Sect. II. b 156.

00050

/—/ Mgr inż. arch. Malczewski Kazimierz

/—/ Mgr inż. arch. Małczewski Kazimierz

LEHRBUCH

DER

HOCHBAU-KONSTRUKTIONEN.

ZWEITER THEIL.

LEHRBUCH

DER

HOCHBAU-KONSTRUKTIONEN

VON

RUDOLPH GOTTGETREU

ARCHITEKT

ORDENTL. PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN MÜNCHEN.

ZWEITER THEIL.

DIE ARBEITEN DES ZIMMERMANNES.

(HOLZ-KONSTRUKTIONEN.)

MIT EINEM ATLAS VON XXXVI TAFELN
IN FOLIO
UND 475 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

N. 136.

REGIERUNGS BIBLIOTHEK OPPELN

BERLIN.
VERLAG VON ERNST & KORN
(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)
90 WILHELMSTRASSE
(NÄCHST DEM ARCHITEKTENHAUSE.)
1882.

Wojewódzka Biblioteka Publiczna w Opolu
Zbiory Śląskie
21735 S

Wpisano do Księgi Akcesji
Akc. D1 nr 151/2017/26-51

Vorwort.

Der Grund, die Zahl der Lehrbücher über die Hochbau-Konstruktionen noch zu vermehren, wurde bereits im Vorworte im I. Band dieses Werkes eingehend erörtert, und kann sich der Verfasser darauf hinzuweisen beschränken.

Dieser II. Band, welcher die Hochbaukonstruktionen in Holz, oder die Arbeiten des Zimmermannes behandelt, bringt zuerst als Einleitung eine kurze geschichtliche Entwickelung des Holzbaues, dann folgen die eigentlichen Konstruktionen in 6 gesonderten Abschnitten, und wurde hierbei versucht, den bisher in allen anderen Lehrbüchern vielfach durch einander gewürfelten Stoff möglichst systematisch zu ordnen. Besonders ist dies bei der Behandlung der so äusserst verschiedenen Dachkonstruktionen geschehen, wobei der Verfasser überall bestrebt war, das eigentliche Wesen der Konstruktion aus den vorhandenen Bedingungen heraus zu entwickeln; er beschränkte sich dabei nicht auf das blosse Vorführen von einer grösseren Anzahl von möglichen und unmöglichen Dachbindern, welche in buntem Durcheinander oft sehr mangelhaft und ohne alle weitere Erläuterung dargestellt sind, sondern war bestrebt für sämtliche Holzkonstruktionen — von der einfachsten bis zur komplizirtesten Aufgabe — durch systematische Behandlung und möglichst knappgefasste sprachliche Erläuterungen, ein eingehendes Verständnis für dieselben zu ermöglichen.

Ferner ging er von der Ansicht aus, dass es bei allen Holzkonstruktionen wünschenswert sei, für sämtliche Verbindungshölzer von gleichen Funktionen, möglichst übereinstimmende Querschnitts-Dimensionen zu wählen, um bei ihrem Zusammenfügen einen umfassenderen Gebrauch der Holzbearbeitungs-Maschinen, und damit eine möglichst exakte Arbeit zu ermöglichen. Dies möchte um so wünschenswerter erscheinen, als die gegenwärtige Zeit uns leider die Ueber-

zeugung aufdrängt, dass viele der gewöhnlichen Zimmerleute durch den Wegfall all' und jeder Prüfung in ihrem praktischen Können sehr zurückgegangen sind, und dass präzise Arbeit — die conditio sine qua non aller Zimmerer-Konstruktionen — viel schwerer als früher zu erzielen ist.

Der in sehr vielen Lehrbüchern so breit behandelte, mehr gewerkliche Teil der Dachausmittelungen, der Schifftungen, des Treppenwangen-Austragens etc. wurde vom Verfasser nur in soweit in betracht gezogen, wie dies zum Verständnis der Hochbaukonstruktionen notwendig erscheint, dagegen wurde in allen Kapiteln der Theorie dadurch Rechnung zu tragen gesucht, dass das neuere Verfahren der graphischen Statik überall Berücksichtigung gefunden hat.

Auch bei der Bearbeitung dieses II. Bandes hat mein Assistent Herr J. Göllner bereitwilligst mitgewirkt.

Ganz besonders zu Dank verpflichtet fühle ich mich meinem Herrn Verleger gegenüber, welcher nichts unterlassen hat, auch diesen II. Band aufs beste auszustatten. Möge auch dieser Arbeit wohlwollende Aufnahme und nachsichtige Beurteilung zu Teil werden.

München, Ende April 1882.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Geschichtliches über den Holzbau 1

Einleitung

Allgemeines und Ganzholztabelle 26

I. Vom Verbinden der Hölzer:

der Stoss 32
das Blatt (Verblattung) 32
der Kamm (Verkämmung) 34
der Zapfen (Verzapfung) 35
die Versatzung 35
die Klaue oder der Geisfuss 36
die Verzahnung, Verdübelung und Verschränkung 36
Verbindung von Brettern und Bohlen 37

II. Von den Verbindungen der Holzwände:

die Block- und Bohlenwand 38
die Riegel- oder Bundwand, auch Fachwerkswand genannt . . 39
die gesprengte Holzwand 45

III. Die Balkenlagen:

die Etagenbalkenlagen 48
deren Verankerung 51
die Dübbelgebälke 53
die amerikanischen Balkenlagen 53
Fussboden- und Deckenbildung 55
Decken mit sogen. Fehlbalken 61

Querschnitts-Abmessungen der Balken.

Einfache Biegungsfestigkeit gerader prismatischer Balken 62
Tabelle für das Trägheits- und Widerstandsmoment von Holzbalken 67
Die Schub- und Tangentialspannungen 68
Grösste Spannungen 70
Bestimmungen der Einbiegung 72
Balken mit gleichmässig verteilter, und in der Mitte konzentrirter Belastung, mit Tabelle 73
Praktische Bestimmung der Balkenlagen-Stärken 75
Graphische Bestimmung 76
Balken auf zwei Stützen mit beliebiger Belastung 78
Der gefährliche Querschnitt 79
Der kontinuirliche Balken 82
Empirische Formeln, Belastungsgrössen und Festigkeitkoeffizienten 88
Tabelle für die Eigengewichte hölzerner Zwischendecken . . . 89
„ der veränderlichen oder Verkehrslast 90

Seite
Tabelle über die Gewichte der Decken inkl. Nutzlast 90
„ über die Festigkeit der Hölzer gegen Zug, Druck und Schub 91
Zusammengesetzte Biegungsfestigkeit.
Kombination zweier einfacher Biegungen 92
Zusammensetzungen von Biegungen mit Beanspruchungen auf Zug und Druck 94
Die exzentrische Zug- und Druckbelastung 97
Die Knickungsfestigkeit 101
Graphische Darstellung des Knickungskoeffizienten 105
Unterzüge und verstärkte Träger 106
Verzahnte Balken 109
Verdübelte „ 111
Armirte „ 112
Ein Träger aus dem alten Rathause von Amsterdam 114
Das Lawes'sche Balkensystem 115
Bogen-Sprengbalken 116
Fachwerksträger 117
System Home, System Monie 118
Graphische Darstellung der Trägerquerschnitte 121
Bolzenformen bei gesprengten Balken 123
Praktische Ausführung der Balkenlagen 124
Kassettendecke im Königsbau (München) 124

IV. Von den Dächern:
Allgemeines 126

Konstruktion der Dachgerüste:

1. Satteldach mit unterstützten Balkenlagen ohne Kniestock:
Das einfache Satteldach 132
Kehlbalkendächer mit stehendem Stuhl 135
„ mit liegendem Stuhl 139
Verbesserte Konstruktion nach Moller'schem System 143
Pfettendächer mit stehendem Stuhl 145
„ mit Haupttragsparren 148
Statische Berechnung der Dachstühle. 150
Eigengewicht der Dächer, Schnee- und Winddruck 151
Lotrechte Gesamtdachlast in kg pro qm Dachfläche 155
Berechnung des einfachen Sparrendachs 156
„ des Sparrendaches mit Firstpfette 160
„ des Kehlbalkendaches 163
„ des „ mit stehendem Stuhl . . . 165
„ des Pfettendaches mit stehendem Stuhl 167
„ des Kehlbalkendaches mit liegendem Stuhl . . . 171
„ des Pfettendaches mit Haupttragsparren 173
Das Satteldach mit unterstützten Balkenlagen und Kniestock: 173
mit Kehlbalken und stehendem Stuhl 174
„ „ „ liegendem Stuhl 176
Kniestockdächer mit Pfettenkonstruktion 178
Kniedachgerüst mit Pfettenstrebe (Oesterreich) 182
die statische Untersuchung der Kniestockdächer . . 183
Satteldächer mit nicht unterstützten Balkenlagen, (Hängewerke) 185
statische Untersuchung des einfachen Hängewerks 186
„ „ des doppelten „ 187
„ „ des mehrfachen „ 189
„ „ des einfachen Sprengwerks 190
„ „ des vereinigten Häng- und Sprengwerks 192
„ „ des einfachen Hängewerks mit Gegenstrebe 193
„ „ des Pfettendaches mit Hängewerk und Kniestock 193
Konstruktion der Hängewerkdächer ohne Kniestock . . 195
Dächer mit einfachem Bock 197

Seite
Dächer mit zwei Hängesäulen 199
„ „ „ „ und Kehlgebälk 200
„ „ „ „ ohne Kehlgebälk 202
„ mit drei und mehreren Hängesäulen (ältere Konstruktion) 204
„ „ „ „ „ „ (neuere Konstruktion) 206
Theaterdachstühle
vom Münchener Hof- und Nationaltheater 207
„ „ Gärtner-Theater 209
Hängewerke bei älteren Brücken von Paladio etc. 209
Dachstuhl des Exerzierhauses zu Moskau 210
Konstruktion der Hängewerkdächer mit Kniestock . . 211
Satteldächer ohne Balkenlagen:
Bohlendächer 215
Bohlendach nach Moller (Kathol. Kirche in Darmstadt) . . . 218
Bohlenbögen nach Emy und dessen Dachkonstruktion für das Magazingebäude zu Marac 220
Dachstuhl über dem alten Central-Bahnhof in München . . . 221
Polygonale (Ardand'sche) Dächer 222
Dachstuhl über der Fruchthalle in Mainz 224
Hallendächer:
Statische Berechnung und graphische Methode 226
Konstruktion von Dächern über Ladehallen 228
Hallendachkonstruktionen mit eisernen Zugstangen 231
Dachkonstruktion über der Reitbahn in Wiesbaden 234
Kirchendächer:
Historisches 235
Dachstuhl der Abteikirche zu Schwarzach 236
„ über der Dionysiuskirche in Esslingen, Dachgerüst vom Refektorium in Bebenhausen, Dachgespärre über St. Stephan in Mainz, und dem Mittelschiff des Münsters in Freiburg . 237
Dachstuhl der St. Moritzkirche in Rothenburg und der St. Gallus-kirche in Ladenburg 238
Dachstuhl der St. Bartholomäus-Domkirche in Frankfurt a. M. und der Frauenkirche in Esslingen 239
Dachstuhl der Hallenkirche in Schwäbisch-Gmünd 240
„ des Mittelschiffs vom Ulmer Münster und des Chors der Marienkirche in Hanau 241
Dachstuhl der St. Kilians-Kirche in Heilbronn und der Stuttgarter Stiftskirche 243
Dachstuhl der Liebfrauen-Kirche in München 243
Die neueren Kirchendächer:
Kirchendächer über eingewölbte Kirchenräume . . . 245
Dachstuhl der Weissgärber-Kirche 246
„ der protestantischen Kirche in Brünn 247
„ der Mariahilfkirche der Vorstadt Au (München) . . 248
„ der II. protestantischen Kirche in München 250
„ der St. Thomas-Kirche in Berlin 251
Kirchendächer über nicht eingewölbte Kirchenräume:
Dachstuhl mit von unten verputzter Decke 252
„ mit tonnengewölb-artiger Decke 253
Kirchendächer mit von unten sichtbarer Konstruktion:
Dachstuhl der Friedenkirche in Sanssouci und der Basilika von St. Bonifacius in München 254
Dachstuhl der Brigittenauer Kirche 255
„ der Lauenburger Kirche 256
„ über eine von Soller entworfene evangelische Kirche 257
„ der katholischen Kirche in Sarbatowo 258
„ einer reich ausgestatteten Halle 259

2. Pultdächer:
Pultdach ohne Kniestock 259
„ „ „ und Hängewerk 260

Seite
Pultdach mit Kniestock ohne und mit Hängewerk 261
„ als Mansardedach 261
Statische Berechnung der Pultdächer 262

3. Walmdächer:
Ermittelung der Grat- und Kehllinien bei einfachen Bauanlagen 264
„ „ „ „ „ bei komplizirteren Bauanlagen 268
Uebungsaufgaben für Dachausmittelungen 269
Praktische Ausführung der Grat- und Kehlsparren 272
Statische Berechnung der Walmdächer 274
Walmdächer mit stehendem und liegendem Stuhl 277
Uebungsbeispiel für ein Walmdach mit Pfettenkonstruktion . . 278
Walmdach mit windschiefen Flächen 279
„ mit Kniestock und Hängewerk 280

4. Zeltdächer:
Form der Zeltdächer 281
Zeltdach über quadratischem Raum 282
Uebungsbeispiel für ein Zeltdach über rundem Raum 282
Turmdächer älterer Konstruktion 283
„ neuerer Konstruktion 284
Uebungsbeispiel: Turmdach über quadratischem Raum 285
„ „ über achteckigem Raum 286
„ „ von bedeutenden Dimensionen . . 287

5. Mansardedächer:
Allgemeine Form 287
Mansarde-Kehlbalkendächer mit kombinirten liegenden und stehenden Stühlen 289
Mansardedach mit benutzbarem Dachbodenraum 290
„ mit Hänge- und Sprengwerken; Mansarde-Pultdach 291

6 u. 7. Kuppel- und geschweifte Dächer:
Holzkuppeldach mit Bohlenbögen 291
Doppelkuppel; einfache Konstruktion 292
Schutzkuppel über einem massiven Kuppelbau 294
Schutzkuppel nach Schinkels Entwurf (St. Nicolai-Kirche in Potsdam) 295
Glocken- und Zwiebeldächer 296

8. Sheddächer (Parallel- oder Sägedächer):
die Form der Sägedächer; Konstruktion über 3 m Spannweite . 297
Sheddächer über grössere Spannweiten 298
Modifizirtes Sheddach 300

V. Die Dacheindeckungen und Gesimsbildungen in Holz.
Die Dachdeckungsmaterialien 301
1. die Stroh- und Rohrdächer (Schauben- und Lehmstrohdach) . 302
2. Holz-Schindel- und Bretterdächer 302
3. die gewöhnlichen Ziegeldächer 303
das einfache Splinddach; das Doppeldach 304
das Kronen- oder Ritterdach 305
das Pfannendach 306
das Krempziegel- und italienische Dach 307
das alt-griechische Tempeldach 308
Falzziegeldächer 308
4. Schieferdächer, deutsche Deckung (Thonschiefer). 310
„ englische Deckung 311
Kalkschieferdachungen 312
5. Metalldächer
Dächer aus Gusseisen und aus glattem Tafelblech 313
„ aus Wellenblech und verzinktem Blechschiefer 314
Kupfereindeckung 314
Zinkeindeckung 315

Seite
6. Asphalt-, Theer- und Dachpappedächer 316
7. Glasdächer 318
8. Cementdächer (Holzcement) 322
Von den Dachrinnen und Dachgesimsen 324

VI. Treppen.

Allgemeines 330
Speziellere Konstruktion: Leitertreppen 333
Treppen mit eingelassenen Stufen 334
Treppengeländer 335
Wangentreppen mit aufgesattelten Stufen 336
Treppen mit Blockstufen 338
Konstruktion ganzer Treppenanlagen:
gerade gebrochene Treppe mit und ohne Podest 339
gebrochene Treppe mit Krümmling 340
Wangen-Abwickelung und deren Korrektur 341
der Verhältnisteiler 343
Verbindung der einzelnen Wangenteile 344
Uebungsbeispiele für eine einfache gewundene, und eine zweiarmig gestemmte Wangentreppe 345
Uebungsbeispiel für eine aufgesattelte, dreiarmig gebrochene Treppe mit 2 Podesten 346
Treppen mit voller Spindel 347
Wendeltreppen mit hohlen Spindeln 348
Uebungsbeispiel für eine Wendeltreppe mit elliptischer Grundform 349
Anhang
Eine gewundene Treppe aus geraden Stücken bestehend . . . 350

Inhaltsverzeichniss

des dem zweiten Teile der Hochbau-Konstruktionslehre von R. Gottgetreu beigegebenen Atlas.

Tafel I. **Zu geschichtlichen Entwickelung des Holzbaues.**
Fig. 1: Felsengrab von Beni-Hassan; Fig. 2 und 3: Felsengrab von Antiphellos; Fig. 4, 5, 6, 7: Lykische Bauernhäuser; Fig. 8: russisches Bauernhaus; Fig. 9: russisches Herrschaftshaus; Fig. 10: Portal einer russischen Kirche; Fig. 11: russisches Giebeldach mit Bohlenbögen.

Tafel II. **Zur geschichtlichen Entwickelung des Holzbaues.**
Fig. 1: Schirmdach von Pouzzoles; Fig. 2: Dachwerk des toskanischen Tempels; Fig. 3: die Brücke Sublicius über den Tiber zu Rom; Fig. 4: die Brücke Cäsars über den Rhein; Fig. 5: die Brücke des Trajan über die Donau; Fig. 6: Dachstuhlbinder der vatikanischen Basilika; Fig. 7: Dachstuhl der Kirche St. Maria maggiore in Rom.

Tafel III. **Zur geschichtlichen Entwickelung des Holzbaues.**
Fig. 1: Ratskeller und Kaufhaus in Halberstadt; Fig. 2, 3, 4: Details; Fig. 5: vom bischöflichen Marstall; Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13: Details; Fig. 14: vom Schulhof zu Halberstadt; Fig. 15: Fachwerk aus dem Jahre 1669; Fig. 16: Detail.

Tafel IV. **Zur geschichtlichen Entwickelung des Holzbaues.**
Fig. 1 und 1a: Holzkirche in Norwegen; Fig. 2: das hohe Haus zu Wolfenschiessen; Fig. 3: Bauernhaus Rosswiesli; Fig. 4: das Pfarrhaus in Steinen; Fig. 5: der Meierhof bei Hoengg; Fig. 6: Bauernhaus zu Schirmensee.

Tafel V. **Zur geschichtlichen Entwickelung des Holzbaues.**
Fig. 1 und 2: Details von den Blockspeichern zu Bärau und Langau; Fig. 3: Stützenanordnung der Lauben; Fig. 4: Details einer Bohlenwand; Fig. 5: Detail vom Hause Fallet in Bergau; Fig. 6 und 7: Details von einem Blockhause; Fig. 8: Detail vom Dache der Mühle zu St. Moritz; Fig. 9: Detail vom Kässpeicher in Böningen; Fig. 10, 11, 12: Details von Eckverbänden bei Schweizer-Blockhäusern; Fig. 13: Stütze mit Unterzug und Sattelholz.

Tafel VI. **Holzverbindungen.**
Fig. 1, 2: der gerade und schräge Stoss; Fig. 3, 4: Stoss mit eingesetztem geraden und schräg geschnittenem Stück; Fig. 5, 6: Stoss mit eingesetztem geraden und schräg geschnittenem Haken; Fig. 7: Stoss mit eingesetztem Haken und Keil; Fig. 8: Stoss mit Verbolzung; Fig. 9: Stoss mit Verklammerung; Fig. 10: das gerade Blatt; Fig. 11: das gerade Blatt mit schrägen Schnitten; Fig. 12: das schräge Blatt; Fig 13: das gerade Hakenblatt; Fig. 14: das gerade Hakenblatt mit schrägen

Schnitten; Fig. 15: das gerade Hakenblatt mit schrägen Schnitten und Keilen; Fig. 16 und 17: das schräge Hakenblatt ohne und mit Keil; Fig. 18 und 19: das gerade und schräge Blatt bei Verbindungen von Quer- und Langholz; Fig. 20, 21, 22: schwalbenschwanzförmige Blätter; Fig. 23: Schwalbenschwanzblatt mit Brüstung; Fig. 24: Eckhakenblatt; Fig. 25: überschnittenes gerades Blatt; Fig. 26: überschnittenes gerades Blatt mit beiderseitiger Brüstung; Fig. 27: angeblattetes Winkelband; Fig. 28: Verkämmungen zwischen Rahmholz, Balken und Saumschwelle; Fig. 29 und 30: Doppelkamm und Kreuzkamm; Fig. 31, 32, 33: der gewöhnliche, der geäxelte und der schräge Zapfen; Fig. 34 und 35: Brustzapfen; Fig. 36 und 37: Jagdzapfen und schwalbenschwanzförmiger Zapfen.

Tafel VII. **Holzverbindungen.**
Fig. 38, 39, 40, 41: Grund-, Blatt-, Doppel- und doppelte Blatt-Zapfen; Fig. 42 und 43: einfache Versatzung ohne und mit Zapfen; Fig. 44 und 45: doppelte Versatzung ohne und mit Zapfen; Fig. 46: Klaue oder Geisfuss; Fig. 47, 48, 49, 50: Verklauungen verschiedener Art; Fig. 51: die Verzahnung; Fig. 52: die Verdübelung; Fig. 53: die Verschränkung. Bretterverbindungen; Fig. 54 und 55: Falzung und Spundung; Fig. 56: Spundung auf Feder und Nut; Fig. 57: Spundung mit gesonderter Feder; Fig. 58 und 59: runde Zapfen und Dübel; Fig. 60 und 61: überschobene Füllung, und eingeschobene Füllung auf Feder und Nut; Fig. 62 und 63: aufgesetzte Kehlstösse und Kehlstösse in der Nut; Fig. 64 und 65: Eckzapfen und Mittelzapfen; Fig. 66, 67, 68: Verzinkungen; Fig. 69, 70, 71, 72: Aufblattung, stumpf-zusammengeschlitzte Ecke, Gehrungsblatt-Zapfen, zusammengeschlitzte Gehrung.

Tafel VIII. **Riegel- oder Fachwerkswände.**
Fig. 1a, 1b, 1c: einfacher Fachwerksbau; Fig. 2a, 2b, 2c: dekorativer Fachwerksbau.

Tafel IX. **Diagramm zur Bestimmung der Höhe freiaufliegender Holzbalken.**

Tafel X. Fig. 1: **Graphische Darstellung des Knickungs-Koeffizienten**; Fig. 2, 3, 4, 5: **graphische Bestimmung der Maximalmomente** für frei auf zwei Stützen aufliegende Träger und beliebige Belastungen.

Tafel XI. **Anordnung von Etagen-Balkenlagen.**
Fig. 1, 2, 3, 4: Balkenlage über regulär-rechteckigem Raum; Fig 5 und 6: Balkenlagen über irregulaire Räume.

Tafel XII. **Verschiedene Träger aus Holz.**
Fig. 1 und 2: verzahnte Träger mit gleich-langen und ungleich-langen Zähnen; Fig. 3: gesprengter Träger; Fig. 4: armirter Träger; Fig. 5: armirter und verzahnter Träger; Fig. 6: Träger aus dem Rathaussaale zu Amsterdam; Fig. 7: Träger mit Sprengstreben und Hängewerk; Fig. 8: Fachwerksträger; Fig. 9: Lawes'scher Träger; Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17: verschiedene Bolzenformen.

Tafel XIII. Fig. 1, 2, 3: **Kassettirte Saaldecke mit doppeltem Bogensprengbalken**; Fig. 4: Detail vom Bogensprengbalken.

Tafel XIV. Fig. 1 bis 10: **Einfaches Kehlbalkendach mit doppelt stehendem Stuhl** (ältere und neuere Konstruktion) und den dazu gehörigen Details.

Tafel XV. Fig. 1 bis 10: **Einfaches Pfettendach mit doppelt-stehendem Stuhl** (ältere und neuere Konstruktion) und den dazu gehörigen Details.

Tafel XVI. Fig. 1 bis 8: **Satteldächer mit unterstützten Balkenlagen ohne Kniestock** (ältere und neuere Konstruktion) und den dazu gehörigen Details.

Tafel XVII. **Satteldächer mit unterstützter Balkenlage und Kniestock.**
Fig. 1 bis 8: Kehlbalkendächer mit doppelt-stehendem und liegendem Stuhl (ältere Konstruktion) und der dazu gehörigen Details.

Tafel XVIII. Fig. 1 bis 9: **Pfettendächer mit Kniestock** und unterstützter Balkenlage, mit Details.

Tafel XIX. Fig. 1 bis 6: **Pfettendach mit liegendem Stuhl** (in Oesterreich übliche Konstruktion) nebst Details.

Tafel XX. Fig. 1 bis 8: **Satteldächer mit nicht unterstützter Balkenlage** nebst Details.

Tafel XXI. **Hängewerke mit sehr grossen Spannweiten.**
Fig. 1 und 1a: Dachbinder vom Hof- und Nationaltheater in München; Fig. 2: Dachbinder vom neuen Gärtner-Theater in München; Fig. 3 und 3a: Dachbinder der Reitschule in Moskau.

Tafel XXII. **Bohlenbogen-Dächer.**
Fig. 1, 2, 3: Dachstuhl nach Emy mit Detail; Fig. 4 und 5: Dachstuhl über dem alten Central-Bahnhof in München.

Tafel XXIII. Fig. 1 bis 6: **Hallendach mit Häng- und Sprengwerk** nebst Details.

Tafel XXIV. Fig. 1 bis 6: **Hallendach mit doppeltem Hängewerk** nebst Details.

Tafel XXV. **Kirchendachstühle.**
Fig. 1 und 2: Dachstuhl der Weissgärber-Kirche in Wien; Fig. 3 und 4: Dachstuhl der Brigittenauer Kirche in Wien; Fig. 5 und 6: Dachstuhl nach Stüler.

Tafel XXVI. Fig. 1, 2, 3: **Dachstuhl der evangelischen Kirche in Brünn.**

Tafel XXVII. Fig. 1, 2, 3: **Dachstuhl**, entworfen für die II. protestantische Kirche in München.

Tafel XXVIII. Fig. 1, 2, 3: Dachstuhl der Kirche zu Bensheim.

Tafel XXIX. **Kirchendachstühle.**
Fig. 1: von einer evangelischen Kirche nach Soller; Fig. 2. 3, 4: von der Friedenskirche in Sanssouci; Fig. 5, 6, 7: von der Kirche zu Lauenberg.

Tafel XXX. **Kirchendachstühle.**
Fig. 1, 2, 3: Dachstuhl nach Busse; Fig. 4, 5, 6: Dachstuhl nach Soller.

Tafel XXXI. Fig. 1 bis 6: **Dachausmittelungen** (komplizirterer Art).

Tafel XXXII. Fig. 1 bis 7: **Walmdach mit Wiederkehr und stehendem Stuhl** mit Details.

Tafel XXXIII. Fig. 1 bis 6: Walmdach mit Hängewerk; Fig. 7 und 8: Zeltdach über kreisrundem Raum.

Tafel XXXIV. **Turm- oder Pyramidendächer.**
Fig. 1 bis 2c: Turmdach über quadratischem Grundriss; Fig. 3 bis 4d: Turmdach über regulär-achteckigem Grundriss; Fig. 5 bis 7e: Turmdach mit Haupttragsparren nebst Detail.

Tafel XXXV. **Treppenkonstruktion.**
Fig. 1 bis 4: einmal gebrochene und gewundene Treppe mit geraden Armen; Fig. 1a und 2a: zweiarmige gerade gestemmte Wangentreppe mit Details.

Tafel XXXVI. **Holztreppen mit aufgesattelten Stufen.**
Fig. 1 bis 5: freitragende doppelt gebrochene Podesttreppe mit Details; Fig. 6 und 7: elliptisch gewundene Treppe.

Die beigegebenen und in den Text eingebundenen lithographirten Tafeln enthalten:

Tafel I A. Fig. 1: Dachstuhl der Abteikirche zu Schwarzach.
„ 2: „ der Dionysius-Kirche in Esslingen.
„ 3: „ vom Refektorium in Bebenhausen.
„ 4: „ über dem Querschiffe der St. Stephans-Kirche in Mainz.
„ 5; „ über dem Mittelschiff des Münsters in Freiburg.
„ 6: „ der Moritz-Kirche zu Rottenburg.
„ 7: „ der Gallus-Kirche in Ladenburg.
„ 8: „ der Bartholomäus-Kirche in Frankfurt a. M.
„ 9: „ des Esslinger Münsters.

Tafel II B. Fig. 10: Dachstuhl der Hallen-Kirche in Schwäbisch-Gmünd.
„ 11: „ über dem Mittelschiffe des Ulmer Münsters.
„ 12: „ über dem Chore der Marienkirche in Hanau.
„ 13: „ der St. Kilians-Kirche in Heilbronn.
„ 14: „ der Stiftskirche in Stuttgart.
„ 15: „ der Liebfrauen-Kirche in München.

Litteratur.

Dahl, J. C. C., Denkmale einer sehr ausgebildeten Holzbaukunst Norwegens. Dresden 1837.

Gladbach, E., die Holzarchitektur der Schweiz. Zürich 1867.

Lehfeldt, Dr. P., die Holzbaukunst. Berlin 1880.

Choisy, A., L'art de bâtir chez les Romains (la Construction en charpente). Paris 1873.

Geier, Dr. Fr. X., Holzverbindungen Deutschlands. Mainz 1841.

Mitterer, H., die deutsche Zimmerwerkskunst. München 1825.

Wolfram, L. F., Darstellung der Zimmerbauwerke. Stuttgart (?).

