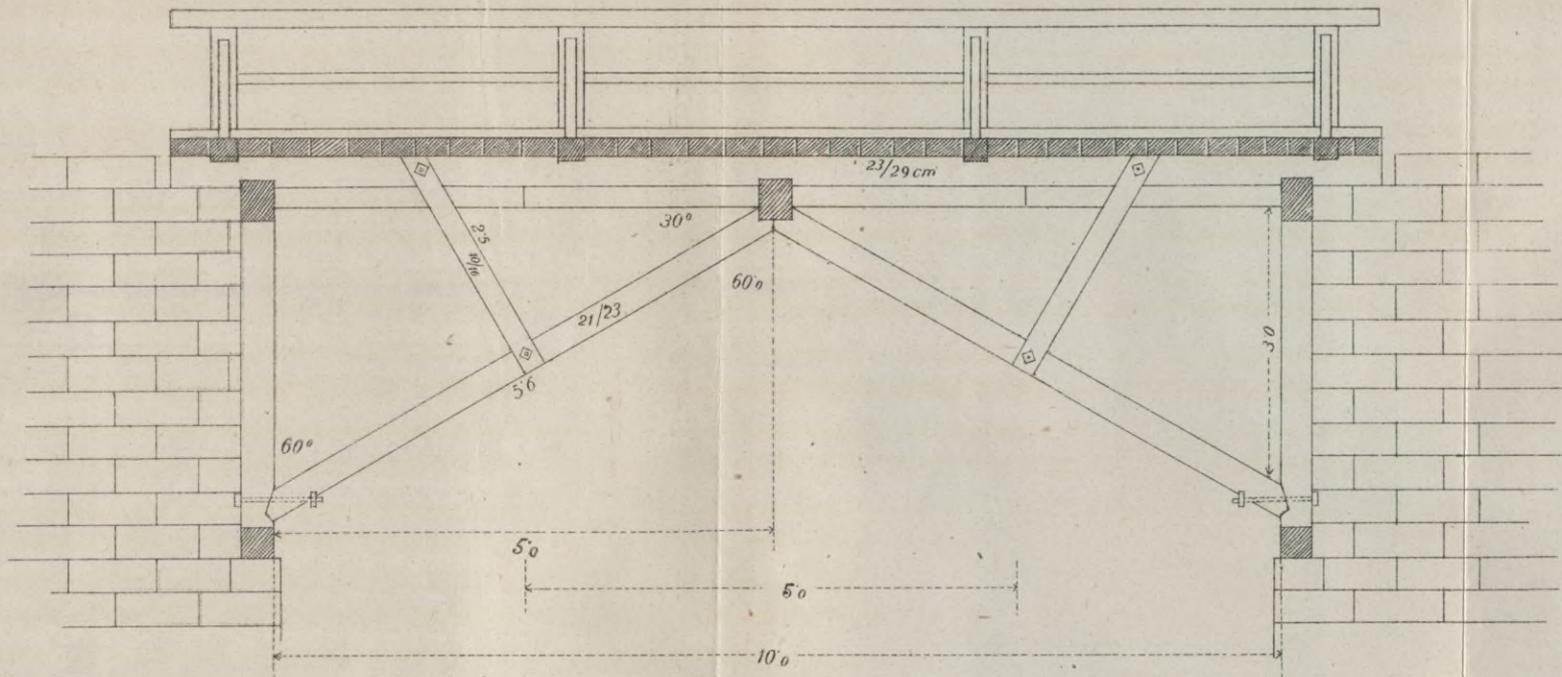






Einfache Sprengwerks-Brücke.