Romberg, J. A., die Zimmerwerksbaukunst in allen ihren Teilen. Glogau. (?)

Winter, M., die Dachkonstruktionen nach den verschiedensten Formen und Bedingungen. Berlin. (?)

Hittenkofer, neuere Dachbinder. Leipzig. (?)

Müller, H., die Hauszimmermannskunst. Leipzig 1858.

Grellmann, C. F., Lehrbuch der praktischen Zimmerkunst. Leipzig 1858.

Harres, B., Die Schule des Zimmermanns. Leipzig 1869.

Promitz, J., Der praktische Zimmermann. Halle 1870.

Behse, Dr. W. H., Abhandlung über die Treppen in Holz. Weimar 1873.

Wanderley, G., Die Konstruktionen in Holz. Halle 1877.

Kraft, J. Chr., Plans, Coupes et élévations de div. production de l'arts de la charpente. Paris 1805.

Emy, A. R., Traité de l'art de la charpenterie. Liège 1841.

Aubineau, M., Grosses Treppenwerk; deutsch von A. W. Hertel. Weimar 1857.

Stövesandt, C. H., Prakt. und theor. Handbuch der Treppenbaukunst. Berlin. (?)

Ardant, P., Sprengwerke von grossen Spannweiten; deutsch von A. v. Kaven. Hannover 1847.

Rebhann, G., Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen. Wien 1855/56.

Frauenholz, W., Baukonstruktionslehre für Ingenieure: II. Band: Holzkonstruktionen. München 1876.

Ott, K. v., Vorträge über Baumechanik

Holzhey, E., Vorträge über Baumechanik.

Bauschinger, J., Elemente der graphischen Statik. München 1880.

Vorlegeblätter für Zimmerleute, herausgegeben von der k. techn. Baudeputation. Berlin.

Vorlegeblätter der Baugewerkschule in Holzminden 1857.

Geschichtliches.

Die Kunst, das Holz zu technischen und künstlerischen Zwecken zu verarbeiten, reicht tief bis in die Sagenzeit, in welcher Dädalus, der mythische Stammvater des Dädalidengeschlechts, als Architekt, Bilderschnitzer und Techniker göttliche Verehrung genoss und für den Erfinder der Setzwage, der Axt, des Bohrers und auch des Leims gehalten wurde. Sein Schüler Talos, dem die Erfindung der Säge und der Töpferscheibe zugeschrieben wird, wurde von seinem eifersüchtigen Meister — der Sage nach — ermordet. Aus Homers Gesängen, welche dem IX. Jahrhunderte v. Chr. entstammen, geht hervor, dass die Kunst der Holzschnitzerei auf hoher Stufe stand; unter vielem Andern besingt der Altvater der Poesie die geschnitzten Götterstatuen der Athene und des Apollo, ferner erfahren wir, sowohl aus der Ilias wie auch aus der Odyssee, von reich eingelegten Arbeiten, bei welchen edle Metalle, Elfenbein, Bernstein etc. zur Anwendung gebracht waren; auch kunstvoll gedrechselte mit Reliefschnitzereien versehene Hausgeräte werden erwähnt, die in einzelnen Teilen mit Gold- oder Silberblech umhüllt waren.

Es deutet dies ohne allen Zweifel auf syro-phönikische Einflüsse hin, die sich auch in der früh israelitischen Kunst in hohem Grade geltend machten; in letzterer Beziehung ist ja nachgewiesen, dass die von Moses in die Wüste mitgeführte Stiftshütte von 11, beziehungsweise 21 säulenartigen Zeltstangen aus Akazienholz umgeben war, welche in einer Höhe von 5 Ellen mit silbernen Knäufen geschmückt, in bronzenen Basengestellen standen. Noch reicher und kunstvoller aber war die Bundeslade ausgestattet; ein goldüberzogener Schrein von Akazienholz $2^1/_2$ Ellen lang, $^1/_2$ Elle breit und hoch, war sie mit zwei beständig in goldenen Ringen steckenden Tragstangen versehen. Auf dem Deckel befanden sich zwei in Holz geschnitzte Cherubim-Gestalten, die mit Goldblech — wie auch das goldene Lamm — überzogen waren.

Die kunstgeübten Phönizier selbst finden wir nach biblischer Ueberlieferung auch beim Tempel Salomonis thätig, und war es der König von Tyrus, Hyram, der 10 000 Zimmerleute nach Jerusalem entsendete, um unter seiner eigenen Leitung den Riesenbau ausführen zu lassen.

Die Hauptthore des Tempels wurden aus Olivenholz mit reichen Schnitzereien ausgestattet und gaben im inneren Tempelraume 2 kolossale Cherubim-Gestalten dem höher stehenden Künstler Gelegenheit, seine Kunstfertigkeit an idealen Gestalten zu erproben.

Neben solchen schriftlichen Ueberlieferungen fehlt es uns aber durchaus nicht an faktischen Beweisen, wie frühzeitig das Holz sowohl zum Bauen, als

auch zur Herstellung von anderweitigem künstlerisch ausgestattetem Hausgeräte Verwendung gefunden hat.

So wurden in der ältesten uns bekannten ägyptischen Pyramide, der des Cheops (3124—2840 v. Chr.), die Reste eines hölzernen mit eingeschnittenen Hieroglyphen bedeckten Mumienkastens entdeckt, während an den ältesten ägyptischen Steinsärgen sich häufig Reliefe befinden, welche das Lattengefüge von Holz täuschend auf den Stein übertragen haben.

In analoger Weise findet sich auch an einem Felsengrabe von Beni-Hassan (Tafel I, Fig. 1) mutmasslich aus der Zeit zwischen 2380—2117 v. Chr. das Vorbild einer Lattenholzdecke in nicht zu verkennender Art in Stein gehauen und lassen sich ähnliche Nachbildungen von Holzkonstruktionen in Stein übertragen auch an erhaltenen Felsengräbern in Persien, so am Felsengrabe des Darius nachweisen.

Auch die Grottenbauten Indiens verraten eine frühzeitig gepflegte Holzarchitektur, ihre Decken sind dem Holzgebälke nachgebildet, während die stützenden Steinpfeiler das Gepräge der Holzkonstruktion unter häufiger Verwendung von Sattelhölzern auf das ausgesprochendste erkennen lassen.

Als geschichtliche Zeugen für die frühzeitige Verwendung des Holzes zu Wohnstätten möchten die in so vielen Seen gefundenen Ueberreste von Pfahlbauten gelten; die ältesten Nachrichten hierüber entstammen dem frühesten Altertume und reichen bis in das X. Jahrhundert v. Chr. Wand-Darstellungen an einem, von der ägyptischen Königin Hatasu erbauten Hause lassen uns die Einwohner des Puntlandes (in der Nähe von Gardafui) in ihrem Treiben erkennen, und von Herodot*) erfahren wir, dass eine Stadt in Thracien auf hohen Pfählen in Mitten des Sees Prasias gelegen war, die nur durch eine schmale Brücke mit dem Festlande in Verbindung stand, und so vor den Angriffen des persischen Heerführers Megabyzos erfolgreich geschützt erschien.

Von der ausgebildeten Technik der Hellenen im Holzbaue ist uns wenig erhalten, wohl aber weisen eine grosse Anzahl plastischer Grabfaçaden in den felsigen Landschaften Lydiens, Phrygiens und Lykiens auf die Art und Weise hin, wie man zur damaligen Zeit in Holz konstruirte. An den dortigen Felsengräbern findet man die getreuesten Nachbildungen von aus Holz gezimmerten Hütten, die man wohl Blockhaus- oder Fachwerksgräber nennen darf, je nachdem sie aus unbehauenen Baumstämmen, oder aus hölzernem Riegelwerk hergestellt erscheinen. Am überraschendsten ist dies an den Felsengräbern von Mira und Antiphellos in Lykien ersichtlich.

Bei diesen Grabfaçaden wurde der Holzbau bis in alle Details, der Traghölzer, der Querriegel mit ihren Verkämmungen, Zapfen und Nagelung, dann der Decken aus runden Stangenhölzern in so exakter Nachbildung und mit so grossem Geschick in den Felsen eingemeisselt, dass man — wie Dr. Reber in seiner Kunstgeschichte des Altertums sagt — danach das Wohnhaus eines lykischen Aelplers aus Holz mit aller Sicherheit rekonstruiren kann; aus der versteinten Kopie, die merkwürdiger Weise mit der Hütte der jetzt lebenden Lykier nicht zu leugnende Aehnlichkeit hat, lässt sich das vor zweitausend Jahren verwitterte Vorbild des lykischen Holzbaues ohne alle Mühe wieder herstellen. Ein solches Fachwerksfelsengrab ist auf Tafel I, Fig. 2 und 3 in Vorder- und Seitenansicht wiedergegeben**), während die Figuren 4, 5, 6, 7

*) Herodot lib. V, cap. 15 et 16.

**) Journal written during an Excursion in Asia Minor by Charles Fellows. London 1838. (Lycia S. 234.)

lykische Bauernhäuser darstellen, wie sie wohl heutigen Tages noch zur Ausführung gelangen*). Mit einiger Phantasie erkennt man in diesen primitiven Konstruktionen den späteren griechischen Tempelbau mit allen seinen Elementen, und bewahrheitet sich, was Vitruv zu dem Ausspruch veranlasste: „Dass von dem Balkenwerk der Zimmerleute die Künstler beim Baue von Tempeln in Stein und Marmor die Formen in ihrer Steinmetzarbeit nachgeahmt und jene Erfindungen verfolgen zu müssen geglaubt haben; wie z. B. die Sparrenköpfe (mutuli) das Bild der Sparrenköpfe in sich tragen, so enthält der Zahnschnitt die Nachahmung der Latten."

Die primitivste Bauart hat sich nach Vitruv, im Gegensatze zu den gebildeteren Nationen, bei den auswärtigen Völkern, wie in Gallien, Spanien, Lusitanien und Aquitanien lange Zeit durch erhalten. Da aber, wo Ueberfluss an Waldungen war, wie z. B. bei den Kolchiern im Pontus, da bildete sich schon frühzeitig der Blockhausbau aus, wie wir ihn noch heute in den Gebirgsländern der Schweiz und Deutschlands, in Russland, Norwegen etc. in Uebung finden. Dass in analoger Weise wie die Lykier auch die Griechen, jedoch ausgerüstet mit dem feinsten Formengefühl ihre grossartigen Tempelbauten unter der Reminiscenz der früher von ihnen ausgeführten Holzbauten geschaffen haben, findet seine unzweifelhafte Bestätigung auch in den Schriften von Herodot, Diodor, Pausanias und anderen. So erwähnt der letztere das Vorhandensein von Eichensäulen im Tempel der Hera zu Elis**). Eine andere Säule von Eichenholz, die des Oinomaos, war in demselben Tempel unter einem Dache, das von vier Säulen getragen wurde, aufgestellt, und wurde von den Griechen als eine kostbare Reliquie hochgeehrt. Derselbe Schriftsteller giebt uns auch Nachricht von vielen Standbildern, die aus Reben-, Oelbaum- oder Ebenholz geschnitten waren und von denen mehrere sogar ihrem Alter nach dem Dädalus zugeschrieben wurden***).

Plinius berichtet, dass zu Metapontum der Tempel der Juno auf Säulen von Weinreben ruhe und dass man noch zu seiner Zeit das Dach des Tempels der Diana zu Ephesus auf Stufen bestiegen habe, die von einem einzigen Weinstocke aus Kypros herrührten; auch in der Stadt Populonium sah er ein sehr altes Standbild Jupiters aus dem Stamme eines Weinstockes verfertigt†).

Nach Plutarchs Berichten waren die Gebäude für öffentliche Schauspiele in Athen aus Holz hergestellt; so soll das von Perikles zum Anfange des VI. Jahrhunderts erbaute Odeon „eine Nachahmung vom Zelte des Perserkönigs gewesen sein"; die Bedachung bildete ringsum eine schiefe Ebene und war so gefertigt, dass sie eben von einer einzigen Spitze ausging"††).

Ein staunenswerter Luxus entwickelte sich unter Alexander des Grossen angebahnter Weltherrschaft, und sind es besonders die Schilderungen seiner Fest- und Hochzeitszelte, welche den Schluss rechtfertigen, dass der feine hellenische Formensinn mit persischer Kunstfertigkeit und indischer Farbenpracht hierbei wetteiferte†††).

Diese Prachtliebe ging dann auf die Aegypten beherrschenden Ptolemäer über und war es Ptolemäus Philadelphus (285—247), der ein riesiges Speisezelt

---

*) An account of Discoveries in Lycia, being a Journal kept during a second Excursion in Asia Minor by Charles Fellows 1840, S. 129.

**) Pausanias lib. V, cap. 16, 1.

***) Pausanias lib. V, cap. 16, 6.

†) Plinius lib. XIV, cap. 2.

††) Plutarch (Perikles) III. Band, cap. 13.

†††) Athenaeus 9, 540 und 12, 538.

erbauen liess, das in bezug auf architektonische Ausstattung das Staunen der Zeitgenossen hervorrief. Die das Zeltdach tragenden Säulen waren 50 Ellen (20 m) hoch; in dem mit kostbaren Teppichen dekorirten Innenraum standen 100 Marmorstatuen, von den ersten Künstlern der damaligen Zeit angefertigt. Die Wände hinter diesen Statuen waren von sikyonischen Malern (Apelles, Melanthus, Pausias) mit prachtvollen Gemälden ausgestattet*).

In ähnlicher Pracht liess Ptolemäus IV. (Philopater, 220—204 v. Chr.) mehrere Schiffe erbauen, und war es hauptsächlich eine drei Etagen hohe Staatsbarke, welche seinen ganzen Hofstaat aufzunehmen im stande war und alles enthielt — Speise- und Schlafsäle, eine Kapelle der Venus etc. — kurz alles, was zu dem komfortablen Leben eines allmächtigen ägyptischen Herrschers erforderlich war; die kostbarsten Stoffe, ja selbst Gold, Elfenbein und Edelsteine dienten dazu, dieses Salonschiff zu einem Feentempel auszustatten.

Nicht uninteressant ist es auch, dass wir im Athenaeus (liber V, cap. 40) die ausführliche Schilderung von einem kolossalen Kriegsschiff finden, welches der König Hieron von Syrakus (268—215) unter der Leitung des Mathematikers Archimedes hatte erbauen lassen; es sei hier nur noch erwähnt, dass das Schiff auf seinem Deck mit 8 Türmen versehen war, von welchen aus Schwerbewaffnete den Feind angriffen, und dass längs dem Schiffsrande sich eine Brustwehr mit Zinnen befand, von wo 3 Zentner schwere Steine und 12 Ellen lange Geschosse mittelst Schleudermaschinen auf den Feind geworfen wurden. Der Erfinder dieser Apparate war Archimedes, welcher jede Art dieser Geschosse ein Stadium**) weit schleuderte.

Die Römer kultivirten neben ihren Steinbauten, wie dies bei den Etruskern schon der Fall war, den Holzbau in sehr hervorragendem Grade.

Die Grabkammer von Cervetri, in gewachsenem Felsen eingemeisselt, zeigt eine Decke, welche die Holzbalkenlage der Wohngebäude nachbildet, wie dies auch bei andern Grabkammern der Fall war; so zeigen die geräumigen Vorkammern vorwiegend eine giebelartige Deckung, bei welcher Firstbalken und Sparrenlagen mit den oberhalb darübergelegten Dielen in der anschaulichsten Weise nachgeahmt sind***). Ein merkwürdiges Beispiel von Corneto zeigt sogar die Imitation einer Bedachung, wie sie Vitruv bei der Besprechung der trauflosen Höfe beschreibt, deren ringsum gezogenes Vordach durch seine vier schräg aufwärts gerichteten, in die Diagonalen gelegten Hauptsparren, welche die Umrahmung des Oberlichtes stützen, die gleiche Aufwärtsrichtung der Sparrenanlage bedingen und somit die Traufe nach aussen statt nach innen leiten†).

Von Beispielen wirklich ausgeführter antiker Zimmerwerke sind uns die Anordnungen eines Schirmdaches von Pouzzoles am genauesten bekannt. Das Programm dazu, sowie seine Konstruktion befindet sich auf einer Marmortafel eingegraben und ist uns so erhalten worden. Eine Darstellung dieses zwar sehr bescheidenen Bauwerkes — nach dem Wortlaute der Inschriften — giebt die Tafel II, Fig. 1. Die äusserst klare primitive Anordnung und die Art und Weise, wie die einzelnen Hölzer sowohl in bezug auf Konstruktion, wie auch auf schöne Verhältnisse zusammengefügt sind, berechtigen zu der Annahme, dass die etruskischen Zimmerleute einen ausgesprochenen Sinn für den monumentalen Charakter ihrer Bauwerke besassen.

---

*) Athenaeus, liber V, cap. 25 und 37.
**) Eine Stadie gleich 625 röm. Fuss.
***) Reber, Kunstgeschichte des Altertums, S. 378.
†) Ebendas. S. 85.

Das Gleiche möchte von dem Zimmerwerk des tuskischen Tempels zu sagen sein, welchen Vitruv eingehend beschrieben hat*). Die Tafel II, Fig. 2 bringt eine Darstellung der Dachkonstruktion, wie sie der französische Architekt A. Choisy, entsprechend dem Vitruvschen Texte, sich erdacht hat. Nach dieser Darstellung springt der Giebel, von vier vorgeschobenen Balken getragen, um das Mass gleich einem Viertel der Säulenhöhe über, und beruft sich Choisy hierbei auf den klaren Wortlaut: „(Mutuli) quarta parte altitudinis columnae promineant."

Wenn auch von andern der Vitruvsche Text unklar befunden worden sei, und deshalb in den meisten namentlich neueren kunstkritischen Schriften eine andere Auffassung sich Bahn gebrochen habe, so beruft sich unser Autor auf die Architekten der Renaissance, deren Geschmack durch das Vortreten des Giebelfeldes nicht verletzt worden sei, und weist dabei hin auf die Zeichnung der toscanischen Ordnung und auf die sie begleitende Notiz in der Originalausgabe von Palladio (Venediger Ausgabe lib. I, p. 19)**).

Uebrigens sind Beispiele von vortretenden Giebelformen auch in den Mitteilungen Texiers über die antiken Monumente Kleinasiens nachgewiesen; in Antiphellos beträgt z. B. das Vortreten des Giebelfeldes an einem Felsengrabe 0,95 m bei einer Höhe des Unterbaues von nur 2,077 m.

Wenn auch die spätere römische Kultur durch das Hellenentum eine gewaltige Umgestaltung erfuhr, und zugleich der Holzbau, durch den Steinbau verdrängt, mehr in den Hintergrund trat, so hat doch die Zimmerkunst der Römer staunenswerte Erfolge zu verzeichnen; fromme Pietät bewahrte auch noch lange die strohgedeckte Holzhütte des Romulus auf dem Capitol; einige Tempel, wie der der Ceres im Circus maximus, der von Pompejus dem Hercules geweihte und besonders der des Capitolinischen Jupiter, zeigten noch immer die altetruskische Bauart.

Das Dach der vatikanischen Basilika, Taf. II, Fig. 6, wovon — wie Rondelet sagt — Carlo Fontana uns eine Zeichnung aufbewahrt hat, ist insofern beachtenswert, als bei dessen Konstruktion je zwei Gebinde stets aufs engste zusammengerückt und durch runde eiserne Stäbe verbunden waren; eiserne Bänder dienten dazu, statt der Zapfen die einzelnen Konstruktionshölzer mit einander zu verfestigen. Die ganze Anordnung dieser Konstruktion erinnert an die Dachung der Basilika zu Fanum, welche Vitruv gebaut und genau beschrieben hat; später ist diese Konstruktion auf die meisten altchristlichen Basiliken übergegangen, wie dies hauptsächlich von den Dachbindern der Kirche der heiligen Sabine und von St. Paul ausserhalb der Mauern, beide in Rom, zu sagen ist.

Mit der Macht Roms steigerte sich bald auch das Bedürfnis nach kühnen, umfangreichen Bauten, sowohl solchen, die dem Frieden, als auch solchen, die dem Kriege dienten. Der Zimmerkunst wurden hierdurch Aufgaben von seltenem Umfange gestellt, und blieb deren Lösung nicht aus.

So z. B. liess der Aedil Marcus Scaurus (Sohn) um das Jahr 80 v. Chr. zwei grosse Theater von Holz erbauen, welche im Gleichgewichte auf drehbaren Axen beweglich schwebten, so dass sie vormittags zu Schauspielen von einander abgewendet waren, damit die beiden Bühnen sich nicht gegenseitig stören möchten, dann aber plötzlich einander gegenüber standen, indem man

*) Vitruv lib. IV, cap. 7.

**) A. Choisy, L'art de bâtir chez les Romains (Cap. III, la Construction en charpente), S. 144 etc.

sie herumdrehte. Auf diese Weise wurde am Ende des Tages, nach Wegnahme der vorderen Bretterwände und nach dem Aneinanderschliessen beider Seiten ein Amphitheater für 80 000 Menschen gewonnen, in welchem Fechterspiele abgehalten wurden.

Plinius, der uns über diesen merkwürdigen Bau Bericht erstattet, ist entrüstet über die Tollkühnheit dessen, der die Sache ausdachte, und dessen, der es unternahm, sie auszuführen*).

Von grossem Interesse für die Entwickelung der Zimmerkonstruktionen sind auch die römischen Brückenbauten; eine besondere Beachtung verdienen die Brücke Sublicius zu Rom und jene bekannte Brücke, welche Cäsar über den Rhein bauen liess.

Die Brücke Sublicius, Tafel II, Fig. 3, wurde unter der Regierung von Ancus Martius, des vierten römischen Königs, erbaut, um diejenige wieder zu ersetzen, welche man mit vieler Mühe abbrach, während Horatius Cocles ihren Uebergang verteidigte.

Plinius und andere Geschichtsschreiber erzählen als eine merkwürdige Thatsache: die neue Brücke sei, um für die Folge ähnlichen Schwierigkeiten zuvorzukommen, so konstruirt worden, dass man sie nötigenfalls abschlagen und wieder aufschlagen konnte, und dass durchaus k e i n Eisen zur Verbindung der Konstruktionshölzer gebraucht worden war. Den Namen Sublicius soll die Brücke von „sublica", Pfahl, wegen der vielen Pfähle, auf welchen sie erbaut war, erhalten haben. Die auf unserer Tafel wiedergegebene Darstellung ist Rondelets bekanntem Werke entnommen.

Die Rheinbrücke Cäsars**), Tafel II, Fig. 4, wurde auf folgende Art gebaut: Der Feldherr liess allemal ein paar Jochpfähle von $1\frac{1}{2}$ Fuss Dicke, am untern Ende zugespitzt und je nach der Tiefe des Flusses von verschiedener Länge in einem Abstande von 2 Fuss unter sich mit einander verbinden. Diese wurden dann mittelst Maschinen in den Fluss hinabgelassen, festgesetzt und dann mit Rammen eingetrieben, jedoch nicht senkrecht wie sonst die Jochpfähle, sondern schräge wie Dachsparren und zwar nach der Stromrichtung geneigt. Jedem dieser Paare gegenüber wurde ein gleiches auf dieselbe Weise verbundenes Paar in einem Abstande von 40 Fuss unterhalb des vorigen eingerammt, doch so, dass es gegen den Strom geneigt war. Je zwei zusammenhängende Paare von Jochpfählen wurden durch einen Holm von 2 Fuss Dicke verbunden, der von oben zwischen die beiden Pfähle jedes Paares — deren Abstand betrug je 2 Fuss — eingelassen wurde und durch 2 Bolzen an jedem seiner Enden die Pfahlpaare auseinander hielt. Indem so die Pfahlpaare durch Holme auseinandergehalten und gegen die Bewegung nach beiden Richtungen gesichert waren, erhielt der ganze Bau auf natürliche Weise eine solche Festigkeit, dass er um so besser zusammen geschlossen wurde, je heftiger der Strom anprallte. Die Holme wurden durch Streckbalken verbunden und diese mit Stangen und Flechtwerk bedeckt. Nichtsdestoweniger wurden einerseits unterstrom noch Streben in schiefer Richtung eingetrieben, welche die Jochpfähle stützten und, mit dem ganzen Bau verbunden, die Gewalt des Stromes brachen, anderseits oberhalb der Brücke, in einiger Entfernung von ihr, andere Streben, um die Brücke gegen Baumstämme und Schiffe zu sichern, welche die Barbaren etwa zur Zerstörung der Brücke stromabwärts treiben liessen.

---

*) Plinius lib. 36, cap. 24.
**) De bello gallico lib. IV, cap. 17. 18.

Binnen 10 Tagen, vom ersten Zusammenschaffen des Bauholzes an, war der ganze Bau vollendet und das Heer rückte hinüber.

Die, wie man annimmt, in der Gegend von Neuwied, zwischen Köln und Koblenz erbaute 500—600 m lange Brücke ist von verschiedenen gelehrten Architekten durch Zeichnung dargestellt worden; aus diesen im wesentlichen übereinstimmenden Darstellungen hat Rondelet unter Mitwirkung seines Sohnes eine Zeichnung entworfen, die als das Resultat einer erneuten Prüfung der Wirklichkeit der Cäsarschen Brücke sehr nahe kommen möchte, und gibt Fig. 4 hievon Einsicht.

Ueber militärische Zimmerwerke und Kriegsmaschinen hat der berühmte Baumeister Apollodorus ein interessantes Werk (Poliorcetica)*) hinterlassen, welches er dem Kaiser Hadrian (117—138 n. Chr.) widmete, nachdem er für denselben in Rom das trajanische Forum, das Odeon und andere bedeutende Monumente ausgeführt hatte. Wir finden in diesem Werke Holzverbindungen, die dadurch interessant sind, dass alle Verbindungsteile von noch so grossem Querschnitte und Längendimensionen, wie sie beispielsweise bei den widerstandsfähigen Annäherungstürmen notwendig wurden, aus dünnen Riegelhölzern und Latten konstruirt waren, die ohne alle weiteren Verschneidungen teils mit einander einfach verdübelt oder an einander genagelt waren**); auch ist es auffällig, dass die sonst so widerstandsfähigen Kreuzstreben hiebei keine Anwendung fanden.

Die so konstruirten Belagerungstürme, die leicht zerlegbar waren, erhielten durch die ihnen von Apollodorus gegebene Konstruktion eine gewisse Elastizität und widerstanden in erhöhtem Grade der Erschütterung durch schwere Projektile; anderen Falls liess sich jede Beschädigung, die sich immer nur auf eine gewisse Summe von Hölzern mit bescheidenen Dimensionen erstreckte, ohne alle Schwierigkeit von jedem Arbeiter und zwar aufs prompteste, mit den mitgeführten Reservehölzern repariren.

Unter Trajans Herrschaft, dem Vorgänger Hadrians, wurde, wie allgemein angenommen wird, auch durch Apollodor die Donaubrücke erbaut. Von diesem höchst interessanten Bauwerke besitzen wir ein Relief, das sich skulptirt an der Trajans-Säule in Rom befindet, während die Brücke selbst von Dio Cassius beschrieben wird.

„Sie hat, wie dieser Schriftsteller (lib. LXVIII cap. 13) sagt, 20 Bogenpfeiler von Quadersteinen, welche 150 Fuss hoch, 60 Fuss breit und 170 Fuss von einander entfernt sind. Muss nicht der Aufwand für ein solches Werk Bewunderung erregen“? Wir erfahren auch, dass der Nachfolger Trajans die Brücke abreissen liess, indem er befürchtete, sie möchte allenfalls auch zum Einfall der Barbaren in das römische Gebiet dienen; vielleicht that er es auch — wie man allgemein behauptet — aus Eifersucht, indem er selbst keine Hoffnung hatte, jemals eine ähnliche Brücke zu bauen.

Nach Fig. 5, Tafel II bestand die Trajans-Brücke aus Pfeilern von Quadersteinen und Holzbogensprengwerken; letztere waren je nach drei konzentrischen flachen Kurven gebildet und dienten doppelte Zangenhölzer dazu, die Bohlenbögen mit einander innig zu verbinden und dadurch ihre Tragfähigkeit bedeutend zu erhöhen. Auf jedem massiven Brückenpfeiler fanden die gesprengten Holzbögen in schräg gestellten und gut verstrebten Doppelständern ihre gesicherte

*) Heron v. Byzanz: Poliorc. S. 226.
**) Solche Detailsverbindungen bringt A. Choisy S. 159.

Stellung, und wurde diese wieder durch starke, von Balken unterstützte Schwellen verspannt, um hier ein Verschieben unmöglich zu machen.

Die doppelten Zangenhölzer sowohl, als auch die gut verstrebten Doppelständer griffen nach oben in einen starken, horizontal liegenden Holm, welcher dann den, den Brückenbelag bildenden Balken als Auflager diente. Das Geländer bestand aus senkrechten Pfosten mit Andreaskreuzen dazwischen, einer Schwelle und einem Rahmholze, welch' letzteres zugleich die Brüstungswand nach oben hin abschloss, und in seiner Form lebhaft an die in neuerer Zeit so wirksam angewendeten Fachwerksträger erinnerte.

Jedenfalls ist eine Leistung, wie solche in der Donaubrücke uns vorliegt, eine ganz eminente, und zeugt sowohl von der hohen Befähigung der römischen Ingenieure der Kaiserzeit, als der denselben zur Seite stehenden Werkmeister.

Eine wesentliche Bedeutung gewinnt die Holzkonstruktion in den Dachungen der altchristlichen Basiliken, wie auch später in denen der ältesten romanischen Kirchen; zunächst wurde längere Zeit die antike Kassettendecke beibehalten. Eusebius hat uns die Beschreibung mehrerer Basiliken hinterlassen. Die in den Jahren von 313 bis 322 zu Jerusalem erbauten Gotteshäuser waren in ihren Seitenschiffen mit Holzwerk verziert, während über den Hauptschiffen sich Decken aus Cedernholz vom Libanon befanden. Ein Gleiches berichtet unser Schriftsteller von der Basilika zu Tyrus. Im Innern war die Decke durch geschnitztes Tafelwerk in Felder abgeteilt und erstreckte sich dasselbe wie ein grosses Meer durch das ganze Querschiff, in ihrer ganzen Ausdehnung ununterbrochene Verflechtungen darbietend; durchaus mit glänzendem Golde belegt, leuchtete der ganze Tempel davon wie von Lichtstrahlen. Eine der prächtigsten Felderdecken hatte auch die dreischiffige Kirche St. Maria Maggiore in Rom, die in späterer Zeit jedoch so ausgeführt wurde, dass sämtliche Verbindungshölzer sichtbar blieben und eine reiche farbige Dekoration erhielten, an der sich dem Charakter der damaligen Zeit gemäss reiche Vergoldungen beteiligten. In Fig. 7 Tafel II ist dieselbe dargestellt*).

Dies offene unverhüllte Geltenlassen des konstruktiven Elements machte sich bei den späteren Basiliken überall geltend, und gab diesen Kirchenbauten ihren eigentümlichen reizvollen Charakter; es entstand ein belebtes, neues, vielgliedriges Bild der verschiedenen sich perspektivisch verschiebenden Hölzer, das vorteilhaft abstach gegen die früher gleichförmig überspannte Felderdecke.

Mit der grösseren Spannweite des Kirchenschiffes wurde selbstverständlich der Holzkonstruktion eine erhöhte Aufgabe zu teil und so entstanden die sogenannten zwei- und dreifachen Hängewerke.

In Frankreich und Deutschland wurde bis zur Zeit Karls des Grossen meistenteils nur in der allerprimitivsten Weise in Holz gebaut; unter Klodwigs Regierung bestanden um das Jahr 500 die meisten Wohnhäuser in Paris nur aus Erde und Holz und auch zum Bauen von Kirchen wurde kein anderes Material in Anwendung gebracht.

Die Mauern der Kathedrale von Strassburg, welche dieser König erbauen liess, waren von sehr starken, mitten durchsägten und in die Erde gesenkten Baumstämmen gebildet, so dass ihre rauhe Seite nach aussen sichtbar wurde. Die Zwischenräume erhielten eine Ausfüllung von Erde und Mörtel, zur Dachdeckung verwendete man Stroh! Dieses System erhielt sich bis zum VIII. Jahrhundert.

Karl der Grosse war es, dem die Begründung eines neuen Kulturleben

*) Traité d'architecture par M. L. Reynaud t. I p. 482 pl. 70.

zu danken war, aber erst nach dem Zerfall des Karolingischen Reiches, welcher eine Scheidung der Völker in nationale Gruppen zur folge hatte, entwickelte sich nach und nach eine neue Epoche, die — wie allbekannt — als die mittelalterliche bezeichnet wird.

Ging auch die ganze Architektur — wie die ganze Kultur jener Zeit — hauptsächlich von der Tradition der römischen Errungenschaften aus, so wandelte sie doch ihre freie Bahn und war durchaus nicht unempfänglich gegen Aufnahme und Verarbeitung fremder Eindrücke; zum gemeinsamen Schaffen bildete man Korporationen, deren Charakter anfänglich sich identifizirte mit dem Klosterleben, später sich aber in das bürgerliche Element der Zünfte herausbildete. Aus der älteren Zeit der romanischen Bauperiode tritt uns in der Holzkonstruktion, der altchristlichen Basilika gegenüber, kein wesentlicher Fortschritt entgegen, denn sämtliche Räume der ersten romanischen Kirchen, mit Ausnahme der Krypta und der Chornische, wurden durch flache Balkendecken geschlossen und lag nach allgemeiner Einführung der vollständigen Wölbung der Dome und Kirchen dem Zimmermanne meistens nur eine Aufgabe vor, welche seine Thätigkeit in vorherrschend konstruktivem Sinn in Anspruch nahm.

Ueber den Anteil, welchen das Holz beim Bau von profanen Gebäuden annahm, stehen uns aus der Zeit der romanischen Bauperiode nur spärliche Notizen zu Gebote, wobei freilich erwähnt werden muss, dass in einzelnen Gegenden Deutschlands, wo das Christentum erst spät Fuss fasste, selbst bis in die Mitte des XIII. Jahrhunderts der Holzbau ausnahmslos sich erhielt. So wurde beispielsweise noch unter Heinrich dem Löwen in Lübeck eine neu erbaute hölzerne Kirche 1063 eingeweiht, während die ebenfalls in Holz gebaute Dominikanerkirche in Bremen ihrer Vollendung erst im Jahre 1253 entgegen sah.

Die ältesten unserer Zeit noch erhaltenen Holzbauten findet man in Skandinavien, namentlich in Norwegen; die Kirche von Tind (Abro) gehört, einer Runenschrift entsprechend, dem Ende des XII. Jahrhunderts an, und ähnliches Alter besitzen die Kirchen von Hitterdal*), Borgund, Urnes Reinlid. Diese Kirchen bestehen vorherrschend aus einem Riegelwerk, welches mit lotrecht nebeneinanderstehenden Brettern verschalt ist. Die Grundrissanlage dieser Kirchen bildet ein dem Quadrat sich näherndes Rechteck, welches auf drei Seiten von niedrigen Umgängen eingeschlossen wird, während nach Osten ein Vorbau für den Chor, gewöhnlich mit einer Halbkreisnische, sich anfügt. Bisweilen treten auch nach beiden Seiten Ausbauten heraus, so dass der Grundriss eine Kreuzgestalt gewinnt. Schlanke Holzständer, die das Mittelschiff von seinen Abseiten trennen, tragen die Oberwand und sind daselbst mit einer rundbogenförmig ausgeschnittenen Bretterverkleidung verbunden. Das Sparrwerk des Daches war bei den alten norwegischen Kirchen meistens sichtbar und beruhte — wie Semper es nennt — auf dem Kielverband, welcher später in Frankreich und England durch die Normannen noch kunstvoller ausgebildet wurde. Hierbei dienen die nur in den Hauptgebinden vorkommenden Balken zur Verankerung der sich gegenüberstehenden Langwände; durch Anwendung von krumm gebogenen, die Sparren verspannenden Hölzern erhält die sichtbare Dachkonstruktion ein belebteres Aussehen. Bei anderen Kirchen findet man auch wohl das Mittelschiff in Tonnengewölbeform mit Brettern verschalt.

*) Siehe Denkmale einer sehr ausgebildeten Holzbaukunst aus den frühesten Jahrhunderten in den inneren Landschaften Norwegens von J. C. C. Dahl. Dresden 1837.

Das Aeussere dieser merkwürdigen Kirchen erhält durch die den ganzen Bau umziehenden, unten geschlossenen, oben gallerieartig geöffneten niederen Laubengänge eine eigentümliche Gestalt. Ueber ihrem Dache erheben sich mit ihren kleinen Fenstern die Seitenschiffe und über diesen das Mittelschiff, aus dessen Dach dann der meist viereckige Turm mit schlanker Spitze heraustritt. Durch diese Anordnung erhalten diese alten norwegischen Kirchen einen ungemein malerischen Aufbau. Zur Illustration des eben Gesagten teilen wir hier die äussere Ansicht der Kirche von Borgund in Fig. 1 mit.

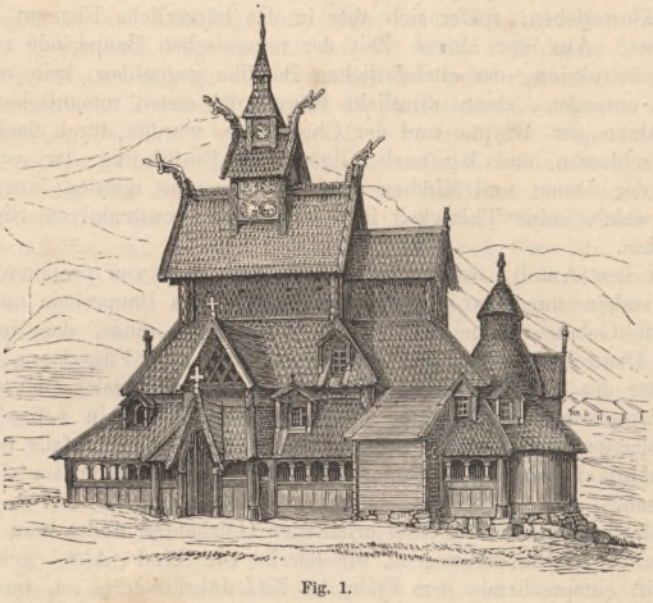


Fig. 1.

Der dekorative Teil besteht in phantastischer Holzschnitzerei, die sich vorherrschend an den Pfosten, Portalen und Giebelfeldern geltend macht und überall den frühromanischen Charakter erkennen lässt; maskenartige Köpfe, vielfach verschlungenes Rankenwerk mit Vögel-, Fisch- und Schlangengestalten — gegenseitig in Kampf und sich wohl auch verschlingend — Tierköpfe, Drachen, Schiffszierate etc. sind es, die an diesen ältesten, auf uns gekommenen Holzbauten den Schluss rechtfertigen, dass wir es hier mit einer Technik zu thun haben, die vom hohen Norden herab die Architektur des Abendlandes nicht unwesentlich beeinflusste.

Der Blockhausbau*), auf den Bau von Kirchen ausgedehnt, hat sich in Norwegen bis in die Neuzeit erhalten und können wir uns nicht versagen hier beispielsweise eine nach den Plänen des Architekten Grosch erbaute Kirche im Aeussern sowohl, als nach ihrem Querschnitt auf Tafel IV, Fig. 1 und 1ª mitzuteilen. Die achteckige Grundrissform erweist sich bei Bauten aus Blockwänden ganz besonders zweckmässig; denn man erreicht dadurch, dass keine freie Wand länger gemacht wird, als das Holz, welches zur Disposition steht, lang ist, und dass man in derselben nur eine Thür- oder Fensteröffnung anzubringen braucht. Senkrechte Ständer oder Verbindungsstücke sind soviel als

*) Das Charakteristische dieser Bauart wird weiter unten erläutert werden.

möglich zu vermeiden; kann man sie jedoch nicht entbehren, so ist darauf zu sehen, dass das durch das Austrocknen der Hölzer entstehende Schwinden die Konstruktion nicht beeinträchtigen kann. Solche Bedingungen lassen sich bei einem achtseitigen Grundriss am leichtesten erfüllen.

Nur für den Turm und die Turmspitze erscheint eine Konstruktion mit horizontal über einander gelegten Hölzern unzulässig, denn ein in die Höhe strebender Bau erfordert auch die Anwendung aufrechtstehender Ständer.

Das Aeussere ist, wie auch das Innere, mit Brettern verkleidet und gehen die wenigen Dekorationen aus der verschiedenen Behandlung dieses bescheidenen Baumaterials hervor, sind aber, wie ersichtlich, dem kirchlichen Charakter entsprechend geformt.

Der Turm steht über der Mitte des Gebäudes auf hölzernen, gut fundirten Ständern, die sich als vier Tragpfeiler inmitten der Kirche erheben, und die Dachstuhlstreben sowohl, als auch die Streben der von unten sichtbaren zeltförmigen Decke in sich aufnehmen. Das Dach der Kirche besteht aus rohen Baumstämmen, welche auf Sparren aufliegen, die von unten durch die Blockwand gestützt erscheinen, und oben mit den Turmständern verbunden sind; die äusseren Dachflächen sind durchweg mit Ziegeln gedeckt*).

Man erkennt ohne Zweifel in dem hier vorgeführten Kirchenplane aus der Neuzeit die Nachklänge der altnorwegischen Holzarchitektur und namentlich erinnert dieser aufs deutlichste an die Kirche zu Hitterdall in Tellemark**).

Zu den ältesten unserer Zeit erhaltenen Blockhäusern möchte auch eine grössere Anzahl jener Kirchen zu rechnen sein, die sich in Preussisch-Schlesien vollständig erhalten haben; sie tragen in bezug auf ihre Grundrissanlage und ihre äussere Erscheinung so ziemlich ein und denselben Charakter. Der Kirchenraum selbst ist meistenteils äusserst beschränkt und dienen gedeckte Laubengänge (Vorhallen) dazu, der grossen Menge der Kirchenbesucher Schutz vor dem Regen zu gewähren.

Bei den meisten dieser Kirchen ist die Blockwand von aussen noch mit Brettern verkleidet, welche dann gewöhnlich den Verband kreuzen, also eine senkrechte Stellung erhalten. Aeusserst charakteristisch für die Holzarchitektur Schlesiens sind die Kirchen von Syrin (Fig. 2, S. 12), Lubom (Fig. 3, S. 12) und Ostrog (Fig. 4, S. 12) bei Ratibor.

Die Syriner Kirche stammt aus dem Jahre 1204, die Lubomer Kirche aus dem Jahre 1205; bei beiden steht der Glockenturm seitwärts; so prunklos diese Gebäude auch auftreten, so machen sie doch einen äusserst günstigen Eindruck durch ihre schönen Verhältnisse und durch ihre naive Gruppirung; die wenigen ornamentalen Ausstattungen, wie Bretterausschnitte und Profilirungen, sind als durchaus klar und formgewandt zu bezeichnen. Beide Bauwerke sind aus sehr starken Eichenholzstämmen im Blockholzverbande hergestellt; die Eindeckung der Dächer besteht aus Schindeln, ebenso die Eindeckung der die Kirchen mit weit vorspringenden Dächern umgebenden Hallen, welch' letztere besonders dazu beigetragen haben, dass die eigentliche Kirche einen so schätzbaren, langdauernden Schutz gegen alle Unwetter haben konnte. Aeusserst interessant ist an der Lubomer Kirche die Ausbildung des Portals

---

*) Allgem. Bauzeitung von Prof. Ch. F. Förster, 1855 S. 89, mit Zeichnungen auf Bl. 691—692.

**) Dahl, Denkmale etc. Tafel VI.

(Fig. 5, S. 13), das, aus drei starken eichenen Pfosten zusammengesetzt, eine Detailbildung besitzt, wie sie nur den besten romanischen Gebilden eigen ist. Aehnliche Blockhausbauten haben sich aus den frühesten Zeiten auch in Polen, in Ungarn, Schweden und Russland erhalten, und verweisen wir in dieser Beziehung auf das betreffende litterarische Material*).

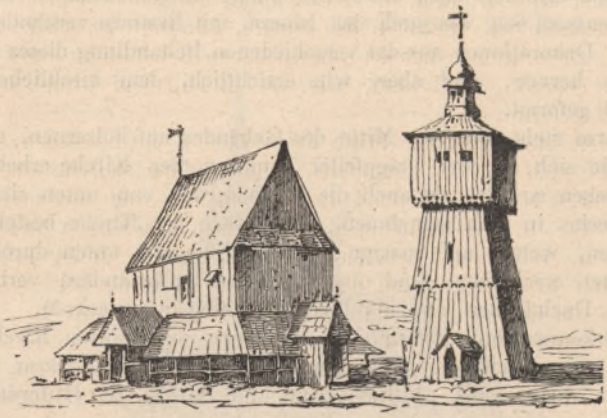


Fig. 2.

Fig. 3.

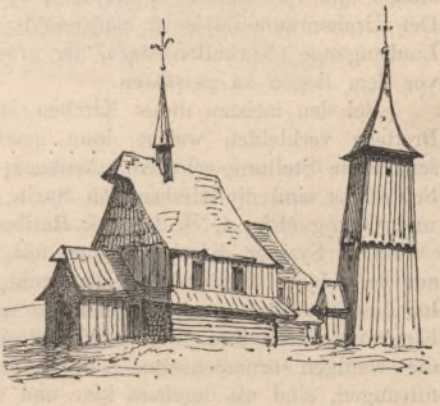


Fig. 4.

An vielen Orten Russlands hat sich, wie dies auch in der Schweiz der Fall ist, noch heutigen Tags der Blockhausbau vielfach im Gebrauch erhalten; ein russisches Bauernhaus, wie es seit Jahrhunderten typisch geworden ist, stellt Fig. 8 Tafel I, dar; die untere Stubendiele liegt stets vom Erdboden aus ziemlich stark erhöht, so dass eine kleine seitwärts angebrachte, bedeckte Treppe vorhanden sein muss; solche Treppen sind eine Eigentümlichkeit der russischen Bauart und fehlen selbst den Palästen nicht. Die Art und Weise,

*) Die Holzbaukunst von Dr. Paul Lehfeld S. 212 u. s. f.

den Blockhausbau dekorativ auszustatten, erstreckt sich meistens nur auf das Ausschneiden von Brettern, wobei eine feinere Schnitzarbeit nicht ausgeschlossen ist; auch sind die verzierten Teile oft mit vorherrschend grellen Farben bemalt, was dazu beiträgt, dass die sonst mit ihren kleinen Fensteröffnungen monoton wirkenden Häuser ein heiteres Aussehen erhalten.

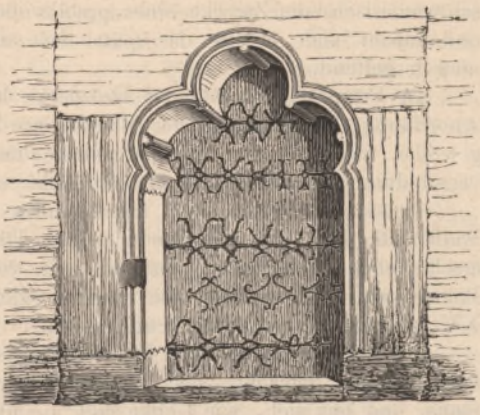


Fig. 5.

In vielen Gegenden hat sich das Haus des russischen Bauern wenig gegen früher geändert; letzterer ist fast ohne alle Ausnahme Zimmermann und baut sein Haus selbst nach stets gleichbleibendem Plan.

Auch in den Städten, ja in der Hauptstadt Moskau, hatte sich der Holzbau für das Wohnhaus bis ins XVI. Jahrhundert erhalten und selbst Paläste wurden in Holz, freilich in höherem Stile, ausgeführt.

Nach mehrseits gesammelten Fragmenten hat Viollet le Duc es unternommen, ein solches Herrschaftshaus zu rekonstruiren und gibt Fig. 9 Tafel I hievon ein anschauliches Bild *).

Die russische Architektur zeichnet sich, wie man nach dem Mitgeteilten schon erkennen kann, vielfach durch ein feines Gefühl für schöne Verhältnisse aus, und klingen die Reminiscenzen aus Hellas noch heute in den neueren südrussischen Kirchenbauten nach, die dem byzantinischen Stile zuzurechnen sein möchten. Viollet le Duc vergleicht die russische Kunst mit der persischen, und führt uns zum Beweise seiner Behauptung ein Kirchenportal mit hölzernem Schutzdach vor. Fig. 10, Tafel I stellt dieses Portal dar, das bis in die kleinsten Details aufs geschmackvollste durchgebildet erscheint. Alle geschnitzten Holzteile des Vordaches, sowie die innere Fläche desselben sind bemalt; das Dach ist mit Blech gedeckt. Sehr tragfähig erscheint die Anordnung des zur Seite dargestellten konsolartigen Trägers.

Ein Beispiel russischer weit vorspringender Giebeldächer, unter Anwendung von Bohlenbögen stellt Fig. 11 dar; auch hier finden wir eine feine, zart geschnitzte Ornamentirung, die eher gravirt, als plastisch wirkt und sehr an die Wirkung einer Tapisserie erinnert.

In England sowohl wie in Nordfrankreich (der Normandie) machte sich im Mittelalter der Einfluss der Normannen in bezug auf die Bildung der Holzdecke in hohem Grade geltend, und erreichte hier ihre höchste Blüte.

Die schöne Dachkonstruktion der Kathedrale von Ely, aus dem Ende des XIV. Jahrhunderts, möchte als das trefflichste Beispiel einer Holzdeckenkonstruktion zu betrachten sein, und erinnert dieselbe an das reiche normännische Fächergewölbe; wir müssen uns jedoch versagen, hierauf spezieller einzugehen, und verweisen daher auf die bezügliche sehr umfangreiche Litteratur **).

---

*) Viollet le Duc, L'art russe S. 153 u. s. f.

**) Bloxam, Die mittelalterliche Kirchenbaukunst (deutsch übersetzt 1847). Cap. VIII S. 120. Viollet le Duc, Dictionnaire raisonné II. Thl. (Charpente.) Dollmann and Jobbins,

Als ein glänzendes Beispiel dekorativer Holztechnik gilt auch der Dachstuhl der Westminsterhalle zu London; durchbrochenes Masswerk unter Anwendung kleiner Spitzbögen, Rundstäbe, Hohlkehlen und anderer Formen, die ihrer Natur nach vorherrschend dem Hausteine angehören, sind hier verschwenderisch zum Zwecke eines prachtvollen Effektes zur Anwendung gebracht und macht sich bereits der später fast alles dominirende Einfluss der Steinmetzen geltend.

In Frankreich wurde der Holzdecke häufig die Gewölbeform gegeben, eine Anordnung, die später in der Renaissance-Zeit sehr beliebt war. Das Steingewölbe wurde dabei aufs sorgsamste nachgebildet, indem man die Holzverschalung überputzte und bemalte, oder auch mit Stuck verzierte.

Ueber das Wesen der französischen Wohngebäude aus Fachwerk giebt Viollet le Duc im VI. Bande seines Dictionnairs raisonné (Maison) eine erschöpfende Abhandlung, auf die wir verweisen, es sei hier nur noch die Bemerkung erlaubt, dass die unserer Zeit erhaltenen Gebäude dem XIV., XV. und XVI. Jahrhundert angehören.

In hervorragender Weise hat sich die Ausbildung des Holzbaues in Deutschland geltend gemacht; der Fachwerksbau beherrschte nahezu alle deutschen Gaue, und hat sich, wie Lübke sagt*), niemals von dem vornehmen Steinbau verdrängen lassen.

Dass der Holzbau überhaupt als urdeutsch zu betrachten ist, das bezeugt schon die Sprache, welche für das Wort „Bauen“ nur das Wort „Zimmern“ kennt, während die Worte Mauern, Kalk, Mörtel etc. dem Lateinischen entnommen sind.

Die reichste und glänzendste Blüte hat die Holzarchitektur im nördlichen Deutschland, namentlich in der Harzgegend getrieben. In Städten wie Braunschweig, Hildesheim, Goslar, Halberstadt etc. sind auch jetzt noch zahlreiche Beispiele vorhanden, die den ungemeinen Reiz erkennen lassen, welcher dieser sonst so bescheidenen Bauweise abgewonnen werden kann.

Wir verdanken dem gegenwärtigen Oberbaurate Egle wertvolle Mitteilungen aus den vierziger Jahren über solche Holzhäuser in den Harzgegenden, mit besonderer Berücksichtigung auf die Halberstädter Beispiele**), und halten dieselben für so lehrreich, dass wir uns nicht versagen können, einige dieser Bauwerke hier eingehender in Abbildung wiederzugeben und zu besprechen.

Der Fachwerksbau in den Harzgegenden beschränkte sich nicht nur auf untergeordnete Zwecke, sondern umfasste das ganze Gebiet der nicht kirchlichen Gebäude in Städten und Dörfern; nicht nur das Haus des Landmannes, des reichen Bürgers und Patriziers sind in Fachwerk gebaut, sondern auch die öffentlichen Bauten, als Rathäuser, Kaufhallen etc., letztere oft in so luxuriöser Pracht, dass sie wohl kaum von Fachwerksbauten anderer Länder überboten werden.

Besonders charakteristisch an diesen Bauten ist das oft extreme Ueberkragen der einzelnen Stockwerke, und giebt es Häuser, an denen die Frontwand des letzten Geschosses wohl an 1,5 m über der Frontwand des Erd-

---

Ancient domestic. arch. T. I. A. W. Pugin: Details of ancient timber house of the 15th. and 16th. centuries, selected from those existing at Rouen, Caen, Abbeville, Strasbourg etc. 1836. Architecture civile par Verdier et Catois.

*) Geschichte der deutschen Renaissance. S. 193.

**) Försters Bauzeitung 1845. S. 379. Tafel 691—694.

geschosses vorsteht; die Masse der einzelnen Stockwerksausladungen schwanken gewöhnlich zwischen 0,30 bis 0,50 m.

Eine notwendige Folge dieser Eigenthümlichkeit ist einerseits die Einführung der Füllbretter und der Füllbalken zwischen Saumschwelle und Rahmholz, andererseits die Einführung von Knaggen oder Stützbändern unter den hervortretenden Balkenköpfen; Konstruktionsmotive, welche durch Schnitzen, Verzieren, Abfasen der Kanten etc. eine grosse Fülle von Kunstformen entstehen liess, wozu dann noch eine reiche, planmässige Anordnung der Winkelbänder kam, welche, je nach den verschiedenen Entwickelungsstadien, mehr oder weniger dekorativ behandelt wurden.

Die Vorteile, welche aus den starken Stockwerksausladungen resultirten, waren hauptsächlich wohl der Gewinn an Raum in den oberen Stockwerken, die Entfernung des Traufwassers vom Fusse des Gebäudes und für viele Konstruktionsteile Schutz gegen den Schlagregen; dann aber bietet auch die auf den vorspringenden Balkenköpfen ruhende Last dem darüber liegenden Stockwerke ein Gegengewicht gegen das Einbiegen der Deckenbalken; es ist dem entsprechend konstruktiv, ausserdem aber auch noch in hohem Grade ästhetisch begründet. Auf Tafel III, Fig. 1 sind mehrere Fachwerksgebäude von Halberstadt dargestellt; das mit A bezeichnete Gebäude ist der Rathskeller; schon deshalb doppelt interessant, weil dieser Bau aus dem Jahre 1461 stammt, und bereits eine so hohe Stufe der Formenbildung bekundet, dass der Schluss gerechtfertigt erscheint, es stamme dieser Bau aus einer Zeit, in welcher man die höchste Blüte für die Holzarchitektur schon erreicht hatte; dies bestätigen auch die ältesten Fachwerkshäuser Braunschweigs, welche derselben Zeit angehören. Die jüngsten Häuser, an denen sich noch eine Art dekorativer Ausbildung bemerkbar macht, stammen aus dem Ende des XVII. Jahrhunderts

Fig. 6.

Fig. 7.

und verteilt sich somit die Gesamtheit des Erhaltenen auf einen Zeitraum von mehr als 200 Jahren.

Das neben dem Ratskeller dargestellte (Fig. 1) mit B bezeichnete Gebäude, das Schulz'sche Haus genannt, stammt gleichfalls aus der Mitte des XV. Jahrhunderts, und zeichnet sich durch besonders stark vortretende Stockwerksausladungen aus. Die Figuren 2, 3, 4 auf der Tafel III und die Holzschnitte Fig. 6, 7, 8 und 9 zeigen die charakteristische Ausbildung der einzelnen Teile oder Stockwerksgurtungen, wie sie in verschiedenen Variationen bei den ältesten uns erhaltenen Fachwerksbauten förmlich konventionell geworden waren; als Abschluss zwischen Rahmholz und Schwelle treten uns hier überall die Füllbretter mit flachen Schnitzereien

Fig. 8.

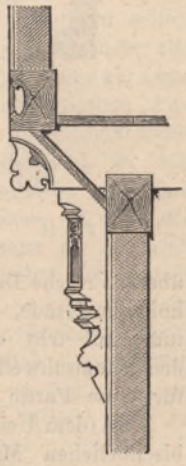


Fig. 9.

entgegen, die ihre Dichtung nach innen durch Füllmauerwerk erhielten. Eine besondere Aufmerksamkeit widmete man den vortretenden Balkenköpfen mit ihren sie unterstützenden konsolartigen Knaggen. Sehr beliebt war die Anordnung, wie sie der Holzschnitt (Fig. 9) giebt; häufig sind jedoch hier auch kleine, geschnitzte Figürchen (heilige und profane Gestalten) angebracht; bei den Balkenköpfen sowohl, als wie bei den Saumschwellen machen sich bei den Details entweder reiche, vertieft geschnittene Gliederungen nebst Drei- und Vierpässen oder auch Maskenköpfe geltend. Alle Details dieser älteren Fachwerksbauten tragen noch entschieden das gothische Formengepräge.

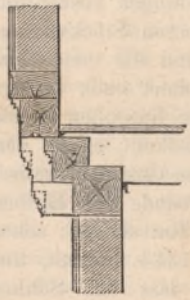


Fig. 10.

In Fig. 5 und 6, Tafel III erkennt man in vielen ornamentalen Teilen eine Art Uebergangsperiode, und ist ein Schwanken zwischen gothischen und Renaissancemotiven überall erkennbar; zugleich machen sich hier gewisse Scheiben-Ornamente geltend, welche sich über Ständer und Winkelbänder ausbreiten und in den vielfachsten Variationen an den jüngeren Bauwerken aus den Jahren 1530—1575 vorkommen.

Die Holzschnittfiguren 10 und 11 und die Fig. 7, Tafel III geben die Details eines Hauses aus Halberstadt, das um das Jahr 1550 entstanden sein mag, und welches die für diese Zeit charakteristischen Formenbildungen besitzt; die Stockwerksausladungen schwanken zwischen 0,30 bis 0,45 m, dabei sind Füllbalken anstatt der älteren Füllbretter ausschliesslich im Gebrauche, eine Neuerung, welche unbestritten einen dichteren Verschluss und eine harmonischere Verbindung zur folge hat; auch ist das Abfasen sämtlicher Kanten der Saumschwellen und Füllbalken konsequent durchgeführt. Das Abfasungsprofil besteht gewöhnlich aus einer breiten Hohlkehle mit zwei einfassenden Rundstäbchen.