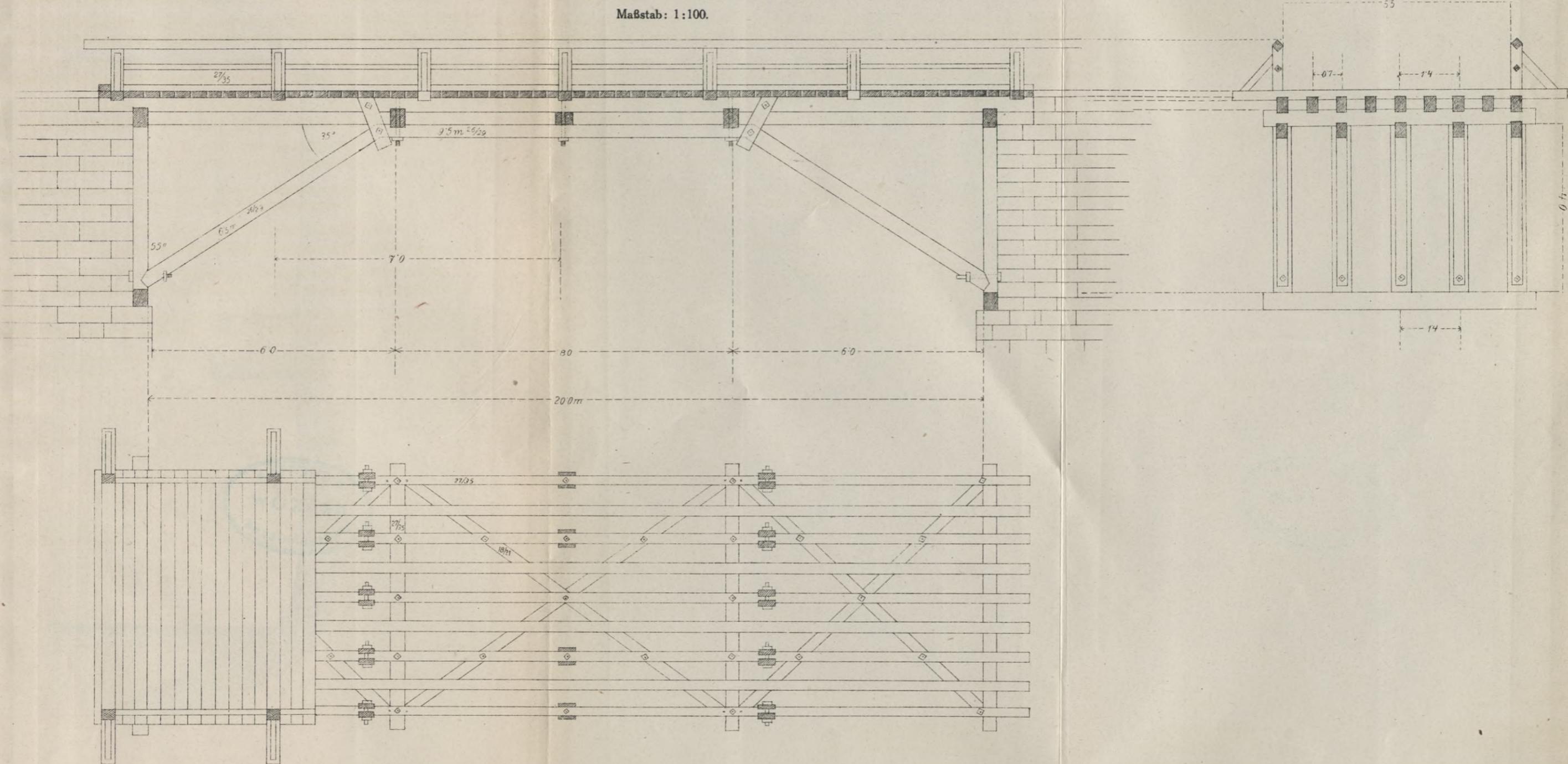
Maßstab: 1:75.



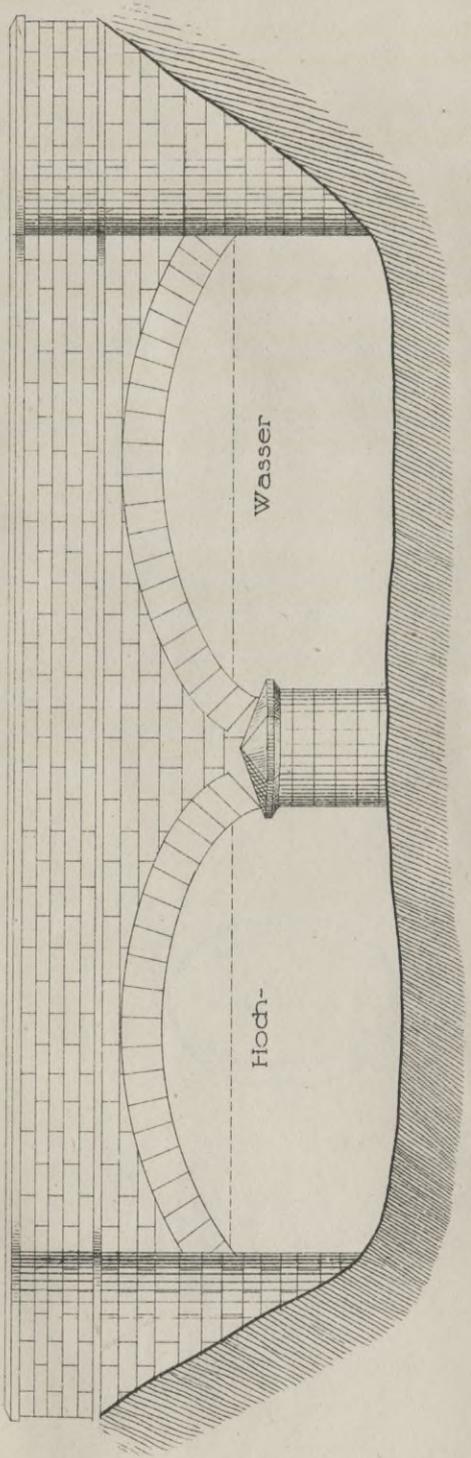


Brücke mit doppeltem Sprengwerk.