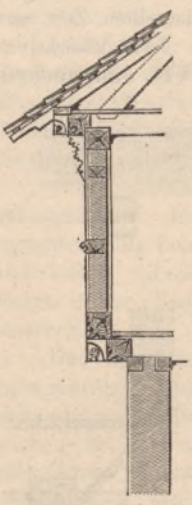


Fig. 11.

Die Knaggen haben verschiedene Form, eine der günstigsten möchte die in Fig. 7 dargestellte sein. Die Fig. 9 und 10 gehören dem Jahre 1539 an, die Fig. 6 und 7, Tafel III, dann die Holzschnittfigur 10 stammen aus den Jahren 1550, während die Fig. 5, 9, 12, 13 und 16 einen Uebergang zu einer dritten Periode bilden, in welcher der Einfluss des Gothischen ganz zurücktritt und die Formen der Renaissance ihre Alleinherrschaft antreten.

Das glänzendste und prachtvollste Beispiel dieser Periode ist der sogenannte Schulhof in Halberstadt; ein Stück dieses interessanten Gebäudes, aus dem Jahre 1559 stammend, ist in Fig. 14, Tafel III dargestellt; der so überaus reiche Bau, der nur unvollständig auf unsere Zeit gekommen ist, zeigt in höherem Grade, wie das bisher der Fall war, das Streben nach äusserem Reichtum und tritt uns hier in erster Reihe das Verschalen des Raums zwischen den Saumschwellen und den Fensterbrüstungsriegeln entgegen, wodurch freilich für diese Partie der Charakter des Fachwerks total abgeschwächt wird.

In dem Uebergangsbeispiele Fig. 5, welches dem ums Jahr 1574 erbauten bischöflichen Marstall entnommen ist, findet man diese Schalung mit jenen eigentümlichen Scheibenornamenten überdeckt, welche in der vorigen Periode

das typische Motiv für die Verzierung der Winkelbänder abgaben. Am Schulhofe fehlen auch die bisher vorkommenden charakteristischen Abfasungen durch Kehlungen und Viertelsstäbe; dasselbe ist der Fall bei dem in Fig. 6 dargestellten Baue, dessen Bauzeit jedoch nicht genau bekannt ist, der aber sehr wahrscheinlich im Anfange des XVII. Jahrhunderts entstanden sein möchte.

Knaggen und Balkenköpfe sieht man öfters in Gestalt von Fratzengesichtern geschnitzt, wie dies Fig. 12 und 14 zeigen, jedoch kommen auch einfachere Formen vor.

Bedeutend schmuckloser erscheinen die Fachwerksgebäude aus der Harz-

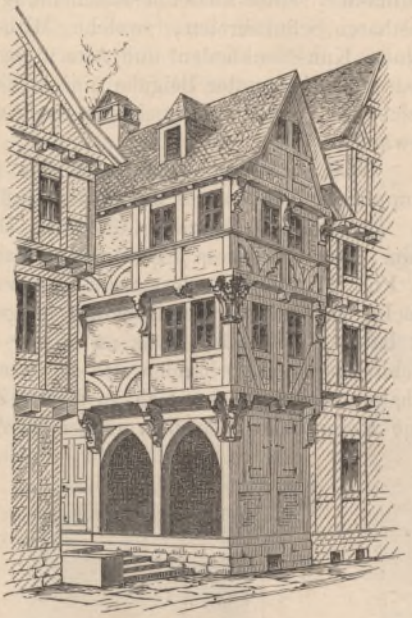


Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.

gegend, welche dem XVII. Jahrhundert angehören, und ist ein Bau aus dem Jahre 1669 in Fig. 15 dargestellt. Die Brüstungsverschalungen kommen nur selten vor, und auch der reiche Schmuck der Stockwerksgurtungen verschwindet allmählich, dafür aber machen sich wieder die Winkelbänder geltend und zwar in einer sehr reichen und für diese Periode besonders charakteristischen Anordnung. Sie durchkreuzen und verschlingen sich in den mannigfachsten Mustern und bilden gleichsam eine Art Flechtwerk, welches sich in den Fensterbrüstungen durch die ganze Länge des Hauses hin ausdehnt. Als eine passende Verzierung erscheinen die grossen starkvorspringenden Köpfe der hölzernen Nägel, durch welche die verschiedenen Winkelbänder an den sich kreuzenden Stellen verbunden sind. Zahlreiche Beispiele ähnlichen Charakters haben sich in Quedlinburg erhalten.

Leider verschwinden die schönen Denkmäler der früheren Holzarchitektur mehr und mehr, und selbst an die schönsten und so vielfach bewunderten Bauten tritt die Gefahr heran, der Nachwelt entzogen zu werden. Um so mehr ist es zu begrüssen, wenn konservirende Hände sich rühren, um zu retten, was noch zu retten ist.

Das sogenannte Fischersche Haus in Marburg, ein Prachtexemplar städti-

scher Holzarchitektur, wurde nach dem Abbruche in seinen wertvollsten Theilen in das Museum des Marburger historischen Vereins verbracht, und geben wir davon in Fig. 12 (S. 17) eine Abbildung; die hierzu gehörenden Details, wahre Meisterwerke der Holzschneidekunst, sind in den Figg. 13, 14, (S. 17) dargestellt.

Fig. 15.

Von dem alten Kaufmanns-Gildehause mit seiner reichen Fensterarchitektur in Göttingen (Fig. 15, 16 und 16a) besitzen wir leider nur noch eine photographische Aufnahme seiner äusseren Erscheinung; die kostbaren Schnitzereien, welche Mithof in seinen Kunstdenkmalen und Altertümern im Hannoverschen unter Beigabe einiger Skizzen beschreibt, sind wohl meistens ins Ausland gewandert.

Noch erhalten jedoch ist das schön gruppirte Holzhäuschen des Küfer Hoffmann in Bacharach; Baurat Cuno in Hildesheim, der auf diese Perle des Holzbaues, in Fig. 17 (S. 19) dargestellt, aufmerksam macht, hat das Verdienst, darauf hingewirkt zu haben, dass alles, was an älterer Holzarchitektur noch vorhanden ist, der Nachwelt erhalten bleibe; es hat sich zu diesem Zweck eine Kommission von hervorragenden Archi-

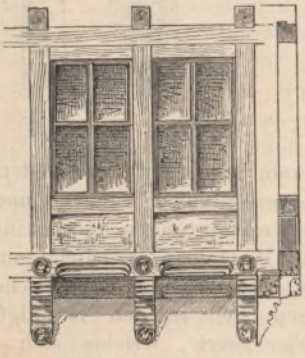


Fig. 16.

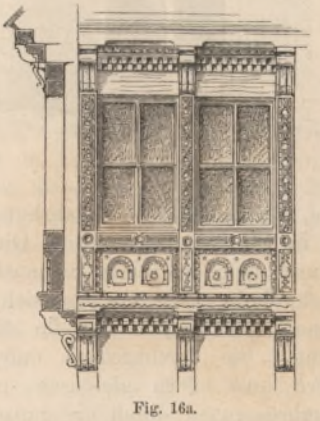


Fig. 16a.

tekten gebildet, welche es unternimmt, ein Sammelwerk für die auf uns gekommenen Holzarchitekturen des Mittelalters und der Renaissance zur Herausgabe zu bringen*). Möge dieser Gedanke reiche Unterstützung finden!

Weitere Beispiele älterer deutscher Holzbauten hier einer näheren Besprechung zu unterwerfen, würde zu weit führen und wird deshalb auf die betreffende Litteratur verwiesen**).

*) Zeitschrift für Baukunde 1881. IV. Band. 1. Heft.

**) Rathaus zu Duderstadt aus dem Jahre 1432. (Mithof, Kunstdenkmäler. II. Tafel VI.); Rathäuser von Fritzlar und Wernigerode aus den Jahren 1494—98

Bei aufmerksamem Studium der mittelalterlichen Holzarchitektur Englands, Frankreichs und Deutschlands erkennt man an allen älteren Bauten den prädominirenden Einfluss der die gothische Baukunst so vollkommen beherrschenden Steinmetzen; die bereits erwähnten, von unten sichtbaren Dachstühle der Kathedrale zu Ely*) und der Westminsterhalle in London*) sind glänzende Beispiele einer solchen dekorativen Holzkonstruktion und finden wir an denselben dieselben Profile, dasselbe Masswerk, dieselben Ornamente, pflanzliche sowohl wie figürliche, wie solche in erster Linie aus der Hausteinarchitektur hervorgegangen sind.

Auch in Reims und Rouen**) sind noch Häuser aus der ersten Hälfte des XV. Jahrhunderts erhalten, die in Fachwerk ausgeführt sind, an welchen man jedoch alle Elemente der reichsten, mittelalterlichen Steinarchitektur vorfindet. Aus dem Eselsrücken und den scheitrechten Bogen entwickelt sich die bekannte Kreuzblume; die Fenster- und Thürarchitektur ist von spitzturmartigen Phialen flankirt, auf schlanken Säulen erheben sich durch Baldachine überdeckte Figürchen, hohe Giebel, Wasserspeier, kurz und gut der ganze Apparat der gothischen Steinarchitektur ist hier auf die Holzarchitektur übertragen. Dieselben Erscheinungen lassen sich in Deutschland nachweisen und tritt dann erst eine Aenderung in der Bildung dieser Bauformen uns entgegen, nachdem sich die Renaissance in diesen Ländern geltend machte.

Fig. 17.

Während wir beispielsweise — wie schon früher erwähnt wurde — in den ältesten auf uns gekommenen Holzbauten aus der Harzgegend noch vielfach gothischen Formenelementen begegnen, so sind dieselben doch bereits von der Allgewalt des Klassizismus beeinflusst und stehen wir hier vor einer Kunstrichtung, wie solche sich an vielen Orten Italiens im Anfange des XIII. Jahrhunderts geltend machte. Dort haftete das Gefühl für das Antike so zu sagen am Grund und Boden, konnte sich aber keineswegs gegen die Eindrücke der phantastischen maurischen und gothischen Formenwelt verschliessen. Nichts ist natürlicher, als dass hierdurch eine Kunstrichtung sich anbahnte, die ähnlich wie die griechische Kunst sich aus den heterogenen Anschauungen der

(Moller, Denkmäler III. Band, und Puttrich, Denkmäler etc. II. 2.). Ferner Liebold, mittelalterliche Holzarchitektur; Lübke, deutsche Renaissance (Wohnhaus zu Eppingen S. 191 etc.); C. Böttchers Holzarchitektur des Mittelalters.

*) Viollet le Duc, Dictionnaire raisonné. tom. 3. p. 40 etc. (Charpente.)

**) Viollet le Duc, Dictionnaire raisonné. tom. 6. p. 266 etc. (Maison.)

derben Dorer und der verweichlichten Jonier herausgebildet hatte; auch hier waren die Keime gegeben, dass sich der Norden mit dem Süden zu gemeinsamem neuen Schaffen verband; die altitalienische Architektur fiel später der Renaissance zum Opfer. In Deutschland jedoch wirkte, freilich viel später, die importirte Antike auf die heimisch gewordene Gothik ein und bildeten sich Formen, welche ihrem Gehalte nach so ziemlich als gleichwertig mit denen der italienischen Gothik bezeichnet werden können. In den grösseren Reichsstädten: Nürnberg, Augsburg, Würzburg findet man, wenn auch vereinzelt, da die Zeitverhältnisse der Ausführung grösserer Bauten sehr hinderlich waren, Patrizierhäuser, in welchen das Gefühl für die bis dahin geübte Gothik durch den Geist der klassischen Renaissance augenfällig moderirt erscheint, Bauten, die eine ganz entschiedene Aehnlichkeit besitzen mit denen, die 200 Jahre vorher auf italienischem Boden entstanden waren.

Es liegen uns dem entsprechend zwei Zeitepochen vor, in welchen einmal die gothischen Elemente auf die antike Formenanschauung einwirkten, das zweite Mal aber kehrte sich das Verhältnis um, indem die heimatliche Gothik durch die Antike beeinflusst wurde. In beiden Fällen aber hiess es unter dem Einflusse des Vorhandenen selbständig zu schaffen, und man wird den Künstlern jener so beachtenswerten Bauperiode sicherlich nicht vorwerfen können, dass sie der Aufgabe, welche ihnen durch die Zeitverhältnisse gestellt war, nicht gewachsen gewesen wären; in beiden Perioden sind Kunstwerke schätzbarster Art entstanden, die freilich durchaus selbständig erdacht werden mussten und nicht, wie das später vielfach geschah, nach dem Kanon der für dogmatisch gehaltenen sogenannten Säulenordnung „aufgerissen“ werden*) konnten!

Während in Deutschland beim Holzbau sich vorherrschend das Fachwerk geltend machte, tritt uns überall in den waldreichen Ländern Osteuropas und der Alpen der Blockhausbau entgegen. Die Block- oder Schrotwand möchte als eine uralte Erfindung der Bewohner nadelholzreicher Gebirgsstriche anzusehen sein, und ging ihrem Alter nach jedenfalls dem Fachwerksbaue weit voraus, ja man verlegt sie wohl in die Zeit des frühesten Altertums und hat dafür insofern faktische Anhaltspunkte, da einzelne Steinmonumente aus dem VII. Jahrh. v. Chr. offenbar dem Blockhausbau nachgebildet worden sind**). Hauptsächlich aber sind es die Slaven und Russen, welche ihre Gebäude durch übereinandergelegte und mit einander verbundene Baumstämme konstruirten, eine Bauart, die auch vielfach von den Schweizern und gegenwärtig noch von den Bewohnern der Urwälder Amerikas aufgenommen wurde.

---

*) Siehe: Vollständige Anweisung zu der Civilbaukunst, in welcher nicht nur die 5 Ordnungen, sammt den dazu gehörenden Fenstergesimsen, Kämpfern, Geländerecken und Bilderstühlen, auf eine neue und sonderbar leichte Art in vollkommener Schönheit aufgerissen deutlich gewiesen, sondern auch getreulich entdeckt wird, welches bisher von keinem Baumeister geschehen, wie man auf alle vorkommende Fälle die Säulen allein, gegeneinander und übereinander stellen, Bogenlauben austheilen, ja ganze Gebäude aus gewissen und leichten Reguln erfinden, auf mancherlei Weise verändern und mit Bildhauerei und Malerei verzieren soll. Alles aus den besten Ueberresten des Alterthums und aus den auserlesensten Reguln Vitruvii, Vignolae, Scamozzii, Palladii und Anderen zusammengezogen, in bessere Ordnung gebracht, an vielen Orten verbessert durch Nicolaus Goldmann etc., ins Deutsche übertragen von L. Chr. Sturm, herausgegeben von der Akademie zu Wolfenbüttel, gedruckt bei Caspar Johann Bismarks seelige nachgelassene Wittib 1696.

**) Kugler, Geschichte der Baukunst. I. 76. Texier etc.

Bei der Schrot- oder Blockwand*) greifen die runden oder auch rechteckig bearbeiteten Stämme quer übereinander fort, indem sie gegenseitig um die Hälfte mit einander verkämmt sind; an den Ecken ragen sehr häufig die Blockhölzer aus der Wand hervor, obwohl die schwalbenschwanzförmige Verzinkung (ohne Vorsprung) nicht ausgeschlossen erscheint. Sämtliche Scheidewände treten, dieser Konstruktion entsprechend, in der Aussenwand sichtbar auf und bilden die Kopfenden der Blockhölzer dann häufig ähnliche lisenenartige Vorsprünge, wie dies an den Ecken des Gebäudes der Fall ist. Tafel V, Figg. 10, 11 und 12 zeigen solche Eckverbände im Detail, und giebt Fig. 12 zugleich ein Motiv für die einfachste dekorative Ausstattung derselben, wie dies besonders an Schweizer Holzhäusern der Fall ist.

Beim Blockhausbau lassen sich durch Ueberkragen der Blockhölzer im Aeussern der Gebäude starke, schützende Vorsprünge gewinnen, die vielfache Gelegenheit bieten, die konsolartig übereinander geschobenen Hölzer reich zu gruppiren und zu profiliren; auf diese Weise werden die schwebenden Teile der Balkenlagen sowohl, als auch der Dachvorsprünge in überraschend kühner aber sicherer Weise gestützt und bieten die weiter aus dieser Anordnung sich ergebenden, weit vortretenden Hauptbalken, Fenster- und Thürpfosten etc. eine nicht zu unterschätzende Gelegenheit zur dekorativen Ausstattung dieser schattenreichen und vom Wetter durchaus geschützten Partie. Eine solche Anordnung veranschaulichen die Figg. 2, 6 und 7.

Die weit ausladenden Balken mit ihren schön profilirten Kopfenden und ihren vielfach konsolartig angeordneten Unterstützungen sind häufig ihrer Länge nach mit Schnitzwerk verziert.

Oft erinnert das Schnitzwerk der Balken an das Gebälk des jonischen Tempels (Fig. 6), wobei man unwillkürlich an eine Nachahmung ursprünglicher Bretterverkleidung, an das antike Antepegment, erinnert wird. Das Profil der in unserer Figur übereinandergelegten Blockhölzer ist dem Prinzipe nach durchaus identisch mit dem antik gegliederten Architrav. Reicher erscheint die Ausbildung unter Zuhülfenahme von Verkleidungsbrettern und aufgesetzten, starken Holzleisten; hierdurch entsteht unmittelbar unter den vorspringenden Laubengängen eine stark sich aussprechende, reichgegliederte Gurtung, wie dies in Fig. 7 sichtbar ist. Den obersten Abschluss bildet hier ein Bogenfries von zierlichen Konsolen unterstützt, dann folgt ein reich ausgeschnittenes Schalbrett, das konstruktiv jedenfalls zur besseren Dichtung der Balkenlage beizutragen hat. In Fig. 9 ist ein Detail von einem Käsespeicher in Böningen dargestellt, wobei die obere Blockwand von der unteren um nahezu eine Holzbalkendicke vorspringt und dieser Vorsprung durch einen starken Balken vermittelt wird. Der schroffe Uebergang der hyperstatisch vortretenden Hölzer wird durch kleine und grosse Konsolen vermittelt. Eine der eingeschobenen Konsolen, welche das vorgeschobene Balkenblockholz zu unterstützen hat, ist so geschnitten, dass die Holzfasern der Konsole senkrecht gegen die der Balken gerichtet sind, denn hieraus resultirt ein kräftigeres Tragvermögen.

Charakteristisch für die Schweizer Blockhäuser ist auch die Anordnung von vertieft eingestochenen Pflanzengewinden, wie solche die Saumschwelle in der vorgeführten Figur 7 darstellt. Das Fensterbrüstungsgesims ist oft dem Balkenfriese entsprechend geformt, jedoch in geringerer Höhe ausgebildet.

---

*) Diesen Mitteilungen liegen die vorzüglichen Publikationen von Prof. Gladbach zu Grunde, dessen gründlich bearbeitetes Werk: „die Schweizer Holzarchitektur" nicht warm genug empfohlen werden kann.

Wojewódzka Biblioteka Publiczna Zbiory Śląskie w Opolu

Abfasungen kommen beim Blockhausbau nur vereinzelt an den Thür- und Fensterrahmhölzern, hin und wieder auch an vortretenden Blockhölzern selbst vor (Figg. 6, 9); häufiger sind die aus Brettern ausgeschnittenen oft sehr geschmackvollen Thür- und Fenstereinfassungen, die wohl durch aufgeschlagene Leisten und bekrönende Kehlstösse zu einem abgeschlossenen Ganzen zusammengefasst sind. Die scharfen Kanten der Stirnhölzer sind vielfach mit Reihen von Auskerbungen in Bogenform versehen.

In den Figg. 1 und 2, Tafel V sind einige Details mitgeteilt, wie solche an den Blockspeicherbauten in Langnau und Bärau aus dem Jahre 1759 sich befinden; beide zeigen die Anordnung der Laubengänge mit ihren reich profilirten Tragsäulen und geschmackvoll ausgeschnittenen Brüstungsbrettern. Eine höhere Wirkung wird dem Schweizerischen Blockhause in der Regel durch Malerei gegeben.

Auf Tafel IV in den Figg. 2, 3 und 4 sind drei der hervorragendsten Schweizerblockhäuser dargestellt, und sei hier zur weiteren Erläuterung noch erwähnt:

Fig. 2 giebt die Giebel- und Seitenansicht des hohen Hauses zu Wolfenschiessen im Kanton Unterwalden, das im Jahre 1586 von einem damaligen eidgenössischen Gesandten bei der Republik Venedig erbaut wurde. Der fromme Bauherr liess im Dachstocke seines Wohnhauses einen grossen Betsaal mit einer Holzdecke in Gewölbeform herstellen und ein Glockentürmchen auf dem Dache für die umwohnenden Familien errichten.

Die Vordächer am Giebel erhalten nach oben hin in ihrer Ausladung stufenweise eine bedeutendere Ausladung, um die unteren vor dem oben abfallenden Traufwasser zu schützen.

Das oberste Vordach, das nicht wie die unteren auf den verlängerten Blockhölzern der Haupt- und Scheidewände eine feste Stütze finden kann, ist als sogenanntes Klebdach konstruirt, d. h. dessen Stützpfosten sind mit eisernen Nägeln und Keilen an die Blockwand befestigt.

Das in Fig. 3 dargestellte Bauernhaus, Rosswiesli genannt, gehört zur Gemeinde Fischenthal im Kanton Zürich; der Bau scheint der Mitte des XVIII. Jahrhunderts anzugehören und repräsentirt die Konstruktion der Bohlenwand, d. h. der verstrebten Ständer mit eingeschobenen, horizontal übereinander liegenden Bohlen.

Charakteristisch für die Konstruktion des Ständerwerkes bei diesem Baue ist, dass sämtliche Eck- und Bundständer durch zwei Stockwerke hindurchreichen, dazwischen reihen sich die Fenster- und Thürstiele an, während die seitliche Verspannung durch die Brüstungs- und Sturzriegel der Fenster und Thüren erreicht wird.

Die Bohlen, welche die Fache des Ständerwerkes ausfüllen und gleichfalls verspannen, sind sowohl unter sich als auch mit den Ständern und Riegeln vernuthet. Fig. 4, Tafel V stellt ein Detail mit der Fensteranordnung dar.

Eine eigentümliche Anordnung, jedoch von malerischer Wirkung, ist bei der Art und Weise gewählt, wie die aus dem Dache hervortretenden Pfosten nicht direkt die Sparren, beziehungsweise die Aufschieblinge unterstützen; die profilirten Sparren der Giebelausladung satteln sich mit kurzen Balkenstichen und Pföstchen in Dreieckform auf die Pfettenköpfe, so dass hier kleine kreisrunde Durchbrechungen entstehen, worin die Bewohner zuweilen Holzkästchen zum Nisten für Vögel einschieben.

Fig. 4 ist das Pfarrhaus in Steinen, mit hohem Ziegeldach, im Kanton Schwyz; es wurde von zum Kirchspiel gehörenden Gemeinden im Jahre 1653

gebaut. Die Dachsparren bilden im First einen unmerklich stumpfen Winkel und ruhen auf einer 0,78 m hohen Kniewand, um mit Zuziehung von Aufschieblingen den Seitenlauben die erforderliche Höhe zu geben.

Fig. 5 stellt den Meierhof in Höng im Kanton Zürich dar, und haben wir es bei diesem Bau mit dem ausgesprochendsten Riegel- oder Fachwerksbau zu thun. Das Riegelwerk ist mit roten Sandsteinbruchstücken in weissem Mörtel sauber ausgefüllt und beginnt erst über einem Massivbau von zwei Etagenhöhe. Das Ganze, äusserst schlicht, aber in schönem Verhältnisse, erhält durch den Gegensatz des rot angestrichenen Holzwerkes und der grünen Fensterläden mit den rot und weiss gesprenkelten Mauerflächen ein ganz besonders schmuckes Aussehen.

Ein Gleiches ist von dem in Fig. 6 dargestellten Fachwerksgebäude zu Schirmensee bei Rapperswil zu sagen; dieses nahe am Züricher See gelegene Haus ist nach der Inschrift über der Hausthüre im Jahre 1673 gebaut; doppelt übereinander errichtete Keller geben dem Gebäude einen imponirenden massiven Unterbau, der das reich gegliederte Fachwerk auf sich nimmt.

Wir können die Besprechung der Schweizer Holzbauten nicht beschliessen, ohne nicht noch einige Beispiele der sorgsamsten Detailkonstruktion zu geben.

Fig. 5, Tafel V stellt ein Detail dar von dem Hause Fallet in Bergau (Kanton Graubünden); am offenen Giebel des als Heuspeicher benutzten Dachraumes wird eine stehende Stuhlsäule sichtbar, von derselben gehen nach allen Seiten vielfach profilirte Kopfbüge aus und zwar in so feiner Ausbildung, wie eine solche nur immer erdacht werden kann. Das Gebäude selbst stammt aus dem Jahre 1564.

Als Beispiele für die reiche Anordnung von Stützkonstruktionen, welchen die schweizerischen Zimmermänner eine besondere Aufmerksamkeit widmeten, mögen die Figg. 3, 8 und 13 dienen.

Fig. 3 zeigt die Verbindung des Bohlenständerwerks mit den Lauben und Vordächern eines Hauses bei Eggiwyl aus dem vorigen Jahrhundert. Fig. 8 gibt ein Detail von der am Giebel sichtbaren Dachkonstruktion der Mühle zu St. Maria im Kanton Graubünden; mit besonderer Aufmerksamkeit sind hier die Kopfbüge und die gewundenen Strebehölzer geschnitzt; auch hier ist der Stützkonstruktion des weit vortretenden Daches in verständnisvoller Weise Rechnung getragen.

Fig. 13 endlich stellt eine Tragsäule mit Unterzug und Sattelholz dar, wie solche in der bedeckten Vorhalle eines Hauses von Untersee bei Interlaken aus dem Anfange des XVII. Jahrhunderts sich befindet.

Wirft man einen Rückblick auf die Holzarchitektur der Schweiz, so muss unumwunden anerkannt werden, dass hier Zimmerarbeiten vorliegen, die in bezug auf Korrektheit in der Konstruktion und künstlerischen Gestaltung die höchste Stufe erreichen. Nirgend anderswo finden sich jene so originellen und durchaus zweckentsprechenden Holzverbindungen, wie sie bei Anordnung von Stützen, Streben und Verschränkungen etc. vom Schweizer Zimmermann erdacht und ausgeführt wurden; man erkennt an all' diesen Arbeiten die Freudigkeit an selbstbewusstem Schaffen und die Begeisterung für das Schöne; ohne Rücksicht auf die sich in den Städten breit machende Schulrichtung wurde sämtlichen Konstruktionsteilen eine ungesuchte, dem Material entsprechende schöne Form gegeben, das schlichte Handwerk schwang sich durch eigene Kraft empor und schuf Kunstwerke, die sich wohlberechtigt mit anderen vergleichen lassen.

Alle Gross- und Kleinformen im Schweizer Holzbau sind schwungvoll und harmonisch gestaltet, sie zeigen eine Schönheit der Verhältnisse, einen feinen Geschmack in der Ornamentirung, der sie zu wahren Kunstwerken stempelt. Hiezu kommt noch die wirkungsvolle Farbengebung an Läden, Konsolen, Streben und Dachunteransichten, die nie fehlende Bepflanzung mit Weinreben, endlich die lebendige Dekoration durch Blumen in Töpfen an den Fenstern und Lauben, und man wird zugestehen, dass dies alles aus der Natur und dem Volksleben herausgewachsen ist, als eine wahrhaft gesunde volkstümliche Erscheinung, als ein verständiges gemütvolles Werk eines selbstbewussten, freien Volksstammes.

Wenn auch die Bauten des Schwarzwaldes, des österreichischen und bayerischen Gebirges einige Aehnlichkeit mit den Schweizer Holzbauten nachweisen, so machen sie doch einen mehr nüchternen, minder heiteren Eindruck.

In den höchst gelegenen Gegenden des Schwarzwaldes sind die Häuser auf allen Seiten beschindelt, so dass die vom Regen und Sonnenschein lichtgrau gefärbte Verkleidung das Aussehen eines Stahlpanzers annimmt und dadurch eine eigentümlich malerische Wirkung hervorbringt. Ueberall ist ein ausgesprochener Sinn für Einfachheit, praktische Anordnung der Räumlichkeiten sowie eine tüchtige Ausführung in die Augen springend; nur selten macht der Schwarzwälder von der Farbe Gebrauch, um die ungesuchte natürliche Anordnung seines Daheims pikanter zu machen.

Die Bauernhäuser des Schwarzwaldes bestehen vorherrschend aus der Bohlenwandkonstruktion und besitzen in den meisten Fällen ein massives Erdgeschoss und ein sehr hohes sogenanntes Winkeldach, das früher mit Stroh, jetzt mit Schindeln gedeckt ist. Durchbrochenes Schnitzwerk, oft die einzige Aussenverzierung des Hauses, beschränkt sich in der Regel auf die Brüstungen der Laubengänge und auf die Umrahmungen der Fenster.

Die Bauernhäuser der österreichischen Alpen nähern sich nach Süden zu, wie z. B. im Montavon-Thale der schweizerischen Auffassung; gegen Norden stimmen sie nahezu in ihren Anlagen mit den Gebäuden des bayerischen Hochlandes überein. In früherer Zeit war der Blockbau der vorherrschende, während später die Bohlenwand und auch das nach aussen mit Brettern verkleidete Riegelwerk sich geltend machten; überall haben wir es mit weitvorspringenden, flachen mit Legschindeln bedeckten Dächern zu thun, die mit grossen Steinen beschwert sind. Die hauptsächlichste Dekoration bilden Bretterausschneidungen an den Brüstungen der Lauben und an den Sparren- oder Windbrettern des weit vortretenden Giebels. Die am Giebel zu Tage tretenden und die Sparren tragenden Pfettenhölzer sind stets durch Stirnbretter gegen den Anprall des Regens geschützt und geben Anlass zu den verschiedensten Bretterausschneidungen; die Spitze des Giebels wird ähnlich behandelt, die Windbretter kreuzen sich oft daselbst und sind, weit über die Sparren hinaustretend, bald als Gemsen- und Pferdeköpfe, bald in irgend einer anderen ornamentalen Form ausgeschnitten, während sich in deren Mitte ein Kreuz mit Doppelarmen erhebt. An den älteren Bauernhäusern treten weitere dekorative Elemente hinzu, so findet man vielfach den Zahnschnitt unter den Brüstungsgesimsen angebracht, auch sind Stirnbretter noch vielfach aufzufinden, die auf das lebhafteste an die Form der Triglyphen erinnern, während bei den Bretterausschnitten der Brüstungen häufig das Profil der dorischen Säule leicht erkennbar ist.

Sind diese Häuser des Oberlandes auch von weniger geschickten Zimmermännern (wie dies in der Schweiz der Fall ist) ausgeführt, so tragen namentlich die älteren aus Lärchenholz hergestellten Holzbauten doch einen überaus

freundlichen Charakter und passen vortrefflich in die waldumgebene Gebirgslandschaft. Leider scheint der gegenwärtigen Generation der Sinn für solche Schönheit gänzlich zu fehlen, auch unsere bureaukratischen Bauordnungen sind meistens nicht dazu angethan, unser Gebirgsvolk dazu aufzumuntern am typisch gewordenen malerischen Holzbau der Vergangenheit festzuhalten.

Nach diesen historischen Rückblicken auf die so bedeutenden Erfolge, welche der Holzbau in konstruktiver und künstlerischer Seite Jahrtausende hindurch sich errungen hat, macht sich im Verfolge unserer Zeit das Streben immer mehr geltend, das leicht entzündliche Holz teilweise sowohl, als auch ganz und gar durch solche Materialien zu ersetzen, die durch Unverbrennbarkeit Sicherheit gegen Feuersgefahr gewähren.

Bei wichtigen Dachkonstruktionen verwendet man heutzutage nur noch das Eisen, während beim Treppenbau und bei der Konstruktion von Zwischendecken das Steinmaterial mehr und mehr in den Vordergrund tritt. Im Brückenbau steht bereits das Holz auf dem Aussterbe-Etat, und möchte man versucht sein, die Annahme zu machen, dass jenes Baumaterial, welches den Menschen den ersten Schutz dargeboten hat, in bezug auf den Wohnhausbau am Vorabende seiner Verbannung stände!

Einteilung der Zimmermannsarbeiten.

I. Holzverbindungen.
II. Holzwände.
III. Gebälke oder Balkenlagen.
IV. Dächer.
V. Dacheindeckung und Gesimsbildung aus Holz.
VI. Treppen.

Allgemeines.

Die im Hochbau vorkommenden Holzkonstruktionen werden fast ausnahmslos entweder aus kantig, mit der Axt beschlagenen Hölzern oder aus solchen, die auf der Säge geschnitten sind, hergestellt, und lässt sich annehmen, dass hiezu Baumstämme verwendet werden, die mindestens 15, höchstens 50 cm einschliesslich ihrer Rinde am Zopfende stark sind.

Die folgende Tabelle gibt an, welche vollkantigen Bauhölzer aus Baumstämmen von 15 bis 50 cm Zopfstärke sich schneiden oder beschlagen lassen; in der Tabelle bedeuten: h die Höhe, b die Breite, F den Querschnitt und W das Widerstandsmoment eines Balkens (auf cm bezogen); die fetten Tabellenzahlen beziehen sich auf das Seitenverhältnis $b : h = 5 : 7$, wobei W seinen Maximalwert erreicht.

Ganzholztabelle.

Ein Baumstamm giebt nach Abzug von 1 cm Rinde, beschlagen:

Bei einer Zopfstärke (mit Rinde) von cm	ein vollkantig Bauholz			ein baumkantig Bauholz
	$h \times b$ cm	F qcm	$W = F\frac{h}{6}$	$h \times b$ cm
15	10×10	100	166	11×11
	$11 \times 8{,}5$	93	170	12×10
	$11{,}40 \times 8{,}13$	**92,65**	**175,97**	
	12×7	84	168	
16	$10{,}5 \times 10{,}5$	110	192	12×12
	11×10	110	200	13×11
	12×9	108	216	
	$12{,}2 \times 8{,}72$	**106,32**	**216,19**	
	$13 \times 7{,}5$	97	210	

Ganzholztabelle.

Ein Baumstamm giebt nach Abzug von 1 cm Rinde, beschlagen:

Bei einer Zopfstärke (mit Rinde) von cm	ein vollkantig Bauholz			ein baumkantig Bauholz
	$h \times b$ cm	F qcm	$W = F\frac{h}{6}$	$h \times b$ cm
17	11 × 11	121	222	13 × 13
	12 × 10	120	240	14 × 12
	13 × 9,30	**120,85**	**261,84**	
	14 × 7,5	105	245	
18	12 × 12	144	288	13,5 × 13,5
	13 × 11	143	309	14,5 × 12,5
	13,84 × 9,88	**136,68**	**315,56**	
	15 × 8	120	300	
19	12,5 × 12,5	156	325	14 × 14
	13 × 12	156	338	15 × 13
	14 × 11	154	359	
	14,65 × 10,46	**153,23**	**374,19**	
	15 × 9,5	142	355	
20	13,5 × 13,5	182	409	15 × 15
	14 × 13	182	424	16 × 14
	15 × 11,5	172	430	
	15,47 × 11,04	**170,73**	**440,08**	
	16 × 10	160	426	
21	14 × 14	196	457	16 × 16
	15 × 13	195	487	17 × 15
	16 × 12	192	512	
	16,28 × 11,62	**189,17**	**513,28**	
	17 × 10,5	178	504	
22	15 × 15	225	562	16,5 × 16,5
	16 × 13,5	216	576	17,5 × 15,5
	17,09 × 12,20	**208,52**	**593,92**	
	18 × 10,5	189	567	
23	15,5 × 15,5	240	620	17 × 17
	16 × 15	240	640	18 × 16
	17 × 14	238	674	
	17,91 × 12,78	**228,90**	**683,19**	
	19 × 11	209	662	
24	16 × 16	256	682	
	17 × 15	255	722	18 × 18
	18 × 14	252	756	
	18,72 × 13,36	**250,18**	**780,28**	
	19 × 12,5	237	750	
25	17 × 17	289	819	19 × 19
	18 × 16	288	864	20 × 18
	19 × 14,5	275	870	
	19,54 × 13,94	**272,41**	**886,95**	
	20 × 13	260	866	
26	17,5 × 17,5	306	892	19,5 × 19,5
	18 × 17	306	918	20,5 × 18,5

Ganzholztabelle.

Ein Baumstamm giebt nach Abzug von 1 cm Rinde, beschlagen:

Bei einer Zopfstärke (mit Rinde) von cm	ein vollkantig Bauholz			ein baumkantig Bauholz
	$h \times b$ cm	F qcm	$W = F\frac{h}{6}$	$h \times b$ cm
	19 × 16	304	962	
	20 × 15	300	1000	
	20,35 × 14,53	**295,58**	**1002,52**	
	21 × 13,5	283	990	
27	18,5 × 18,5	342	1054	20 × 20
	19 × 18	342	1083	21 × 19
	20 × 16,5	330	1100	
	21 × 15	315	1102	
	21,16 × 15,11	**319,70**	**1127,70**	
	22 × 13,5	297	1089	
28	19 × 19	361	1143	21 × 21
	20 × 18	360	1200	22 × 20
	21 × 17	357	1249	
	21,98 × 15,69	**343,77**	**1259,23**	
	23 × 14	322	1234	
29	20 × 20	400	1333	22 × 22
	21 × 18,5	388	1358	23 × 21
	22 × 17	374	1371	
	22,79 × 16,27	**370,75**	**1408,22**	
	23 × 15,5	356	1364	
30	20,5 × 20,5	420	1435	22,5 × 22,5
	21 × 20	420	1470	23,5 × 21,5
	22 × 19	419	1536	
	23 × 17,5	402	1541	
	23,61 × 16,85	**397,74**	**1564,83**	
	24 × 16	384	1536	
31	21 × 21	441	1543	23 × 23
	22 × 20	440	1613	24 × 22
	23 × 19	439	1683	
	24 × 18	432	1728	
	24,41 × 17,44	**425,67**	**1731,92**	
	25 × 16,5	412	1716	
32	22 × 22	484	1774	24 × 24
	23 × 21	483	1851	25 × 23
	24 × 19,5	468	1872	
	25 × 18,3	457	1904	
	25,23 × 18,02	**454,40**	**1910,81**	
	26 × 16,5	429	1859	
33	22,5 × 22,5	506	1897	25 × 25
	23 × 22	506	1939	26 × 24
	24 × 21	504	2016	
	25 × 20	500	2083	
	26,04 × 18,60	**484,30**	**2101,78**	
	27 × 17	459	2065	

Ganzholztabelle.

Ein Baumstamm giebt nach Abzug von 1 cm Rinde, beschlagen:

Bei einer Zopfstärke (mit Rinde) von cm	ein vollkantig Bauholz			ein baumkantig Bauholz
	$h \times b$ cm	F qcm	$W = F\frac{h}{6}$	$h \times b$ cm
34	23 × 23	529	2028	25,5 × 25,5
	24 × 22	528	2112	26,5 × 24,5
	25 × 21	525	2187	
	26 × 20	520	2253	
	26,85 × 19,18	**515,07**	**2305,18**	
	28 × 17,5	490	2286	
35	24 × 24	576	2304	26 × 26
	25 × 23	575	2396	27 × 25
	26 × 22	572	2478	
	27 × 20,5	553	2488	
	27,67 × 19,76	**546,76**	**2521,18**	
	28 × 19	532	2482	
36	25 × 25	625	2604	27 × 27
	26 × 23,5	611	2647	28 × 26
	27 × 22	594	2673	
	28 × 21	588	2744	
	28,48 × 20,34	**579,37**	**2750,07**	
	29 × 19,5	565	2730	
37	25,5 × 25,5	650	2762	28 × 28
	26 × 25	650	2816	29 × 27
	27 × 24	648	2916	
	28 × 22,5	630	2940	
	29 × 21,3	617	2982	
	29,29 × 20,92	**612,95**	**2992,61**	
	30 × 19,5	585	2925	
38	26 × 16	676	2929	28,5 × 28,5
	27 × 25	675	3037	29,5 × 27,5
	28 × 24	672	3136	
	29 × 23	667	3224	
	30,11 × 21,51	**647,50**	**3249,17**	
	31 × 20	620	3203	
39	27 × 27	729	3280	29 × 29
	28 × 25,5	714	3332	30 × 28
	29 × 24,5	710	3431	
	30 × 23	690	3450	
	30,92 × 22,09	**682,97**	**3519,82**	
	32 × 20	640	3413	
40	27,5 × 27,5	756	3465	30 × 30
	28 × 27	756	3528	31 × 29
	29 × 26	754	3644	
	30 × 24,5	735	3675	
	31 × 23,5	720	3720	
	31,74 × 22,67	**719,42**	**3805,27**	
	32 × 22	704	3754	

Ganzholztabelle.

Ein Baumstamm giebt nach Abzug von 1 cm Rinde, beschlagen:

Bei einer Zopfstärke (mit Rinde) von cm	ein vollkantig Bauholz			ein baumkantig Bauholz
	$h \times b$ cm	F qcm	$W = F\frac{h}{6}$	$h \times b$ cm
41	28 × 28	784	3658	31 × 31
	29 × 27	783	3784	32 × 30
	30 × 26	780	3900	
	31 × 25	775	4004	
	32 × 24	768	4096	
	32,55 × 23,25	**756,73**	**4181,46**	
	33 × 22,5	742	4081	
42	29 × 29	841	4065	31,5 × 31,5
	30 × 28	840	4200	32,5 × 30,5
	31 × 27	837	4324	
	32 × 25,5	816	4352	
	33 × 24,3	802	4411	
	33,36 × 23,83	**795,07**	**4421,01**	
	34 × 22,5	765	4335	
43	29,5 × 29,5	870	4277	32 × 32
	30 × 29	870	4350	33 × 31
	31 × 28	868	4484	
	32 × 27	864	4608	
	33 × 26	858	4719	
	34,18 × 24,41	**834,22**	**4751,73**	
	35 × 23	805	4696	
44	30,5 × 30,5	930	4727	33 × 33
	31 × 30	930	4805	34 × 32
	32 × 29	928	4949	
	33 × 27,5	907	4988	
	34 × 26	884	5009	
	34,99 × 24,99	**874,38**	**5098,93**	
	36 × 23,5	846	5076	
45	31 × 31	961	4965	34 × 34
	32 × 30	960	5120	35 × 33
	33 × 29	957	5263	
	34 × 28	952	5394	
	35 × 26,5	927	5407	
	35,80 × 25,57	**915,51**	**5462,85**	
	37 × 23,5	869	5359	
46	32 × 32	1024	5461	34,5 × 34,5
	33 × 30,5	1006	5533	35,5 × 33,5
	34 × 29,5	1003	5683	
	35 × 28	980	5716	
	36 × 27	972	5832	
	36,62 × 26,15	**957,67**	**5844,36**	
	37 × 25,5	943	5815	
47	32,5 × 32,5	1056	5720	35 × 35
	33 × 32	1056	5803	36 × 34

Ganzholztabelle.

Ein Baumstamm giebt nach Abzug von 1 cm Rinde, beschlagen:

Bei einer Zopfstärke (mit Rinde) von cm	ein vollkantig Bauholz			ein baumkantig Bauholz
	$h \times b$ cm	F qcm	$W = F\frac{h}{6}$	$h \times b$ cm
	34 × 31	1054	5972	
	35 × 30	1050	6125	
	36 × 28,5	1026	6156	
	37 × 27,3	1010	6228	
	37,43 × 26,74	**1000,70**	**6244,36**	
	38 × 25,5	969	6137	
48	33 × 33	1089	5989	36 × 36
	34 × 32	1088	6165	37 × 35
	35 × 31	1085	6329	
	36 × 30	1080	6480	
	37 × 29	1073	6617	
	38 × 27,5	1045	6618	
	38,24 × 27,32	**1044,67**	**6658,75**	
	39 × 26	1014	6591	
49	34 × 34	1156	6550	37 × 37
	35 × 33	1155	6737	38 × 36
	36 × 32	1152	6912	
	37 × 30,5	1128	6956	
	38 × 29	1102	6979	
	39,04 × 27,90	**1089,68**	**7094,00**	
	40 × 26,5	1060	7066	
50	34,5 × 34,5	1190	6844	37,5 × 37,5
	35 × 34	1190	6941	38,5 × 36,5
	36 × 33	1188	7128	
	37 × 32	1184	7301	
	38 × 31	1178	7460	
	39 × 29,5	1150	7475	
	39,87 × 28,48	**1135,50**	**7545,30**	
	41 × 26,5	1086	7421	

Die aus den runden Baumstämmen gewonnenen kantigen Bauhölzer dienen sehr verschiedenen Zwecken; nach ihrer verschiedenen Bestimmung hat man dafür auch sehr verschiedene Benennungen, und gehören hierher die Balken-, Sparren- und Schwellhölzer, ferner die Pfosten-, Ständer-, Stiel-, Pfetten- und Riegelhölzer etc. zur Herstellung von Balkenlagen, Dachgespärren und Riegel- oder Holzwänden etc.

Bei der Verwendung des Holzes zu zusammenhängenden Zimmerkonstruktionen erhalten die zu verbindenden Hölzer bald eine horizontale, bald eine schräg liegende, eine stehende oder selbst eine gekrümmte Anordnung; stets aber ist dabei auf die Richtung der Fasern, auf die Lage der Spiegel, auf den Kern und den Splint zu achten. Holz nach dem Spiegel geschnitten ist z. B. weit weniger dem Schwinden unterworfen, als das nach den Jahresringen geschnittene, weshalb namentlich Werkholz womöglich in dieser Richtung zu spalten ist. Auch die Lage von Splint und Kern an Verbandhölzern ist mit

aller Aufmerksamkeit ins Auge zu fassen. Wird der Kern überall vom Splint gleichmässig umgeben, so erfolgt keine Krümmung, wie dies z. B. an hölzernen Ständern beobachtet werden kann, die man rund lässt oder regelmässig acht- oder auch vierkantig bearbeitet; bohrt man dabei den inneren Kern heraus, so werden solche Ständer (Säulen) nicht kernrissig werden, indem sie dann auch innen austrocknen können und eine gleiche Spannung in den Holzfasern eintritt.

Befindet sich der Kern an einem Verbandstücke vorzugsweise auf der einen, der Splint auf der anderen Seite, so krümmt sich dasselbe sehr leicht und muss diesem Uebelstande durch die Art und Weise der Verwendung der Verbandstücke entgegengewirkt werden. Liegende Hölzer, z. B. Balken, die auf einer Seite mehr Kern, auf der anderen Seite mehr Splint haben, krümmen sich mit dem Kern nach oben; deshalb legt man diesen Teil nach oben, weil dann die Schwere des Holzes der Krümmung entgegen wirkt. Ein solches Holz kann dann auch stärker belastet werden, als eines, welches fehlerhaft mit dem Splinte nach oben gelegt wird, wobei Gewicht und Werfen vereint zum Durchbiegen (Sichsenken in der Mitte) wirken. Alle stehenden Hölzer, welche einen Seitendruck erleiden, müssen ihre Kernseite dem Drucke entgegenkehren. Alle senkrecht stehenden Stiele in Holzwänden müssen so gestellt werden, dass die dazwischen gespannten Holzriegel dem Werfen entgegen wirken.

Wie die Verteilung von Splint und Kernholz bei jedem Verbandstücke dessen Verwendbarkeit beeinflusst, so ist dies auch der Fall mit den allgemeinen Eigenschaften der alle Hölzer zusammensetzenden Holzfasern; dieselben lassen sich leicht von einander trennen, oder abspalten, leicht zerbrechen, schwerer aber zerreissen. Durch seitlichen starken Druck werden sie oft so zusammengepresst, dass eine nicht unmerkliche Höhendifferenz sich ergiebt, während eine Kraft, welche die Holzfaser der Höhe nach zusammen zu pressen imstande ist, (wodurch eine Verkürzung derselben erfolgen würde) eine sehr grosse sein muss.

Da es in der Natur der Sache liegt, dass die meisten Holzkonstruktionen aus einer grösseren Anzahl von Verbandhölzern bestehen, so ist es die Aufgabe des Zimmermanns, dieselben ihren Funktionen entsprechend mit einander zu verbinden und hat man solche Verbindungen zu scheiden in solche für kantig bearbeitete Hölzer und solche für Bretter und Bohlen.

I. Vom Verbinden der Hölzer.

Die üblichen Verbindungen für kantig bearbeitete Hölzer sind: 1. der Stoss, 2. das Blatt, 3. der Kamm, 4. der Zapfen, 5. die Versatzung, 6. die Klaue, 7. die Verzahnung, 8. die Verdübelung und 9. die Verschränkung.

Um runde Hölzer (Grundpfähle) mit einander zu verbinden, verwendet man entweder die Verpfropfung oder das Blatt.

Für Bretter und Bohlen verwendet man das Fugen, das Falzen, das Nuthen und das Verzinken.

1. Beim Stoss unterscheidet man entweder den geraden Fig. 1 Tafel VI oder den schrägen Stoss (Fig. 2), wobei zwei Hölzer mit gleichem Querschnitt der Längenrichtung nach aneinander gestossen werden, nachdem die betreffenden Hirnseiten einmal vertikal, das zweite mal etwas schräg geschnitten

sind; eine solche Verbindung setzt bei horizontal liegenden Hölzern eine sichere Unterstützung der gestossenen Stelle voraus. Soll diese Verbindung einen energischen Widerstand gegen Verschieben und Auseinanderziehen besitzen, so wird dieselbe armirt, und geschieht dies wohl durch seitlich angenagelte eiserne Schienen oder Platten, die entweder mit Nägeln oder besser durch Schraubenbolzen befestigt werden.

Soll die Verbindung des Stosses ohne Eisen einer möglichen Trennung erhöhten Widerstand entgegensetzen, wählt man: den Stoss mit eingesetztem geraden Stück Fig. 3, oder den Stoss mit schräg geschnittenem Stück Fig. 4; beide Verbindungen erhalten dann eine nach den Diagonalen angeordnete Nagelung.

Handelt es sich darum, den zu stossenden Hölzern eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen das Auseinanderziehen nach ihrer Längsrichtung zu geben, so wählt man: den Stoss mit eingesetztem geraden Haken Fig. 5; ein seitliches Verschieben lässt sich durch die schräg angeordneten Schnitte in Fig. 6 verhindern, während ein mögliches Herausheben des eingesetzten Hakens sich durch Anbringung von eingetriebenen Keilen verhindern lässt, wie dies die Fig. 7 näher erklärt; eine solche Verbindung möchte als nach allen Seiten hin untrennbar zu betrachten sein.

Wird die Verbindung des Stosses bei doppelten Tragständern in Anwendung gebracht, so genügt zur Erzielung der Untrennlichkeit eine Verbolzung, wie solche in Fig. 8 angegeben ist. Keineswegs ist aber der Stoss ausgeschlossen bei Hölzern, die sich im rechten oder in irgend einem andern Winkel treffen, wobei dann wohl zur kräftigeren Verbindung eine oder zwei Klammern in Anwendung kommen, wie dies in Fig. 9 dargestellt ist.

2. Das Blatt oder die Verblattung findet ungemein vielseitige Anwendung; es wird besonders dann verwendet, wenn es sich darum handelt, Hölzer mit gleich hohen Querschnitten so mit einander zu verbinden, dass ihre oberen und unteren Flächen in gleicher Ebene (bündig) liegen; dabei kann diese Verbindung die Funktion übernehmen: Verbandhölzer zu verlängern; Hölzer zu verbinden, die sich in rechten oder in irgend einem andern Winkel treffen, oder sich kreuzen; auch da, wo sich Ecken bilden, findet das Blatt Anwendung. Man unterscheidet hierbei: Das gerade Blatt Fig. 10, das meistens durch Nagelung zusammengehalten wird; es findet bei horizontal liegenden Hölzern, die aus mehreren Längen zusammengesetzt werden müssen, Anwendung, wobei dann die verblattete Stelle eine gesicherte Unterstützung durch einen Ständer oder eine Mauer haben muss.

Soll dem geraden Blatte eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Herausheben gegeben werden, so giebt man demselben einen schrägen Schnitt, wie in Fig. 11 und nennt es ein gerades Blatt mit schrägen Schnitten.

Das schräge Blatt Fig. 12 wird meistens angewendet bei Hölzern von geringen Höhendimensionen. Der bei diesen Blättern durch Nägel erzielte Widerstand gegen Zug in der Richtung der Längenaxe kann selbstverständlich durch Anwendung von eisernen Bolzen, Klammern etc. bedeutend erhöht werden; dasselbe lässt sich jedoch auch erreichen durch die verschiedenen Hakenblätter, als da sind:

Das gerade Hakenblatt Fig. 13; das gerade Hakenblatt mit schrägen Schnitten Fig. 14; endlich das gerade Hakenblatt mit schrägem Schnitt und Keil Fig. 15; sind in letzterer Verbindung die Keile zugleich von beiden Seiten eingetrieben, so ist dem seitlichen Verschieben sowohl, als dem Auseinanderziehen ein sehr energischer Widerstand entgegen

gesetzt. Der gleiche Effekt lässt sich übrigens auch erzielen durch das schräge Hakenblatt, das sowohl ohne, Fig. 16, als auch mit Keil, Fig. 17, Verwendung findet.

Eine weitere Anzahl von Längenverbindungen, wie das verdeckte Hakenblatt, das schwalbenschwanzförmige Blatt mit und ohne Brüstung, der verborgene Hakenkamm mit schrägen Schnitten etc. sind nicht nachahmungswert; sie erscheinen als Verkünstelungen, die der Zimmermann nur durch eine mühsame Arbeit mit dem Stemmeisen darstellen kann, während die in der Tafel I dargestellten Verbindungen sich einfach durch Winkeleisen, Säge und Beil herstellen lassen und allen Anforderungen vollständig entsprechen.

Handelt es sich darum, ein Querholz mit einem Längenholze zu verblatten, so kann dies geschehen durch das gerade Blatt Fig. 18; das schräge Blatt ohne und mit Nagelung Fig. 19; grösseren Widerstand aber gewährt das Hakenblatt Fig. 20; und das schwalbenschwanzförmige Blatt entweder nach Fig. 21 oder Fig. 22 geschnitten.

Soll die Verblattung einen durchaus unverschiebbaren Charakter annehmen, so wählt man das Schwalbenschwanzblatt mit Brüstung Fig. 23.

Die Verblattung, die bei den Eckverbindungen sich geltend macht, ist gleichfalls entweder ein gerades, schräges oder ein Hakenblatt; letzteres ist in Fig. 24 dargestellt und verhindert durch seine Form ein Trennen der Eckverbindung nach beiden Seiten; dieses Eckhakenblatt ist daher eine beliebte Verbindung beim Fachwerksbau, wo es darauf ankommt, Schwell- und Rahmhölzer genau im rechten Winkel zusammen zu halten.

Bei sich kreuzenden Hölzern wählt man zu der Ueberschneidung das gerade Blatt Fig. 25; soll eine recht sichere Lage erzielt werden, so wählt man das gerade Blatt mit beiderseitiger Brüstung Fig. 26. Sind nachträglich zwei im rechten Winkel sich treffende Hölzer mit einem Winkelbande so zu verbinden, dass sie ihre Lage unverändert beibehalten, so wählt man dazu: das sogenannte angeblattete Winkelband, welches in Fig. 27 Darstellung gefunden hat. Um ein seitliches Herausfallen des Winkelbandes zu verhindern, ist Nagelung oder unter Umständen eine Verbolzung angezeigt.

3. Der Kamm oder die Verkämmung dient dazu, übereinander liegenden Hölzern dadurch eine gesicherte Lage zu geben, dass man sie je nach ihren verschiedenen Stärkenabmessungen einige Centimeter tief in einander versenkt oder verkämmt.

Solche Verkämmungen gleichen in ihrer Form den Verblattungen und unterscheidet man wohl den geraden und schräg geschnittenen Hakenkamm, den schwalbenschwanzförmigen Kamm, den Doppelkamm und den Kreuzkamm.

Dergleichen Verkämmungen machen sich beispielsweise bei mehrstöckigen Holzbauten zwischen Rahmholz, Balken und Saumschwelle geltend und mögen diese für den Fachwerksbau so wichtigen Verbindungen hier ihre Darstellung finden, Fig. 28.

Im Rahmstücke *aa* sind die Vertiefungen sichtbar, in welche die Balken *bb* sich einkämmen, an der Ecke befindet sich ein ausgeschnittener Haken, der eine Balkenkopf-Bewegung nach innen und nach der Seite unmöglich macht, während der gerade und schräg geschnittene Kamm die beiden andern Balkenköpfe in ihrer Lage sichern; diese gesicherte Lage der Balken wird aber noch bedeutend erhöht durch die an der Saumschwelle *cc* angebrachten Balkenverkämmungen, die hier schwalbenschwanzförmige sind.

Fig. 29 und 30 stellen den Doppelkamm und den Kreuzkamm dar, welche hauptsächlich bei der Verbindung von Balken, die durch Unterzüge gestützt sind, Anwendung finden.

4. Der Zapfen oder die Verzapfung findet vorherrschend da Anwendung, wo ein Holz mit der Hirnseite mit einem Langholze verbunden werden soll; letzteres erhält eine vertiefte Nuthe, Zapfenloch genannt, in welche der am Hirnholz eingeschnittene Zapfen so versenkt wird, dass er im äusseren nicht sichtbar ist. Die am meisten zur Anwendung kommenden Zapfen sind:

Der gewöhnliche Zapfen Fig. 31 erhält in seiner Stärke und in der Breite des Zapfenloches den dritten Teil der Holzbreite; der Tiefe des Zapfenloches, beziehungsweise der Länge des Zapfens giebt man gleichfalls den dritten Teil der Höhe des Holzes, in das er eingezapft wird. Soll mit dem Zapfen eine Nagelung verbunden werden, so ist der Zapfen 9 cm lang zu machen, andernfalls genügen 6 cm.

Da die gewöhnlichen Zapfen die ganze Breite des Holzes zur Länge haben, so würde der Zapfen eines Eckstieles z. B. bei Fachwerksgebäuden im äusseren sichtbar werden und dabei jedes Haltes entbehren; aus diesem Grunde erhält ein solcher Eckstiel den geäxelten Zapfen Fig. 32 und giebt man demselben $^2/_3$ oder $^1/_2$ der Breite des Holzes zur Länge.

Der schräge Zapfen Fig. 33 wird bei allen nicht rechtwinkeligen Verbindungen, besonders bei Verstrebungen und Winkelbändern, notwendig.

Die Brustzapfen Fig. 34 und 35 werden besonders da verwendet, wo horizontal liegende stark belastete Hölzer mit einander verzapft werden. So erhalten die bei den Balkenlagen notwendig werdenden Auswechselungen durch Brustzapfen ihren notwendigen Widerstand, da ein gewöhnlicher Zapfen nur zu leicht abbrechen würde.

Der Jagtzapfen Fig. 36 wird gewöhnlich bei schon bestehenden Verbindungen angewendet, um nachträglich ein Winkelband zwischen dieselben einzufügen.