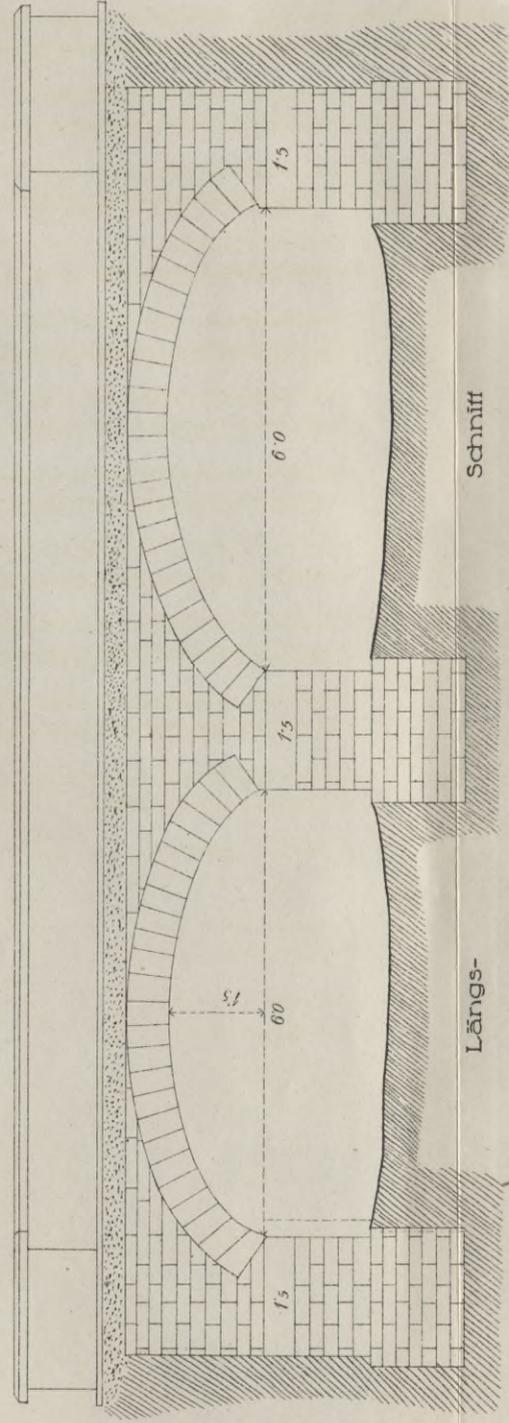
Maßstab: 1:100.





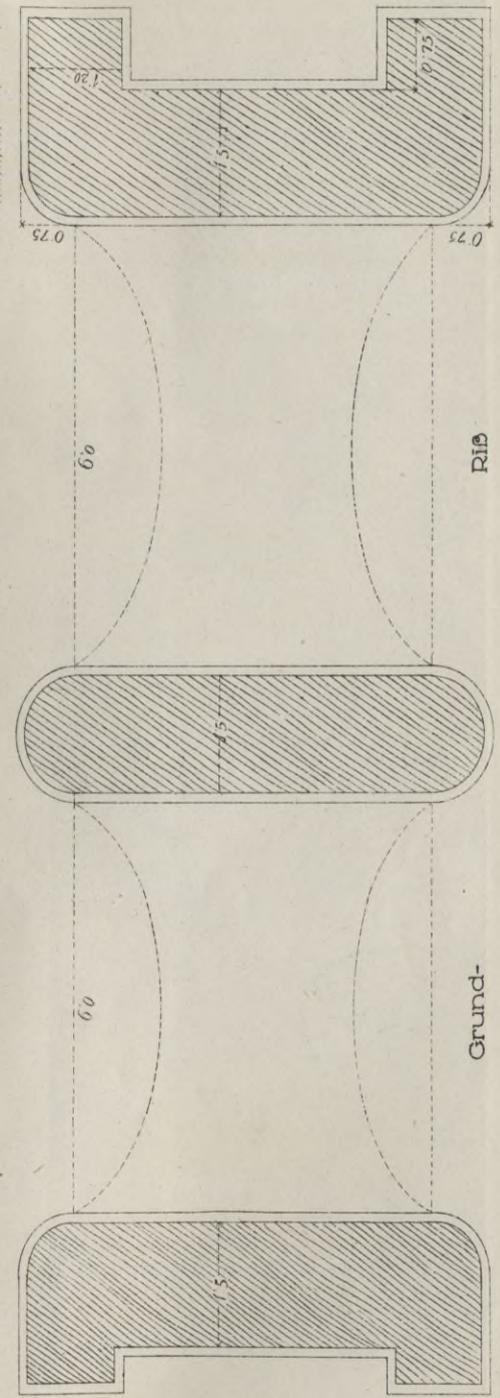


Ansicht.



Längs-

Schnitt



Grund-

Riß



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

 16867
L. inw. _____

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300372