Eine sehr energische nicht leicht trennbare Verbindung erhält man durch den schwalbenschwanzförmigen Zapfen Fig. 37. Das Zapfenloch hierzu muss die Länge der vorderen Breite des Zapfens haben, sowie es auch der Schräge des Zapfens entsprechend ausgearbeitet werden muss. Nach Einführung des Zapfens wird der leer bleibende Raum mit hölzernen Keilen verspundet.

Der Grundzapfen Fig. 38 Tafel VII wird angewendet, wenn das Abheben eines auf Grundpfählen liegenden Holmes vermieden werden soll; der betreffende Zapfen wird mittelst hölzernen Keilen so auseinander getrieben, dass er das schwalbenschwanzförmig geschnittene Zapfenloch vollständig ausfüllt.

Der Blattzapfen Fig. 39; der Doppelzapfen Fig. 40; der Doppelblattzapfen Fig. 41 werden nur ausnahmsweise und zwar nur da Anwendung finden, wo man es mit aussergewöhnlich starken Holz-Dimensionen zu thun hat.

5. Die Versatzung, die eine einfache und eine doppelte sein kann, wird da angewendet, wo ein schräg stehendes Holz mit seiner Hirnfläche einen starken Druck auf ein anderes Langholz, die Holzfasern seitlich zusammenpressend, ausübt.

Fig. 42 stellt die einfache Versatzung dar, bei welcher der geteilte, stumpfe Winkel bei α die Richtung des einen Schnittes angibt, der andere Schnitt wird durch $^1/_6$ bis $^1/_7$ der Stärke des unteren Holzes bestimmt. Die

Versatzung erhält die ganze Breite der Strebe. Fig. 43 stellt die einfache Versatzung mit Zapfen dar.

Bilden die mit einander zu verstrebenden Hölzer einen sehr kleinen Winkel, so wird die doppelte Versatzung Fig. 44 gewählt. Hierbei wird die Linie ab in zwei gleiche Teile geteilt und in der Richtung der Teilungslinie des Winkels α, die eine Richtung der Schnitte vermittelt; die anderen Schnitte ergeben sich, wie das bei der einfachen Versatzung erläutert wurde. Fig. 45 stellt die doppelte Versatzung mit Zapfen dar.

6. Die Klaue oder der Geisfuss bildet einen Ersatz für die Versatzung und ist in solchem Sinne in Fig. 46 dargestellt.

Aufklauungen erfolgen auch, wenn nach Fig. 47 das Fuss- oder auch das Kopfende einer Strebe sich auf ein Langholz aufsetzt, wobei für letzteres unter Umständen Eichenholz zu wählen wäre. Die Fig. 48 und 49 zeigen die Klaue in anderer Form, wie sie häufig bei den sogenannten Sprengwerken Anwendung findet.

Bohlenhölzer zu Treppenwangen benützt, werden einerseits, wie dies in Fig. 50 dargestellt ist, auf die untere massive Blockstufe aufgeklaut, andererseits auf den oberen Etagenbalken, beziehungsweise auf das Podestholz.

7. Die Verzahnung findet statt, wenn ein horizontal liegendes Langholz ganz oder zum Teil durch ein anderes Holz in derselben Lage verstärkt werden soll. Die hierbei sich ergebende Verbindung, die in der Regel durch Verbolzung noch verstärkt wird, zeigt Fig. 51 *).

8. Die Verdübelung verfolgt denselben Zweck wie die Verzahnung und möge dies Fig. 52 zur Anschauung bringen; in beide übereinander fortlaufende Hölzer werden Klötzchen aus Holz eingesetzt, deren Form rechteckig, besser jedoch schwalbenschwanzförmig sein kann; solche Dübel macht man gern von hartem Holze, oder auch wohl aus Metall; um die Verbindung zu verstärken durchzieht man die Hölzer mit Schraubenbolzen.

9. Die Verschränkung, ebenfalls angewendet, um zwei unmittelbar parallel übereinander liegende Hölzer zu einem Verbandstücke zu verbinden, zeigt rechtwinklig geschnittene Zähne, die in gleiche Vertiefungen eingreifen; Fig. 53 mag dies erklären; auch diese Verbindung wird fast ausnahmslos durch Schraubenbolzen verstärkt.

Bei Brettern und Bohlen erfolgt die seitliche Zusammensetzung durch das sogenannte Säumen oder Fugen, Falzen und Spunden.

Beim Säumen oder Fugen werden die aneinander zu stossenden Brettkanten mittelst eines Handfughobels genau glatt und zwar im rechten Winkel gearbeitet, und entspricht eine solche Verbindung dem geraden Stoss; erhalten die Brettkanten eine schräge Schnittfläche **), wie dies ähnlich beim schrägen Stoss der Fall ist, so nennt man dies wohl „Messern“.

Beim Säumen sowohl, als beim Messern wird in der Regel ein gut bindender Kitt oder Leim zu Hülfe genommen.

Das Falzen oder die Falzung, auch halbe Spundung genannt, besteht darin, dass die zu verbindenden Bretter oder Bohlen seitlich einen Falz erhalten, dessen Tiefe und Breite nach Fig. 54 nahezu der halben Stärke derselben gleichkommt.

Als die beste Verbindung und vielfach im Gebrauch bleibt jedoch immer

---

*) Die eigentlichen verzahnten Träger finden ihre Besprechung im Abschnitte über die Balkenlagen.

**) Aber niemals spitzer als 45°.

das Spunden oder die Spundung. Hierbei befindet sich an der einen Kante des Brettes oder der Bohle eine sogenannte Feder, an der andern eine Nuthe, die genau ineinander passend gearbeitet sein müssen. Die Form von Feder und Nuth ist bei schwachen Bohlen eine keilförmige und zwar verschieden, wie dies die Figg. 54a und 55 angeben; bei stärkeren Bohlen verwendet man die Quadrat-Spundung nach Fig. 56. Bei dieser Spundung, die häufig bei den sogenannten Spundwänden angewendet wird, macht man die Nuthe der Spundhölzer wohl tiefer, als die Feder und giesst den leergebliebenen Raum mit dünnem Portlandcement aus, wodurch eine vollständige Dichtung gegen Wasser erzielt wird.

Hin und wieder giebt man den zu verbindenden Brettern auch wohl an beiden Seiten Nuthen und werden dann die eigens aus hartem Holz gearbeiteten Federn in dieselben eingeschoben, Fig. 57; die Federn werden häufig aus starkem Zinkblech hergestellt. Statt der durchgreifenden Federn dienen auch eigens durch Maschinen hergestellte runde Zapfen Fig. 58 oder rechtseitig bearbeitete Dübel, wie dies die Fig. 59 veranschaulicht.

Weitere Bretterverbindungen, wie sie bei Thoren, Thüren, Getäfel (Lambris) so vielfach vorkommen, sind dargestellt in den Figg. 60 und 61; erstere dient zur Herstellung von eingeschobenen, letztere zu der von überschobenen Füllungen. Fig. 62 zeigt die Anordnung bei aufgesetzten, verleimten Kehlstössen, während Fig. 63 die vorzügliche Verbindung eines Kehlstosses in der Nuth darstellt. Fig. 64 und 65 stellen die Eck- und Mittelverbindungen von Rahmhölzern dar; die in beiden Fällen durch die ganze Rahmbreite durchgreifenden Zapfen gestatten, durch das Eintreiben von Keilen eine nahezu unlösliche Verbindung.

Sollen Bretter an ihren Kanten im rechten Winkel mit einander verbunden werden (wobei jedoch ein spitzer oder stumpfer nicht ausgeschlossen ist), so wendet man sehr häufig die Verzinkung an. Die gewöhnliche Verzinkung ist in Fig. 66 dargestellt.

In Fig. 67 ist die Bretterverbindung durch gedeckte Zinken hergestellt; hierbei sind die Zinken an dem einen Brettstücke kürzer angeschnitten als an dem anderen Brette, so dass die Hirnseite auf der einen äusseren Fläche der mit einander verbundenen Bretter verdeckt erscheint.

Fig. 68 zeigt die Verzinkung auf Gehrung, welche bei allen eleganten Arbeiten zur Anwendung kommen sollte; die Zinken erscheinen hier auf keiner der Brettseiten und sind, da sie nicht durch die ganze Brettstärke hindurchgehen, schwieriger und zeitraubender zu bearbeiten.

Treffen zwei Brett- oder Bohlenstücke im rechten Winkel, einen Rahmen bildend, zusammen, so wählt man dazu die Verbindungen, welche in den Figg. 69, 70, 71 und 72 dargestellt sind; die erste Verbindung besteht aus einer Aufblattung und erhält durch hölzerne Nägel, wohl auch durch Leim, einen erhöhten Halt; sie findet Anwendung bei dünnen Brettstücken.

Bei dicken Brettern verwendet man einen Schlitzzapfen und entsteht dann die in Fig. 70 dargestellte Verbindung einer stumpf zusammen geschlitzten Ecke.

Fig. 71 ist eine Verblattung auf Gehrung;

Fig. 72 ein Schlitzzapfen auf Gehrung;

Von beiden Verbindungen gilt das von den Figg. 69, 70 Gesagte.

Werden zwei Brettstücke im rechten Winkel zu einem Rahmen dadurch verbunden, dass man sie beide nur unter einem Winkel von 45° abschneidet und stumpf gegen einander stösst, so hat man es mit einer sogenannten

stumpfen Gehrung zu thun, der stets nur durch Leimen, durch Nagelung oder durch eingelassene Dübel der nötige Halt gegeben werden kann.

Die hier mitgetheilten, vielfach mit bestem Erfolge angewendeten Holzverbindungen werden den Anforderungen, welche man an sie stellt, nur dann genügen, wenn sie mit aller Sorgfalt bearbeitet sind; Holzverbindungen mit komplizirten Kunstschnitten hergestellt, werden mehr und mehr in den Hintergrund treten, nachdem zur energischen Verbindung der Hölzer in heutiger Zeit das Eisen beigezogen wird, welches in Gestalt von Schienen, Klammern, Bolzen, Schrauben, Dübeln, Bändern und Nägeln die allereinfachsten Zusammenfügungen zulässt und so alle verkünstelten Verschneidungen unnötig macht.

II. Von den Verbindungen der Holzwände.

Die vom Zimmermanne herzustellenden Holzwände sind folgende:

1. Die Block- und Bohlenwand,
2. Die Riegel- oder Bundwand, auch Fachwerkswand genannt.
3. Die gesprengte Holzwand.

1. Die Block- und Bohlenwände.

Wenn auch prinzipiell in ihrer Konstruktion sehr verschieden, so fassen wir diese beiden Wandarten hier doch zusammen, weil dieselben so ziemlich der Vergangenheit angehören.

Ihre Konstruktion wurde bereits bei der Besprechung des geschichtlichen Entwickelungsganges des Holzbaues näher erörtert und deshalb ist in bezug auf die Blockwand auf S. 21, in bezug auf die Bohlenwand auf S. 22 zu verweisen. Beide Bauweisen sind auch durch die Figuren auf Tafel V hinreichend illustrirt.

In waldreichen Gegenden, besonders da, wo Steinmaterial fehlt und es nahezu unmöglich erscheint, in Stein zu bauen, hat sich die Schrot- oder Blockwand immer noch in Gebrauch erhalten; auch schützt dieselbe die Inwohner aufs trefflichste gegen Einwirkung der Witterung.

In bezug auf die Bohlenwandkonstruktion hat man wohl die Frage ventilirt, ob doppelte Bohlenwände, deren innerer Hohlraum mit feinem Sande ausgefüllt wird, sich nicht zur Herstellung von Gefängniszellen eignen möchten? Dass in dieser Richtung vielfache Vorteile erreichbar sind, möchte kaum verneint werden können, aber gleiche Zwecke liessen sich wohl durch geeignet angeordnete Verschalungen erreichen.

2. Die Riegel- oder Bundwand, auch Fachwerkswand genannt.

Diese Konstruktion findet sowohl Anwendung zur Herstellung ganzer Gebäude, als auch einzelner Wände in sonst massiven Gebäuden.

Fig. 18.

Im ersten Falle giebt man dem Gebäude wohl einen vollständig horizontal abgeglichenen, etwa 45 cm hohen Steinsockel, wie dies die Fig. 1, Tafel VIII zeigt. Auf diese Abgleichung wird für alle Fachwerkswände eine Schwelle gelegt, und wählt man hierzu meistens ein sogenanntes Halbholz, dessen Hirnseite unmittelbar auf die Steinmauer zu liegen kommt, und deren obere nach aussen gerichtete Kante eine Abfasung erhält (Fig. 18); sämtliche Schwellen werden

mit einander verblattet und zwar an den Ecken mit dem Hakenblatt, gegen die Aussenwände mit schräg geschnittenen, bei allen anderen Ueberkreuzungen mit geradem Blatt; um die Schwellen gegen Fäulnis zu schützen, überzieht man den Steinsockel wohl mit einer dünnen Asphaltschicht. Sind sämtliche Schwellen gelegt, so dass sie in ihrer oberen Fläche eine horizontale Ebene bilden, so schreitet man zur Anordnung der Fachwerksstiele oder Ständer. In erster Reihe sind die Eckstiele anzuordnen, in Fig. 1, Tafel VIII mit *aa* bezeichnet, dann die Bundstiele *bbb...*, hierauf folgen sämtliche Thür- und Fensterstiele *ccc...* beziehungsweise *ddd....* Alle anderen gewöhnlichen Ständer oder Stiele werden dann schliesslich in der Weise gleichmässig verteilt, dass ihre Entfernungen nahezu 1 m betragen, wobei selbstverständlich ein geringeres Mass nicht ausgeschlossen, ja hin und wieder durch die Verhältnisse des Grundrisses sogar bedingt ist. Den Querschnitt der gewöhnlichen Stiele macht man je nach der Höhe der Fachwand zwischen 15 und 18 cm im Quadrat, während man den Eck- und Bundstielen 18 bis 21 cm Stärke giebt, wobei deren Ecken, um Vorsprünge im Innern zu vermeiden, wohl einen Eckausschnitt erhalten, wie dies die Figg. 19 und 20 andeuten.

Die Verbindung sämtlicher Wandstiele mit den Schwellen wird durch

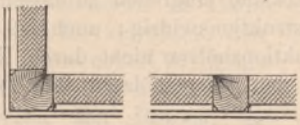


Fig 19.

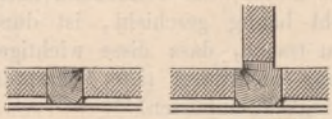


Fig. 20.

kurze, 5 cm hohe Zapfen erzielt, wobei die Eckstiele den geächselten Zapfen erhalten, um ein Ausweichen nach der Seite zu verhindern. Nach oben greifen alle Stiele der Hauptfrontwand und der mit dieser parallel laufenden Wände in gleicher Weise in die über sie hinweg greifenden Rahmhölzer *eee...* ein; die hier angeordneten geraden, etwas länger angeschnittenen Zapfen erhalten eine Nagelung.

Diesen Rahmhölzern giebt man als tragende Hölzer einen Querschnitt von 15 oder 18 cm Breite und 21 cm Höhe und dienen dieselben zur Unterstützung der Balken, welche in der beigegebenen Figur mit *fff...* bezeichnet sind. Alle Rahmhölzer, die ihrer Länge nach aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden müssen, erhalten Blattverbindungen, die jedoch stets über einem Ständer sich befinden müssen.

Bei Anordnung der Balkenlage sind zuerst die sogenannten Wandbalken zu berücksichtigen, welche der Unterscheidung wegen mit *f'* bezeichnet sind; diese nehmen unter Fortlassung des Rahmholzes die sie unterstützenden Wandstiele direkt in sich auf, ein Umstand, welcher es bedingt, dass diese Wandstiele eine grössere Höhe besitzen, als jene, welche die Rahmhölzer unterstützen. (Ein Blick auf die Durchschnittsfigur macht dies ersichtlich.) Zwischen die Wandbalken werden die anderen, notwendig werdenden Balken in gleicher Teilung von 1,0 m Entfernung gelegt. Um die einzelnen Wandstiele gegen Durchbiegung zu schützen, versieht man sie mit einer seitlichen Verriegelung, und unterscheidet man hiernach die einmal, zweimal oder auch dreimal verriegelte Fachwerkswand, je nachdem deren Höhe 2,4 beziehungsweise 3,5 oder 4,2 m beträgt.

Die Riegel werden horizontal zwischen die einzelnen Wandstiele eingespannt und erhalten kurze Zapfen, damit möglichst viel Holz zwischen den beiderseits in den Stiel eingreifenden Riegeln stehen bleibt; bei Anwendung sehr schwacher Stiele vermeidet man ein Zusammentreffen der Zapfen in ein und demselben Stück wohl dadurch, dass die Riegel abwechselnd bald höher, bald niedriger in die Stiele eingreifen. Den Riegeln giebt man den Querschnitt der gewöhnlichen Stiele. Die Riegel unterscheiden sich in Thür- und Fensterriegel, deren Stellung eine bedingte ist; alle anderen Riegel teilen die Stielhöhe in gleich hohe Fächer zur Aufnahme des Ausfüllmaterials.

Ein sehr wichtiges Konstruktionsholz beim Fachwerksbau ist die sogenannte Wind- oder Sturmstrebe (Schubband); dieselbe dient dazu, das Gebäude gegen Verschiebung durch Sturm zu schützen, und da ein solcher von allen Seiten angreifen kann, so müssen die Sturmstreben nach allen Seiten hin demselben Widerstand zu leisten im Stande sein. In der beigegebenen Grundrissfigur sind die in den Schwellen sich befindenden Zapfenlöcher für die Streben mit *iii...* bezeichnet.

Die Sturmstreben, welche die Querschnittsform der gewöhnlichen Stiele erhalten, greifen schräg gestellt in die Rahmhölzer, beziehungsweise in die Wandbalken und Schwellen mit schrägen Zapfen ein, und wäre bei sorgfältiger Ausführung eine, wenn auch nur wenig eingeschnittene Versatzung hier am richtigen Platze; das Schubband aber in den Eckstiel eingreifen zu lassen, wie das wohl häufig geschieht, ist durchaus konstruktionswidrig; auch ist dafür Sorge zu tragen, dass diese wichtigen Konstruktionshölzer nicht durch Ueberschneidung oder durch tiefe Verzapfungen mit den Riegelhölzern ihre Widerstandsfähigkeit einbüssen.

Wird der Windstrebe ein dieselbe kreuzendes Holz beigegeben, so entsteht das sogenannte Andreaskreuz, das aus zwei Teilen besteht, die stumpf gegen die Strebe anzunageln sind.

Soll ein Fachwerksbau mehrere Stockwerke erhalten, so werden Saumschwellen überall da notwendig, wo unterhalb Rahmhölzer angeordnet sind, und finden hier einerseits die Etagenstiele ihre Stellung, andererseits aber greifen dieselben in die Wandbalken ein, so dass auch in der oberen Etage ein Höhenunterschied zwischen den Fachwerksständern sich ergiebt.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist sämtlichen Holzverbindungen zuzuwenden, namentlich aber den Verkämmungen, die notwendig werden zwischen Rahmstück, Balken und Saumschwelle, die bei ihrer hohen Wichtigkeit im Detail auf Blatt IV, Fig. 18 dargestellt sind.

Hat die Balkenlage eines Fachwerksbaues ein Dach aufzunehmen, so lässt man die Balkenköpfe wohl 30 cm über das Rahmholz vorstehen, und gewinnt durch deren Verschalung ein vortretendes, das Gebäude gegen Regen schützendes Dachgesims.

In Fig. 1, Tafel VIII ist ein Fachwerksgebäude der einfachsten Art dargestellt, das insofern reicher ausgestattet werden kann, wenn man, wie das häufig der Fall ist, die Ecken sämtlicher Verbindungshölzer abfast und den Köpfen der Rahmhölzer und der Balken irgend eine vorspringende Profilirung giebt, wie dies in Fig. 21 (S. 41) dargestellt ist.

Auch legt man wohl bei sorgfältiger Behandlung des Fachwerks die die Balkenköpfe tragenden Rahmhölzer so, dass die Ständer der Giebelwände nicht in den Wandbalken eingreifen, sondern auch in einen dort angebrachten Rahmen, wobei dann die Wandbalken durch Stichbalken ersetzt werden. Fig. 22 (S. 41) giebt über solche Anordnung Aufschluss.

Mit dem Vortreten der Balkenköpfe verbindet man wohl auch ein Vortreten der in der oberen Etage angeordneten Saumschwellen, eine Anordnung, wie sie in Fig. 23 und 23a (S. 42) dargestellt ist und wodurch die Tragfähigkeit der Balken, die so als eingespannt erscheinen, sich bedeutend erhöht, abgesehen von der kräftigen Schattenwirkung, die hierdurch für den Flachwerksbau gewonnen wird. Besonders war es das Mittelalter, welches die reizendsten Motive solcher Art in reichster Weise zur Ausführung brachte. Die Figg. 24 und 25 (S. 42) stellen beispielsweise solche Details, wie sie an Holzhäusern in Halberstadt sich bis auf unsere Zeit aus der Mitte des XVI. Jahrhunderts erhalten haben, dar, und geben den Beweis, zu welcher Höhe das deutsche Kunsthandwerk sich damals aufgeschwungen hatte *).

Der Reiz einer geschmackvoll angeordneten Holzarchitektur hat vielfach bewirkt, dass man bei freistehenden Häusern und kleinen Villen dieselben noch heut zu Tage in Anwendung bringt, und möchte wohl keine andere Architektur dem ländlichen Charakter eines Gebäudes so vollständig entsprechen, wie diese; der Einwand, in einem Fachwerksgebäude nicht genug Schutz zu finden gegen die Unbill des Witterungswechsels, lässt sich ohne viele Umstände dadurch beseitigen, dass das betr. Fachwerk in seinen Umfassungswänden als verblendetes Fachwerk ausgeführt wird, wozu unter Umständen auch

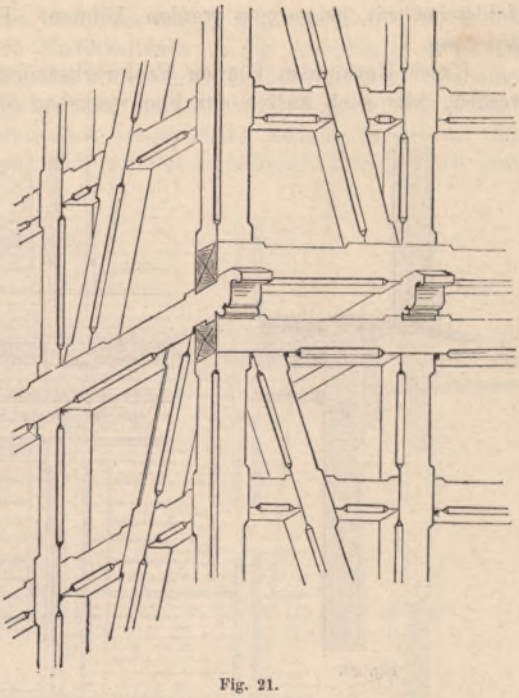


Fig. 21.

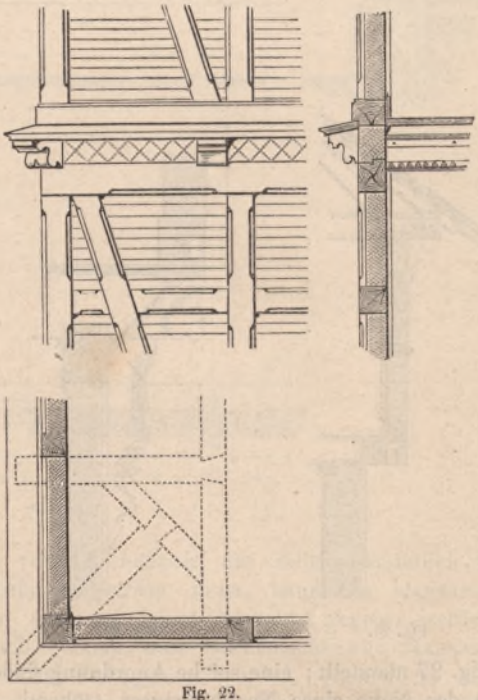


Fig. 22.

*) Förstersche Bauzeitung 1845 Bl. 692.

Hohlsteine mit beigezogen werden können. Fig. 26 giebt hiervon eine Erläuterung.

Unter Umständen können Fachwerksmauern auch in der Art verblendet werden, dass nach aussen der Fachwerksbau als Massivbau erscheint, wie dies

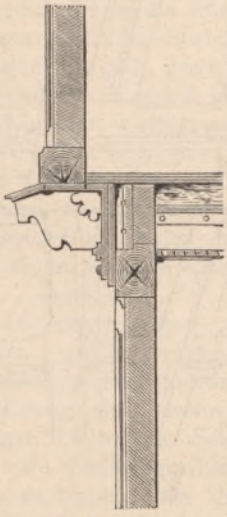


Fig. 23.

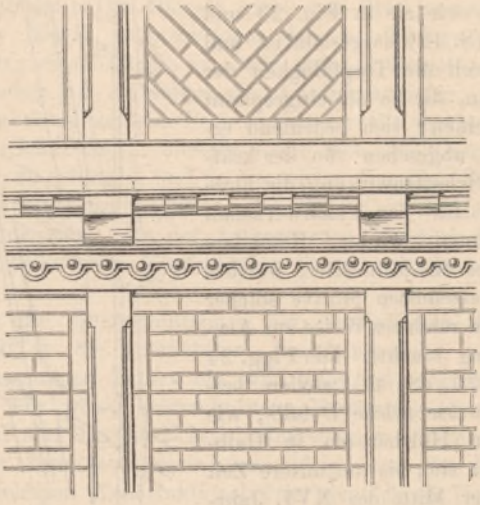


Fig. 23a.

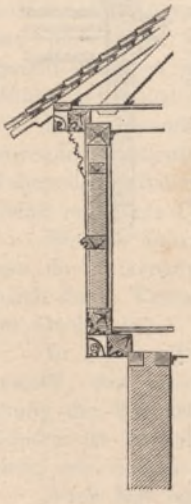


Fig. 24.

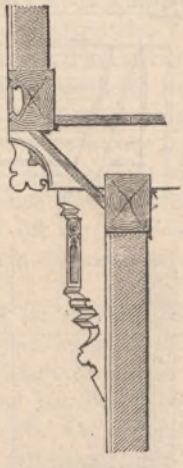


Fig. 25.

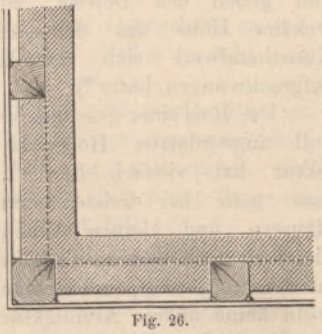


Fig. 26.

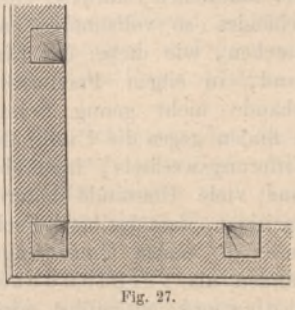


Fig. 27.

Fig. 27 darstellt; eine solche Anordnung findet statt, wenn eine Fachwerkswand, in der Nähe eines Nachbarhauses stehend, eine feuersichere Verkleidung erhalten muss.

Als ein Beispiel für modernes Fachwerk möge Fig. 2 auf Taf. VIII dienen, wo es versucht ist, durch einzelne Modifikationen in der Anordnung von Stiel- und Riegelwerk, durch Ausbildung der vortretenden Giebelarchitektur und eines Schutzdaches über der Eingangsthür dem nur teilweise dargestellten Garten- oder Jagdsalon ein mehr architektonisch ausgebildetes Äussere zu geben. Die einzelnen Fächer sind mit feinen und verschiedenfarbigen Ziegelsteinen aus-

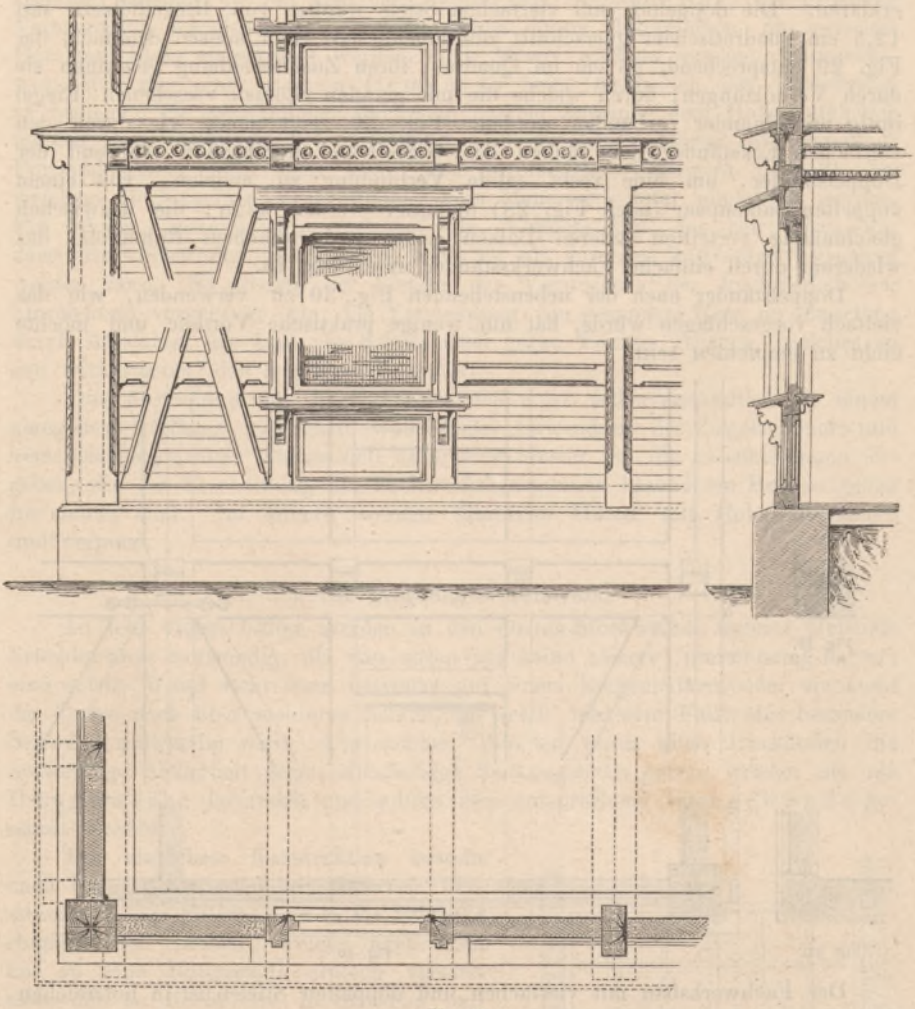


Fig. 28.

gefacht gedacht. Bei Verwendung von Lärchenholz, das selbstverständlich in seiner schönen rotbraunen Farbe belassen werden muss, kann den abgefasten Kanten zur Erhöhung der Wirkung ein gebrochenes Dunkelrot gegeben werden.

In früherer Zeit, wo es vielfach vorkam, dass Kornspeicher und Magazine in vielen Etagen übereinander aus Fachwerk gebaut wurden, verwendete man bei deren Konstruktion, um den gefährlichen Druck von Hirnholz auf Langholz unschädlich zu machen, einzelne Doppelstiele in den Langwänden, und ver-

vierfachte Stiele an den Ecken; letztere stehen dann mit ihrem Hirnholz unmittelbar auf der Sockelmauer auf, während sämtliche Schwellen und Rahmhölzer durch die vierfachen Eckstiele hindurch greifen; das Gleiche ist der Fall bei den doppelten Bundstielen, die in Entfernungen von 3—4 m von einander gestellt werden. Zwischen den verdoppelten Stielen sind dann einfache Fachwerksständer unten in die Schwelle, oben in das Rahmholz eingreifend, gleichmässig verteilt. Die nebenstehende Fig. 28 (S. 43) mag dies näher erklären. Die doppelten und vierfachen Stiele werden von Riegelhölzern mit 12,5 cm quadratischem Querschnitt zusammengesetzt, und messen demnach, der Fig. 29 entsprechend, 25 cm im Quadrat; ihren Zusammenhang gewinnen sie durch Verbolzungen, durch welche die mit geraden Stössen versehenen Riegel innig mit einander verbunden werden. Fig. 30 zeigt auch, wie durch den vierfachen Eckständer der Balken der Giebelwand durchgreift, während der Doppelständer, um eine recht solide Verbindung zu erzielen, von einem doppelten Balkenpaar (nach Fig. 28) umfasst, werden kann; die dazwischen gleichmässig verteilten anderen Balken liegen auf einfachem Rahmholz, das wiederum durch einfache Fachwerksständer unterstützt ist.

Doppelständer nach der nebenstehenden Fig. 30 zu verwenden, wie das vielfach vorgeschlagen wurde, hat nur wenige praktische Vorteile und möchte nicht zu empfehlen sein.

Fig. 29.

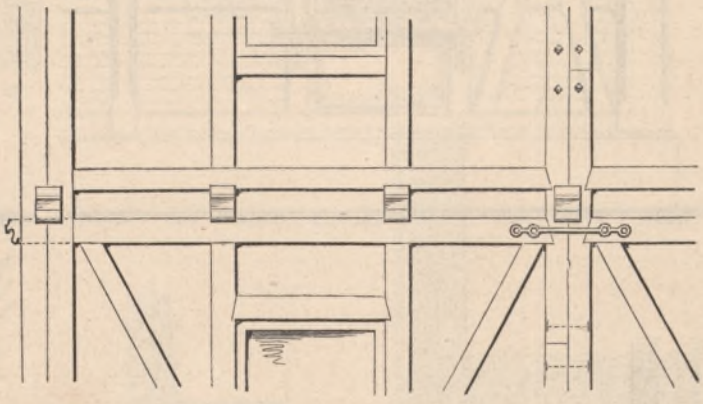


Fig. 30.

Fig. 31.

Der Fachwerksbau mit vierfachen und doppelten Stielen ist in holzreichen Gegenden auch wohl für Kirchenbauten verwendet worden und giebt dann Gelegenheit zu einer ziemlich kräftigen Entwickelung der architektonischen Gliederungen.

Eine in fast alle Lehrbücher übergegangene, verbesserte Fachwerkskonstruktion, wie sie seiner Zeit von der Försterschen Bauzeitung mitgeteilt wurde, kann unsererseits als solche nicht angesehen werden *).

*) Försters Bauzeitung, Jahrgang 1841. Vorschläge über eine verbesserte Fachwerkskonstruktion.

Soll das Fachwerk ausgemauert werden, so nagelt man wohl, um das Herausfallen der einzelnen Fächer beim etwaigen Schwinden der Verbandhölzer zu verhindern, schmale dreikantige Holzleisten vertical an die inneren Seiten der Stiele und Streben und müssen dann die sämtlichen gegen den Stiel anstossenden Steine etwas verhauen werden. Fig. 31 (S. 44) giebt hiervon Aufschluss Man „rillt“ auch wohl, um denselben Zweck zu erreichen, die einzelnen Verbandhölzer mit einem Beile auf, so dass für die Aufnahme der Steine eine Höhlung entsteht, die mit dem betr. Mörtel satt ausgefüllt wird; zur grösseren Verspannung der einzelnen Schichten dienen dünne Holzkeilchen, die zwischen Holz und Stein eingedrückt werden. Als Mörtel wäre es äusserst wünschenswert, sich nur eines guten Cementes beim Ausfachen des Fachwerkes zu bedienen, da gewöhnlicher Mörtel in nassem Zustande dem Holze gefährlich werden kann; unumgänglich notwendig wird ein solcher Mörtel (am besten aus Portlandcement) dann sein, wenn man verblendetes Fachwerk herstellt, bei welchem die einzelnen Verbandhölzer vom Mauerwerk total eingehüllt werden. Ein solcher Umstand weist auch auf die Vorsicht hin, das betr. Holz nur dann erst vollständig einzumauern, wenn es als durchaus lufttrocken betrachtet werden kann. So möchte der Gefahr des Verstockens der Fachwerkshölzer hinreichend vorgebeugt sein; bei Verwendung von gesundem Holz ist demselben durch Abschluss der Luft ein Schutzmittel gegen Fäulnis gegeben, welches zu den wirksamsten, das wir kennen, gehört.

Das Ausmauern von Fachwerkswänden muss selbstverständlich in einem geregelten Verbande geschehen, wobei unter Anwendung des Ziegelrohbaues und verschiedener farbiger Steine sich dekorative Muster für die Ausfachungen ergeben, die der Erscheinung des Fachwerksbaues einen besonderen Reiz zu geben im stande sind. Im Innern werden sämtliche Hölzer mit Rohr überzogen und verputzt.

3. Die gesprengte Holzwand.

In sehr vielen Fällen werden in den oberen Stockwerken unserer Gebäude Scheidewände notwendig, die von unten auf keine sichere Unterstützung haben; eine solche Wand steht dann entweder auf einem Etagenbalken, oder sie steht der Quere nach über mehreren Balken, in welch' letzterem Falle eine besondere Schwelle notwendig wird. Um solchen Wänden unter allen Umständen die notwendige Sicherheit gegen allenfallsige Senkungen zu geben, werden sie als Hängewerke behandelt und sollten dem entsprechend Hängewände genannt werden.

Die einfachste Konstruktion besteht nach Fig. 32 aus zwei mit einfacher Versatzung in den Balken oder in die Schwelle eingreifenden Streben, welche nach oben hin in eine Hängesäule einfach versatzt sind, und so die letztere in Schwebe halten, es entsteht auf diese Weise der sogenannte einfache Hängebock, dessen Hängesäule durch Hängeeisen mit dem zu tragenden Balken zu verbinden ist. Die übrige Wand wird durch ein Rahmholz und durch die nötigen Stiele und Riegel gebildet. Soll die Hängewand eine Thüre erhalten, so verwendet man für die Konstruktion den sogenannten doppelten Bock, Fig. 33 (S. 46), wobei

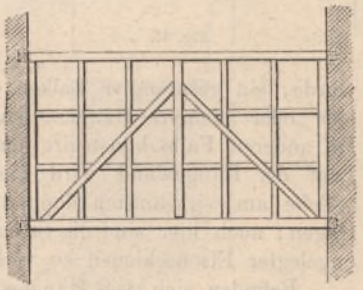


Fig. 32.

die Thüröffnung am schicklichsten in der Mitte der Wand liegt; hierbei wird ausser den beiden Streben noch ein Spannriegel, der zugleich Thürriegel ist, notwendig; derselbe hat die Hängesäulen dort auseinander zu spannen, wo die Streben sich gegen die Hängesäulen anspreizen, um letztere in Schwebe zu erhalten; auch hier ist die Anordnung der Hängeeisen notwendig. Eine sorgfältig konstruirte Hängewand mit Doppelthür stellt Fig. 34 dar; das doppelte Hängewerk bildet hier mit seinen Gegenstreben zwei Andreaskreuze, die mittelst angelegter Eisenschienen mit den Wandstielen, den Hängesäulen und dem Tragbalken aufs innigste verbunden sind, und so ein unverschiebbares Ganze bilden; eine solche Konstruktion empfiehlt sich besonders dann, wenn der Hängewand noch die Funktion zufällt, eine Balkenlage mit zu unterstützen.

Sind bei Hängewänden Thüranlagen notwendig, wie dies in den Figg. 35 und 36 angenommen ist, so lässt sich, wie im ersten Falle angenommen

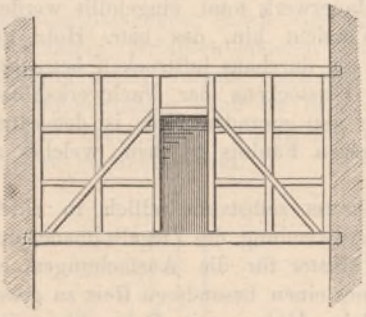


Fig. 33.

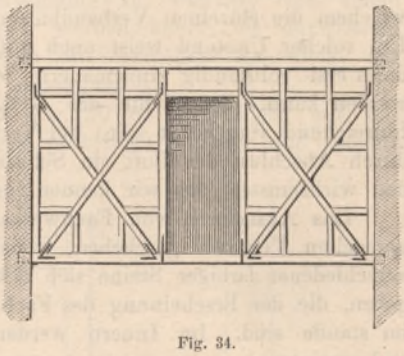


Fig. 34.

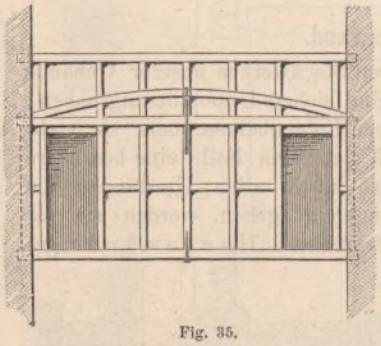


Fig. 35.

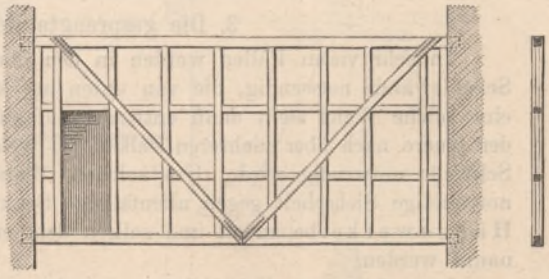


Fig. 36.

wurde, ein gesprengter Balken oberhalb der Thüre anordnen, der dann durch eine oder mehrere Hängesäulen die untere Last des Balkens zu tragen hat. Im anderen Falle konstruirt man, wie dies in Fig. 36 angedeutet ist; die Last der Hängewand wird hier durch die als Zugbänder wirkenden Streben, welche am wirksamsten doppelt zu machen sind, auf den oberen Balken übertragen; auch hier sind die Streben mit den unteren und oberen Balken mittelst angelegter Eisenschienen zu verbolzen.

Befinden sich zwei Hängewände übereinander, so ist es äusserst empfehlenswert, dieselben zu einer Konstruktion zusammen zu fassen, wie dies in Fig. 37 (S. 47) geschehen ist. Die Tragfähigkeit einer durch zwei Etagen hindurchgreifenden Wand wird entschieden eine weit grössere. Die bei einer solchen

Konstruktion angeordneten Hängesäulen greifen, wie die eine der Streben, durch 2 Etagen hindurch und sind in der Mitte durch einen der Etagenbalkenlage angehörenden doppelten Balken umfasst und verbolzt; die Hauptstrebe wirkt ihrer steilen Stellung wegen sehr energisch und bilden sich durch die Anordnung der kürzeren Streben eine Anzahl Dreiecke, die in bezug auf relative Unverschiebbarkeit die besten Dienste leisten.

In Fig. 38 ist die Annahme gemacht, dass in den zu konstruirenden Hängewänden die Thüren seitlich anzubringen sind, und ergiebt sich bei Lösung dieser Aufgabe ein einseitiger Druck, der dadurch unschädlich gemacht wird, dass die kurzen Strebenhölzer durch angeblattete Winkelbänder so mit der Hängesäule und dem Wandstiele verbunden werden, dass sie eine in sich untrennbare Verbindung bilden, wodurch der sonst vorhandene Schub vollständig aufgehoben wird. Fig. 39 stellt die betr. Detailverbindung dar.

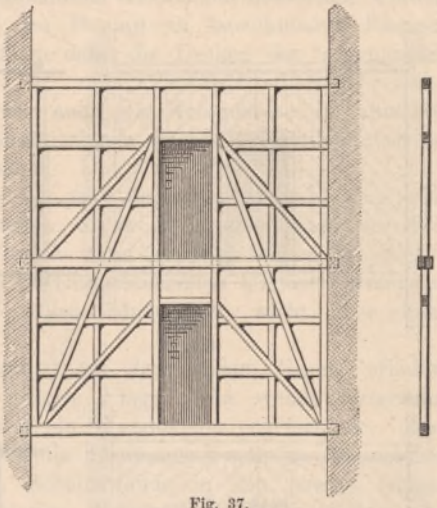


Fig. 37.

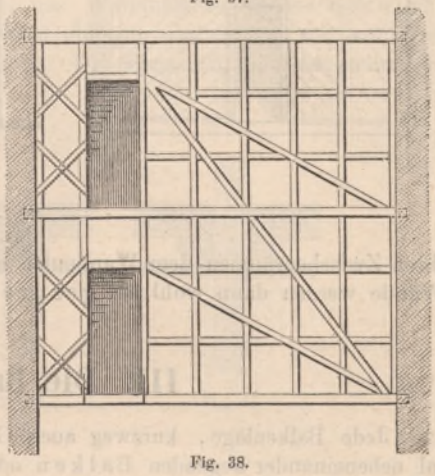


Fig. 38.

Wenn auch Holzhängewände noch hier und da zur Anwendung gebracht werden, so lassen sie sich heutzutage doch vollständig entbehren, indem an ihre Stelle Konstruktionen einfachster Art, nämlich die gewalzten doppelten *T*-Träger treten. Solche Konstruktionen schliessen bei der richtigen Wahl der Träger nachträgliche Senkungen, wie sie bei Hängewerken aus Holz, resp. Fachwerk unausbleiblich sind, vollständig aus.

Ein Umstand, der die Anwendung von Holzwänden hin und wieder bedenklich macht, ist das Aufstellen von Oefen in ihrer Nähe, und ist man wohl der Feuersgefahr wegen genötigt, die betreffende Stelle der Holzwand mit einem aufgestellten Stein zu verkleiden.

Als die einfachsten sich selbst tragenden Holzwände sind wohl die gesprengten Bretterwände, die nach Fig. 40 (S. 48) aus 2 Brettlagen bestehen, die jede für sich aus

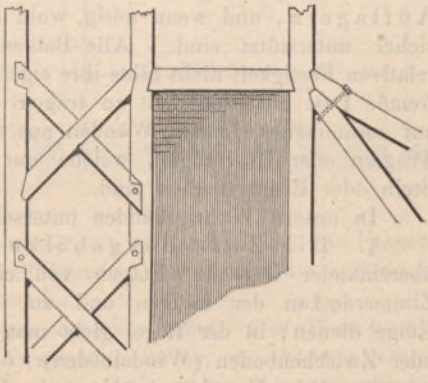


Fig. 39.

gefugten Schalbrettern besteht. Die eine Lage ordnet man mit senkrechten, die andere Lage mit unter 45^0 geneigten Fugen an, und werden schliesslich beide Lagen tüchtig mit einander durch Nägel verbunden. Die Anordnung von Thüren verursacht keine weitere Schwierigkeit.

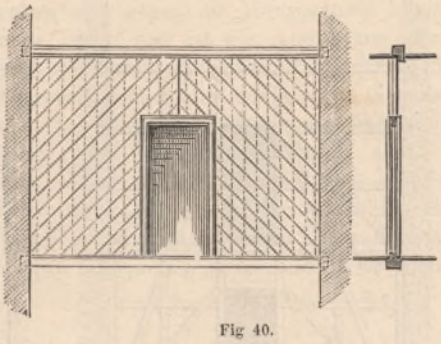


Fig. 40.

Zur Befestigung der Wand werden an die Decke und auf dem Fussboden Latten befestigt. Solche sogenannten spanischen Wände werden aus rauhen Brettern angefertigt und entweder berohrt und verputzt oder mit Leinwand oder auch mit Tapeten überzogen. Vorzuziehen ist die Anordnung nach Fig. 41; hierbei ist zur Aufnahme der beiderseitigen Brettlagen ein leichtes Riegelgerüst vorhanden und entsteht so in Mitte der Wand ein Hohlraum, welcher der Wand mehr Körper giebt und in bezug auf den Schall nicht so leicht leitend ist.

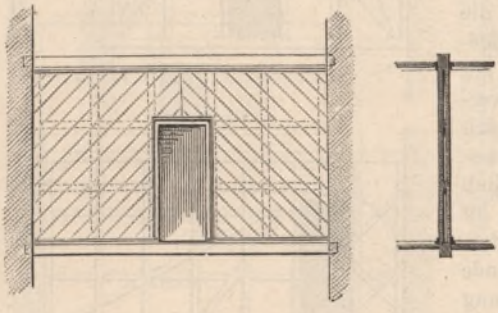


Fig. 41.

Zur Herstellung leichter Zwischenwände lassen sich auch kreuzweis übereinander genagelte Latten verwenden, die dann in ihren Zwischenräumen dem Wandputze einen sehr guten Halt gewähren, solche Wände werden dann wohl als gesprengte Lattenwände bezeichnet.

III. Die Balkenlagen.

Jede Balkenlage, kurzweg auch Gebälk genannt, besteht aus horizontal nebeneinander liegenden Balken oder Tramen, die an ihren Enden oder Auflagern, und wenn nötig, wohl auch noch an andern Punkten vollständig sicher unterstützt sind. Alle Balkenlagen sind dazu bestimmt, mittelst ihrer relativen Festigkeit nicht bloss ihre eigene, sondern auch eine auf sie aufgebrachte fremde Last mit Sicherheit zu tragen. Ihr Auflager finden die Balken teils auf zusammenhängenden Wänden aus Stein oder Holz, teils auf freiliegenden Trägern oder Unterzügen, welche nur an vereinzelten Punkten durch Holz, Stein oder Eisen gestützt sind.

In unsern Wohngebäuden unterscheidet man:

1. Die Zwischengebälke oder die Etagenbalken, die zwei übereinander liegende Etagen von einander trennen und zur Bildung der Zimmerdecken der unteren und zur Herstellung der Fussböden der oberen Etage dienen; in der Regel giebt man denselben auch einen sogenannten Fehl- oder Zwischenboden (Windelboden).

2. Die Dachgebälke oder Dachbalkenlagen bilden die Zimmerdecken

des obersten Geschosses eines Gebäudes und stehen dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit der Dachkonstruktion.

3. Kehlgebälke, aus den sogenannten Kehlbalken bestehend, werden dann notwendig, wenn der untere Teil des Daches zu bewohnbaren Räumen benützt werden soll; die Kehlbalken bilden dann die Decken der sogenannten Dach- oder Mezzanin-Wohnungen.

Da sowohl die Dachbalkenlagen, wie auch die Kehlgebälke in unmittelbarem Zusammenhange mit den Dachkonstruktionen stehen, so werden diese bei den „Dächern“ weitere Besprechung finden.

Bei den Etagenbalkenlagen hat man darauf zu achten, dass einzelne Balken, ohne gestossen zu werden, durch die ganze Tiefe des Gebäudes hindurchgreifen, und nennt man solche dann ganze Balken; sie dienen hauptsächlich zur Verankerung der sich gegenüberstehenden Umfassungsmauern, wobei denselben ihre Lage nur auf vollem Mauerwerk, nicht über einem Fenstersturz anzuweisen ist.

Massive Scheidemauern, welche parallel mit den Balken liegen, erhalten Wandbalken, sobald sie in eine höhere Etage nicht weiter fortgeführt werden; solchen aus Fachwerk wird stets ein Wandbalken gegeben, der dann die Funktion des Rahmholzes sowohl, als die der Saumschwelle zu übernehmen hat. Werden die erwähnten massiven Scheidewände in den oberen Etagen weiter fortgeführt, so benötigt man statt des Wandbalkens zweier Streichbalken, die nahezu 5 cm von der Wand abliegen und macht sie wohl, da sie nur gering belastet sind, aus Halbholz. Die Figg. 42, 43, 44 stellen die eben besprochenen Fälle dar.

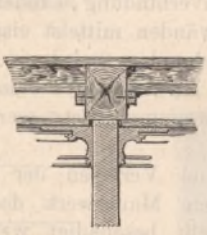


Fig. 42.

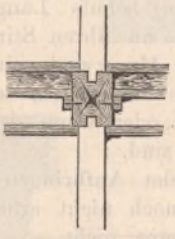


Fig. 43.

Fig. 44.

Stichbalken, welche nach Fig. 45 nur mit einem Ende auf der Wand aufliegen, werden notwendig, wenn zwischen zwei Balken mehrere andere teilweise herausgeschnitten werden; in diesem Falle sind die Stichbalken entweder mit dem geraden Zapfen versehen, oder mit dem verkeilten Schwalbenschwanzzapfen, wenn ein Herausziehen zu befürchten ist. Auch bei Fachwerksbauten verwendet man in Etagenbalkenlagen Stichbalken, die dann ihre Stirnansicht der Giebelseite zuwenden, wie dies auf Seite 41 bereits erläutert wurde.

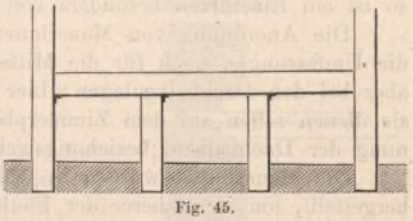


Fig. 45.

Das Holz, in welches die Stichbalken eingreifen, nennt man Wechsel- oder Trumpfbalken, die auch da Anwendung finden, wo in den Balkenlagen, der Schornsteinröhren oder der Treppenanlagen wegen, Auswechselungen

vorgenommen werden müssen. Die Verbindung von Balken und Wechsel bildet dann der Brustzapfen.

Sind sehr weite Räume mit verhältnismässig schwachen Balken zu überdecken, so lässt man letztere durch Unterzüge oder auch unter Umständen durch Träger stützen oder tragen; im ersteren Falle, Fig. 46 verwendet man zur Verbindung den Kreuz- oder Doppelkamm, im andern Falle, Fig. 47, wird die Anordnung eiserner Bolzen notwendig.

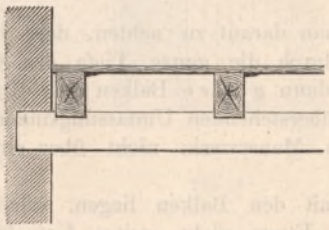


Fig. 46.

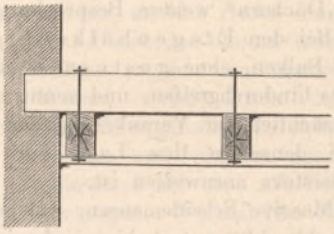


Fig. 47.

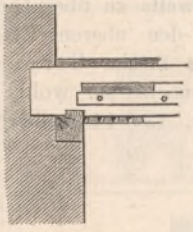


Fig. 48.

Ein sehr wichtiges Verbandholz, das bei solid hergestellten Balkenlagen nie fehlen sollte, ist die sogenannte Mauerbank oder Mauerlatte, auf welche sämtliche Balkenköpfe aufgekämmt werden, Fig. 48. Die Oesterreicher nennen dieses Holz „Rastschliesse“ und dient dasselbe einmal als Unterlager (Rast) für die Balkenköpfe, das andere Mal als Zuganker (Schliesse) behufs Längenverbindung, indem die Rastschliesse an ihren Stirnwänden mittelst eiserner Anker in das Mauerwerk eingebunden wird. Aus diesem Grunde dürfen auch nur solche Mauerlatten zur Anwendung kommen, die entweder aus einem Stück bestehen, oder, wenn sie zusammengesetzt werden müssen, gut untereinander verklammert sind.

Die Mauerlatten leisten beim Aufbringen und Verlegen der Balken auf das erst kaum vollendete und noch nicht erhärtete Mauerwerk dadurch einen vorzüglichen Dienst, dass letzteres nicht so leicht beschädigt werden kann; dabei wird der Druck der einzelnen Balkenköpfe gleichmässig auf die Tragemauern verteilt. Werden die Balken ohne Anwendung von Mauerlatten verlegt, so ist ein Einstürzen besonders von scheitrechten Fensterbögen nur zu häufig.

Die Anordnung von Mauerlatten in den Zwischengebälken ist weder für die Umfassungs-, noch für die Mittelmauern ein unbedingtes Bedürfnis, wohl aber bei den Dachbalkenlagen; hier können sie niemals entbehrt werden, denn sie dienen schon auf dem Zimmerplatze zur richtigen Verteilung und Anordnung der Dachbalken, beziehungsweise der Dachgerüste.

Die Mauerlatten wurden in früherer Zeit aus Eichen- oder Lärchenholz hergestellt, um sie sicherer der Fäulnis zu entziehen, gegenwärtig begnügt man sich in den meisten Fällen mit kernigem Fichtenholz und giebt denselben eine Stärke, welche zwischen 15 und 12 cm im Quadrat variirt.

Statt der Mauerlatten verwendet man wohl auch als Unterlage für die einzelnen Balkenköpfe die sogenannten Rastläden, die gleichfalls am besten aus Eichen- oder Lärchenholz und zwar 18 cm breit und 5 bis 6 cm dick, herzustellen sind.

Für alle Balkenlagen ist nur ein durchaus gesundes, regelmässig gewach-

senes, lufttrockenes Holz zu wählen und ist besonders dafür zu sorgen, dass dasselbe mit frischem Mörtel nicht in Verbindung gebracht wird; alle Holzteile, die unmittelbar mit Mauerwerk umgeben sind, werden oft mit Teer überzogen, während andere Umhüllungen von nicht vollständig trockenen Hölzern, wie das Umnageln mit Teerpappe oder mit Blechen zu Bedenken Anlass geben. Am besten ist es, die Balkenköpfe mit trockenem Steinmaterial zu umgeben und den Zutritt von Luft nicht absolut zu verhindern; noch besser wäre es jedoch, den ganzen Balkenkopf nach Fig. 49 mit einer Luftschicht zu umgeben, wobei der äussern Luft der Zutritt zum Holze gewährt wird.

Weitaus die solideste, wenn auch kostspieligste Konstruktion würde sich ergeben, wenn die Balkenköpfe nicht oder nur zum kleinsten Teil eingemauert werden brauchten; hierdurch würde auch das Mauerwerk durchaus intakt bleiben und könnte solche Anordnung am einfachsten wohl durch eine Ueberkragung nach Fig. 50 stattfinden, eine Anordnung, die selbstverständlich bei Anwen-

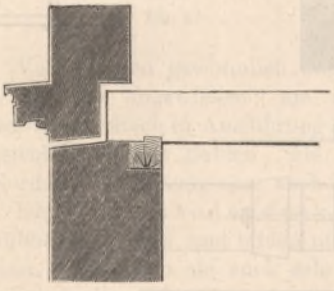


Fig. 49.

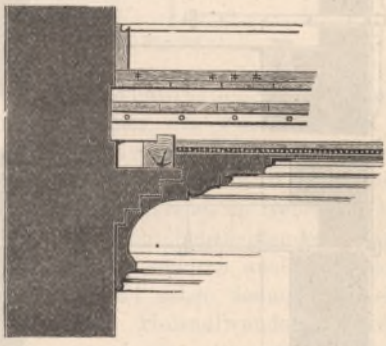


Fig. 50.

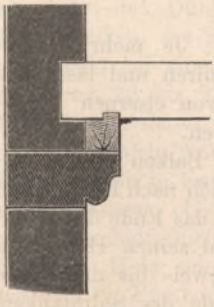


Fig. 51.

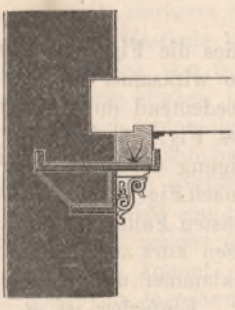


Fig. 52.

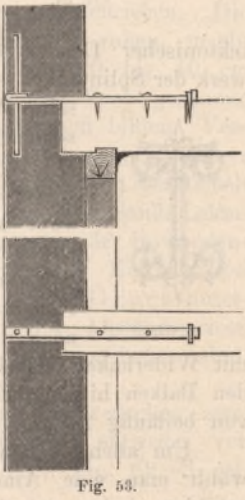


Fig. 53.

dung von Kragsteinen die verschiedensten Variationen zulässt. In ähnlicher Weise legt man die Mauerlatten wohl auch auf Konsolen von Stein oder Eisen, wie dies in den Figuren 51 und 52 dargestellt ist.

Um die Tragfähigkeit einer Balkenlage zu erhöhen, um ferner die horizontal durch das Gebäude durchgreifende Holzkonstruktion dazu mit zu benützen, sämtliches Mauerwerk, namentlich aber die Umfassungsmauern gegen Ausweichen zu schützen, werden bei allen soliden Bauausführungen zahlreich sich wiederholende Verankerungen vorgenommen.

Solche Verankerungen bestehen in der Regel aus 4 bis 5 cm breiten, 10 mm starken Flach- oder Bandeisen, welche den Balken auf 50 cm übergreifen; am vorderen Ende erhält das Bandeisen durch Umschmieden eine Verdoppelung, durch welche eine runde Eisenstange als Nadel- oder Ankersplint hindurchgreift (Fig. 53, S. 51), oder man giebt dem vorderen Ankerende die Form einer länglichen Oese, durch welche der sogenannte Splint hindurchgreift und sehr häufig in der äusseren Frontmauer sichtbar wird (Fig. 54); im letzteren Falle giebt der Splintanker oft Gelegenheit zu archi-

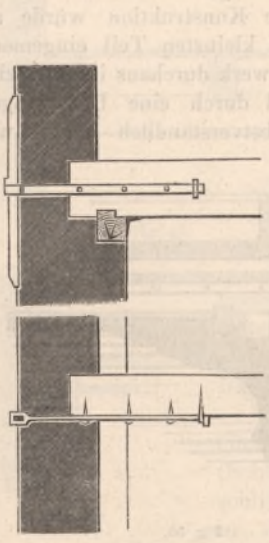


Fig. 54.

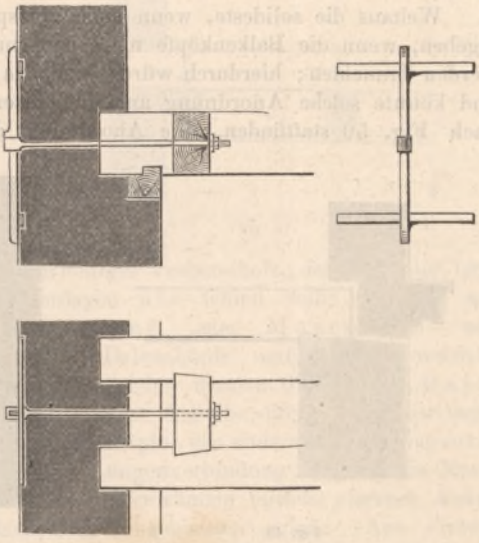


Fig. 55.

tektonischer Dekoration, wie dies die Fig. 56 verdeutlicht. Je mehr Mauerwerk der Splintanker fasst, desto wirksamer wird er funktioniren und lässt sich seine Wirkung bedeutend durch Unterlegen von eisernen Flachschienen wie dies Fig. 55 darstellt, vermehren.

Fig. 56.

Die Befestigung der Splintanker an die Balken erfolgt entweder oberhalb nach Fig. 53 (S. 51) oder seitlich nach Fig. 54 und zwar in den meisten Fällen in der Art, dass das Ende des Bandeisens nach aussen kurz aufgebogen wird und seinen Halt dann durch eine Spitzklammer und weiters durch zwei- bis dreimalige Nagelung erhält. Einfacher ist es, das Ende des Splintankers nach und nach in eine 12 bis 15 cm lange umgebogene und mit Widerhaken versehene Spitze auslaufen zu lassen, die dann unmittelbar in den Balken hineingetrieben wird; weitere Nagelungen werden in Entfernungen von beiläufig 25 cm vorgenommen.

Um allenfalls eine Verankerung nachträglich besser anspannen zu können, wählt man eine Anordnung nach Fig. 57; hierbei ist der aus Flacheisen gebildete Anker auf einer Seite rund ausgeschmiedet und erhält in der Aussenfront der Umfassungsmauer eine Verschraubung, die Gelegenheit zur Dekoration mittelst gusseiserner Rosetten (Fig. 57, S. 53) bietet, während Fig. 55 eine Anordnung zeigt, bei welcher die Schraube im Innern des Gebäudes nachgezogen werden kann; bei dieser Anordnung wird die Verankerung der gegenüber-

stehenden Mauer eine einfache sein können. Hat eine Verankerung gegen die Giebelseite hin zu erfolgen, so muss dieselbe sich mindestens auf drei Balkenfelder erstrecken; auch wird wohl eine solche Verankerung in der Weise angeordnet, wie dies die beigegebene Fig. 58 darstellt.

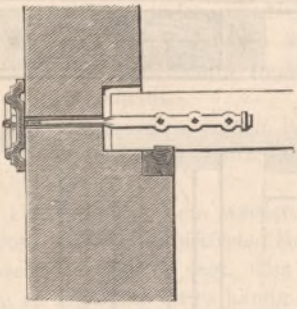


Fig. 57.

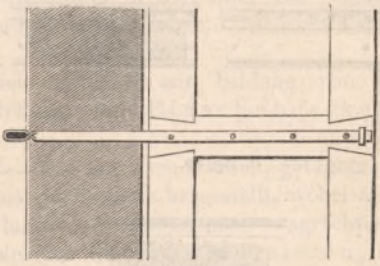


Fig. 58.

Von unseren gewöhnlich angewendeten Balkenkonstruktionen wird andern Orts vielfach abgewichen; am auffälligsten ist dies der Fall bei den in Oesterreich vielfach in Ausführung kommenden Dübbelgebälken*) und jenen Konstruktionen aus Bohlen, wie sie fast ausnahmslos bei den Wohngebäuden in Nordamerika, häufig aber auch in England und Frankreich in Gebrauch sind.

Die Dübbelbodendecken bestehen aus dicht nebeneinander gelegten verdübbelten Balken und bilden nicht nur sehr starke, sondern auch sehr warme Decken. Erfordern sie auch sehr geringe Arbeit und geben dadurch zu einer Art Ersparnis Anlass, so kann das Gleiche vom Holzaufwande keineswegs behauptet werden, obwohl die Deckenverschalung und der sogenannte Fehlboden wegfallen; gegenüber der im übrigen Deutschland verwendeten Deckenkonstruktion wird den Dübbelböden auch ein stärkeres Schwingen zugeschrieben. Die Dübbelbalken, die meistens auf einer Rastlade von Lärchenholz ruhen, macht man wohl bei einer freiliegenden Länge von 5,5 bis 6,0 m 30 bis 40 cm breit und 23 bis 24 cm hoch, jedoch können in allen Fällen auch gesäumte Halbbäume, deren Schnittflächen nach unten liegend den Plafond bilden, Verwendung finden, wobei sämtliche Hölzer behufs besserer Versteifung und grösserer Tragfähigkeit in Entfernungen von 2,00 m seitlich oder von oben gut verdübbelt werden müssen. Ueber die Balkenlage wird eine trockene 7 cm hohe Sand- Lehm- oder Bauschuttschichte aufgebracht, auf welche dann unmittelbar der Fussbodenbelag in Holz oder Stein zu liegen kommt. Bei sorgfältiger Konstruktion werden die Fussbodenbretter noch von sogenannten Polsterhölzern unterstützt, die 10 bis 15 cm breit, 5 bis 7 cm hoch sind und in Abständen von 1,00 m in der aufgebrachten Sand- oder Lehmschichte eingebettet sind. Fig. 59 und 60 (S. 54) stellen solchen Dübbelboden dar.

Eine Modifikation solcher Dübbelböden besteht darin, dass zwischen zwei starken Haupttragbalken schwächere Füllhölzer liegen, die dann entweder von stellenweise angebrachten Wechseln nach Fig. 61 oder nach Fig. 62 (S. 54) mittelst Bandeisen unterstützt werden.

Die Konstruktion der amerikanischen Balkenlagen hat offenbar den Zweck, die relative Festigkeit des Holzes am rationellsten auszunützen, in-

*) Hier wurde die österreichische Schreibweise beibehalten; übrigens findet man diese Böden auch als Dippel-, Diebel-, Döbel-, Dübelgebälke bezeichnet

dem die betr. Konstruktionshölzer aus geschnittenen Bohlen von 9 bis 12 cm Breite und 30 bis 42 cm Höhe bestehen, die in ihrem Mittel 36 bis 48 cm weit von einander entfernt angeordnet werden. Um diese Hölzer gegen seitliches Werfen und allenfallsiges Umkippen sicher zu stellen, werden in Ent-

Fig. 59.

Fig. 60.

Fig. 62.

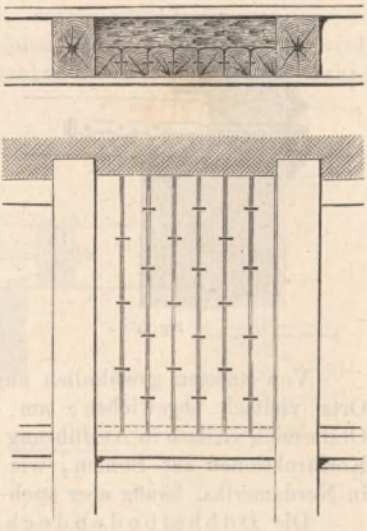


Fig. 61.

fernungen von ungefähr 3 m Lattenstücke von 6 und 12 cm Querschnitt kreuzweise dazwischen genagelt. Die Lage der tragenden Hölzer ist in der Regel parallel der Strassenfront, so dass die Balkenenden in den Kommunmauern ihr Auflager finden; um diese hierdurch so wenig, wie möglich, zu verschwächen, erhalten die bohlenartigen Balken ein Auflager, das nach Fig. 63 nur aus

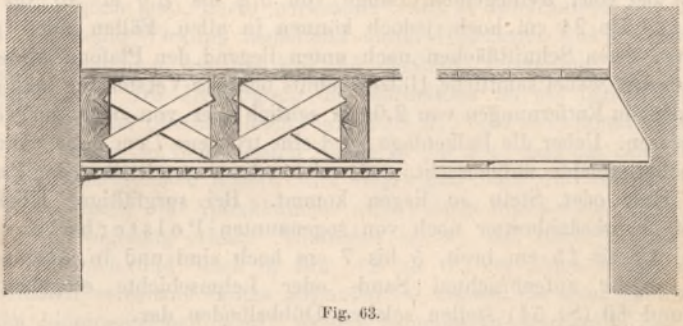


Fig. 63.

einem schrägen Schnitt gewonnen wird. Auch in England findet man eine ähnliche Konstruktion; bei Balkenlagen z. B., die eine freie Länge von 10 m haben, wählt man in England Kanthölzer von nahezu 15 cm Breite und 45 cm Höhe, wobei die verspannenden Kreuzhölzer in vertiefte Nuten der Balken eingespannt werden; die Entfernung solcher Balken von Mitte zu Mitte beträgt am zweckmässigsten 0,60 bis 0,65 m.

In ähnlicher Weise hat man auch in Berlin 7,5 m freiliegende Balkendecken, bei der üblichen Zimmerbelastung mit verhältnismässig schwachen

Balken vom Querschnitt 21 cm Breite und 24 cm Höhe auf 1 m Entfernung von einander hergestellt, indem man die einzelnen Balken in Entfernungen von 2,00 m mit 10 cm starken verkreuzten Sprenghölzern verspannte; damit die Balken bei dem Verspannen ihre Lage nicht verändern, wird ein starkes Bandeisen über sie fortgezogen und findet sowohl an den Endbalken, wie auch an sämmtlichen andern zwischen diesen liegenden Balken eine sichere Befestigung. Solche Bandeisen finden Anwendung in der Nähe der Balkenköpfe und wiederholen sich dann in Entfernungen von nahezu 2,5 m, so oft dies eben notwendig erscheint.

Die Balkenlagen dienen in den meisten Fällen zur Bildung von Fussboden und Decke; dann der Herstellung von Einschubdecken oder Fehlböden.

Die Fussböden werden am einfachsten aus 4 cm starken, gefugten und gehobelten, womöglich astfreien Brettern aus Tannenholz hergestellt, wobei man ihre Kernseite nach unten legt. Um einen durchaus vollkommenen wagrechten Fussboden zu erhalten, ist es häufig nötig, einzelne Balken aufzuleisten; die Befestigung der Fussbodenbretter erfolgt durch Nagelung mit sogenannten Bodennägeln unmittelbar auf die Balken. Eine grössere Solidität erhält der Fussboden durch Verwendung von Polster- oder Lagerhölzern, die in Entfernungen von 0,75 bis 0,90 m auf eine durchaus trockene Bauschuttausfüllung oder eine eben solche Sandlage zu liegen kommen, und deren obere eben zugerichtete oder geschnittene Flächen in wagrechter Ebene liegend, den Fussbodenbelag aufnehmen. Solche Polsterhölzer liegen in der Regel in der Richtung der Haupt- oder Frontmauer und überkreuzen demnach die unter ihnen liegenden Balken; in die vorhandenen Fensternischen sind dabei kurze Lagerhölzer einzulegen, damit auch hier die Enden der Bodenbretter angenagelt werden können. Da die Polsterhölzer ganz in trockenem Bauschutt eingebettet sind, so nehmen sie bei 12 bis 18 cm Höhe eine 18 bis 24 cm hohe Auffüllung in Anspruch. In München werden sogenannte Fussbodentafeln je aus zwei zusammengekitteten Brettern in der durchschnittlichen Breite von 0,60 m zum Legen der Stubenböden verwendet; da diese einem mehr oder weniger starken Schwinden ausgesetzt sind, wird nach kurzer Zeit das sogenannte „Ausspänen“ notwendig.

Um beim Schwinden der Fussbodenbretter keine zu grossen Fugen zu erhalten, werden die Bretter am geeignetsten in Breiten von 9 bis 15 cm verwendet und möchte bei bessern Böden die Anwendung von Nuth und Feder zu empfehlen sein, wie dies in Amerika der Fall ist.

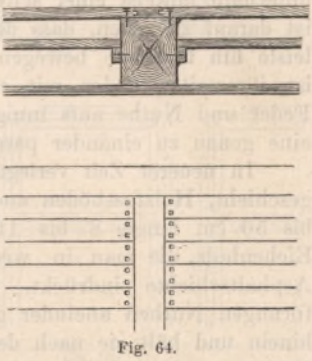


Fig. 64.

Die solideren Fussböden werden (Fig. 64) durch Friese, am besten aus Eichenholz, in der Art geteilt, dass die Fussbodenbretter in die Friesbretter vernuthet sind; die Friese müssen zu ihrer Unterstützung — wenn nötig — kleine Wechsel erhalten, die zwischen die Balken einzubringen sind.

Um einen Fussboden zu erhalten, der dem Schwinden nahezu gar nicht unterworfen ist, verwendet man in neuerer Zeit kurze Eichenholzbrettstücke von nur 10 bis 12 cm Breite und 2,5 bis 3 cm Dicke; diese werden durch Falze mit einander verbunden und mit Nägeln befestigt. Die Lagerhölzer, in solchem Falle aus Brettern gebildet, müssen bei solchen Fussböden sehr nahe gerückt werden und erhalten in der

Regel eine zu 90^0 gegen die Balkenrichtung gerichtete Lage, während die Fussbodenbretter eine solche zu 45^0 annehmen. Ein solcher Fussboden (Fig. 65) wird auch wohl auf Feder und Nuth zusammengesetzt, wobei die Nägel auf der oberen Fläche des Fussbodens nicht sichtbar werden, da sie seitlich eingetrieben werden.

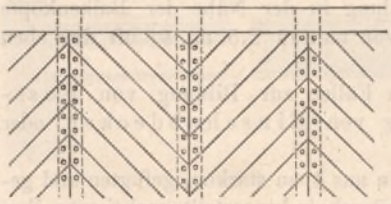


Fig. 65.

Werden Parkettböden gelegt, so erhalten diese als Unterlage den sogenannten Blindboden, welcher aus ordinären, ungehobelten und ungesäumten Brettern besteht, letztere werden, wie der Fussbodenbelag, entweder auf die Balken oder auf die Polsterhölzer festgenagelt.

Die Parkettböden bestehen meisten aus quadratischen Tafeln, die auf ihrer Oberfläche die verschiedenartigsten Muster darstellen; diese Muster werden hergestellt aus kleinen Stücken von oft sehr verschiedenartigen Hölzern und sind entweder massiv oder in Furnituren auf eine andere Tafel von Kiefern oder Lärchenholz aufgebracht. Die Tafeln besitzen ringsherum Nuthen, in welche Federn von hartem Holz eingreifen; ihre Befestigung auf den Blindboden erfolgt meistenteils durch Nagelung, besser jedoch durch Schrauben, die in die Nuthe schräg eingetrieben den Blindboden und die allenfallsige Unterkeilung durchdringen; eine solche Unterkeilung ist oft bedingt durch die nicht vollständig horizontal liegende Balkenlage.

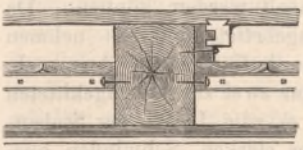


Fig. 66.

Eine eigenartige Konstruktion für einen Fussboden ist in Fig. 66 dargestellt; sämtliche Fussbodenbretter sind hierbei durch Leim zu einem Ganzen fest verbunden, so dass sich beim Schwinden der Bretter keine offenen Fugen bilden können, da stets das eine Brett das andere nach sich zieht. Die dadurch einzig und allein entstehenden grösseren Endfugen an den entgegengesetzten Wänden sind durch entsprechend breite Sockelleisten zu decken.

Der zu einer grossen Tafel durch Leim verbundene Bretterfussboden ist unterhalb mittelst einer schwalbenschwanzförmigen Schubleiste durchzogen und ist darauf zu sehen, dass der ganze Boden sich ungehindert auf dieser Schubleiste hin und her bewegen lässt. Die schwalbenschwanzförmige Schubleiste ist ihrerseits wieder mit einer an den Balken festgenagelten Leiste mittelst Feder und Nuthe aufs innigste verbunden; diesen Leisten ist selbstverständlich eine genau zu einander parallele, vor allen Dingen wagrechte Lage zu geben.

In neuerer Zeit verlegt man, wie dies seit etwa 20 Jahren in Frankreich geschieht, Holzfussböden auch wohl in Asphalt. Man verwendet hierzu 30 bis 50 cm lange, 8 bis 10 cm breite und 2,5 cm starke Brettstücke aus Eichenholz, die man in wechselndem Verbande in eine 1 cm dicke, heisse Asphaltschichte eindrückt. Da die Brettchen unterhalb mit schwalbenschwanzförmigen Nuthen aneinder gestossen werden, drückt sich der Asphalt in diese hinein und hält sie nach dem Erkalten sehr energisch fest, so dass ein Loslösen vom Asphalt oder ein Sichwerfen vollständig ausgeschlossen ist.

Soll solcher Boden über einer Balkenlage ausgeführt werden, so ist ein Blindboden notwendig, über welchem vor dem Aufbringen des heissen Asphaltes eine trockene Sandschichte von 2 cm Höhe auszubreiten ist.

Solche in Asphalt gelegte Fussböden werden in der Regel wohl erst nach dem Legen sauber abgehobelt und sind für Kirchen, Kasernen, Schulen, Krankenhäuser etc. ihrer vorzüglichen Eigenschaften wegen sehr empfehlenswert.

Bretter- oder Dielenfussböden, die über Gewölben oder auf dem blossen Erdboden verlegt werden sollen, erhalten 0,80 bis 1,00 m weit gelegte Lagerhölzer von 12 bis 15 cm quadratischem Querschnitt zur Unterlage, die in eine von verwesenden Stoffen freien, trockenen Auffüllungsmasse eingebettet werden. Solche Schüttung ist über den höchsten Punkten des Gewölbes etwa 3 cm hoch notwendig. Bei Verlegung eines Bodens über den vorhandenen Erdboden ist die Auffüllung von trockenem Bauschutt, Sand, Kohlengrus etc. besonders anzuempfehlen, am besten jedoch verlegt man in nicht bewohnten Räumen die Lagerhölzer auf kleinen Mauerpfeilern und sorgt durch zweckmässig angebrachte Oeffnungen in der Mauer für beständigen Luftzug.

Fussböden für Durchfahrten, Pferdeställe und Höfe werden häufig aus Holzklötzen hergestellt, die in Sand, Beton oder auch wohl in Asphalt gelegt werden; die Form, welche das Herabsenken oder das Sichherausheben einzelner Klötze am besten verhindert, besteht darin, dass man den einzelnen Holzpflasterstöcken eine um 45° geneigte Lage giebt, wie dies die nebenstehende (Fig. 67) näher erklärt; die Stöcke, aus Fichten- oder besser aus Eichenholz bestehend, werden aus quadratischen Hölzern von 12 bis 15 cm Stärke hergestellt, die eine der schräg geschnittenen und abgefasten Hirnoberflächen bildet in horizontaler oder etwas bogenförmiger Lage die Fahrbahn; die entgegengesetzte Fläche dagegen lagert auf einer festgestampften, ebenen, trockenen Kies- oder Sandunterlage. Die Dauer eines solchen Holzpflasters wird wesentlich vergrössert, wenn die Klötze mit schwerem Kreosotöl imprägnirt oder wenigstens mit heissem Steinkohlentheer getränkt und schliesslich in Asphalt versetzt werden.

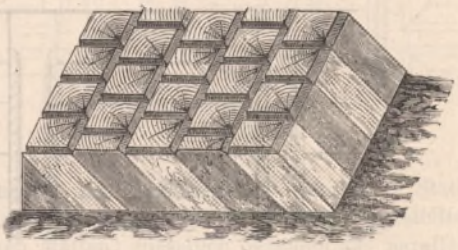


Fig. 67.

Die einfachste Deckenbildung besteht aus einer Balkenlage und einer Bretterüberdeckung, wobei sämtliche Balken und ihre Ueberlagsbretter von unten aus sichtbar sind; für Magazine und nicht geheizte Räume leisten solche Decken ausreichende Dienste und lässt sich auch selbst durch Hobeln der sichtbaren Balkenflächen, durch Bildung gleich breiter Balkenfelder, endlich durch Anwendung gespundeter und mit Zierleisten versehener Dielen ein recht gutes Ansehen erreichen. Fig. 68 stellt eine solche einfache Decke dar.

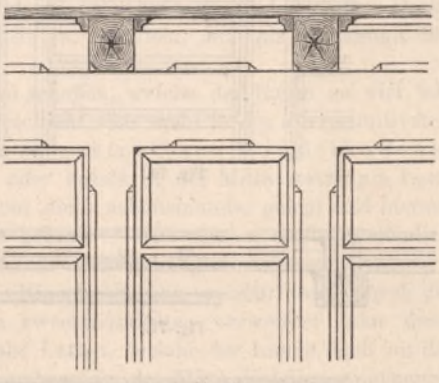


Fig. 68.

Die Entfernung der einzelnen Balken von Mitte zu Mitte richtet sich hierbei nach der Stärke der Dielen, die man zur Anwendung bringt; nach gemachten Erfahrungen liegen frei:

2,5	cm	starke	Dielen	0,8 m
4,0	„	„	„	1,0 m
4,5	„	„	„	1,0—1,2 m
5,0	„	„	„	1,5 m
6,5	„	„	Bohlen	2,0 m
8,0	„	„	„	2,5 m
10,0	„	„	„	3,0 m.

Ein Verkleiden der sichtbaren Balkenflächen ist bei solcher Decke nicht notwendig und würde das Gewicht des Gebälks nur vermehren. Eine andere Art der Deckenbildung erfolgt durch eine sogenannte Einschubdecke, wobei die Balken zu beiden Seiten eine starke Nuthe erhalten; in diese werden zwei Bretter so übereinander eingeschoben, dass sie sich gegenseitig etwas an ihren Kanten überdecken, wie dies Fig. 69 darstellt; auch diese Decken lassen eine saubere Ausstattung durch Hobeln der sichtbaren Balken- und Bretterflächen zu, haben aber auch den Nachteil, dass durch den hohen und tiefen Falz die Tragfähigkeit der Balken sehr bedeutend beeinträchtigt wird.

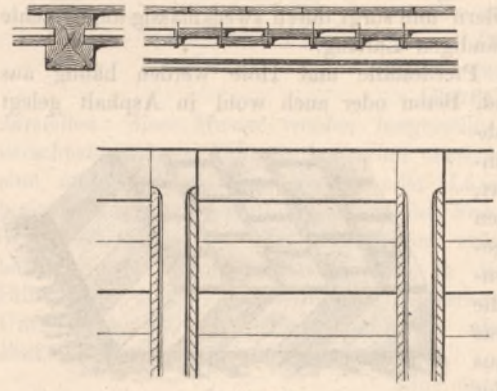


Fig. 69.

Eine solche Einschubdecke lässt sich wohl auch in einfachem Falz dadurch herstellen, dass man die Einschubbretter fugt oder bei mehr sauberer Arbeit falzt, und die möglicherweise durch Schwinden entstehenden Fugen mit Latten überdeckt. Fig. 70 und 71 geben hierüber Aufschluss. Solche Decken lassen selbstverständlich alle möglichen Kombinationen der Anordnung in dekorativer Beziehung zu.

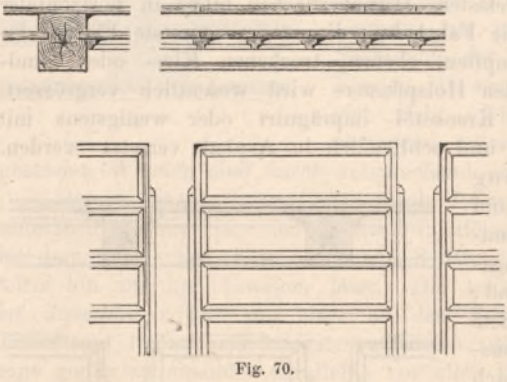


Fig. 70.

Eine andere, der eben besprochenen Decke sehr ähnliche ist die Stülpdecke, wobei die Bretter, von unten sich überdeckend, an den Balken angenagelt werden; diese Decken wurden in früherer Zeit viel in den Pferdeställen und solchen Räumen verwendet, wo man das Herabfallen von Deckenputz etc. befürchten musste Fig 72 stellt solche eine Stülpdecke dar.

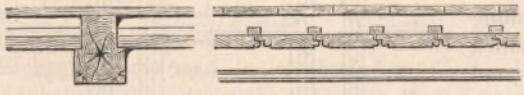


Fig. 71.

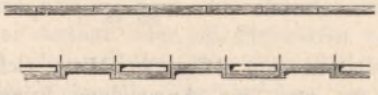


Fig. 72.

Die einzelnen Balkenfache lassen sich auch durch Anwendung einfacher Mittel vertäfeln, wie dies in der Figur 73 näher dargestellt worden ist; teilt man jedoch die Balkenfache durch Anwendung kurzer Wechsel in quadratische Felder, so ergeben sich die Kassettendecken, bei welchen die einzelnenBalken rauh bleiben, oder mittelst gut gehobelter Bretter unter zuhülfenahme von profilirten Stäben verkleidet resp. dekorativ ausgestattet werden können.

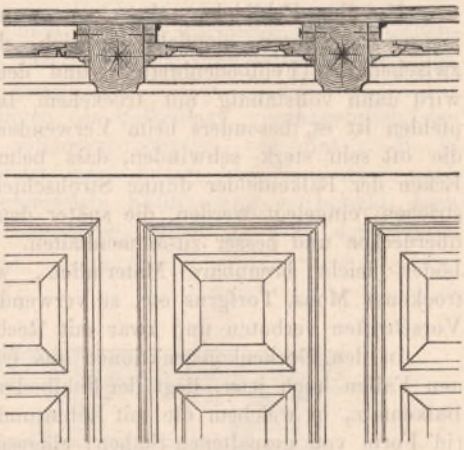


Fig. 73.

Wird die Decke verschalt und verputzt (siehe Deckenputz) *) so erhält man die sogenannten Weissdecken, bei welchen die Balken unten mit 15 bis 30 mm starken Schalbrettern verschalt werden, die einzelnen Bretter werden hierbei gesäumt und ungehobelt an die Unterfläche der Balken mittelst zweier Nägel befestigt; hierbei ist darauf zu achten, dass eine möglichst horizontale Ebene entsteht. Diese Schalung wird dann wohl behufs Anbringung des Deckenputzes berohrt. Statt der einfachen Berohrung verwendet man in neuester Zeit eigens hergestellte Rohrgewebe in der Form von gewebten Matten; dieselben bestehen aus parallel neben einander liegenden Rohrstengeln, welche mittelst feiner Drähte auf einen stärkeren, unterhalb der Stengel straff anliegenden Draht fest aufgebunden sind. Diese stärkeren Drähte, quer zu den Rohrstengeln in Entfernungen von 20 cm sich wiederholend, dienen zugleich zur soliden Befestigung des Rohrgeflechtes gegen die Decke. Das Rohrgewebe kommt in Rollen von verschiedenen Dimensionen in den Handel und hat sich in kurzer Zeit einer sehr guten Aufnahme zu erfreuen **).

Ob ein in allerneuester Zeit gemachter Vorschlag, als Träger des Deckenputzes ein Geflecht von starkem Eisendraht zu benützen und so der Decke einen höheren Grad von Feuersicherheit zu verleihen, sich als vorteilhaft bewähren wird, bleibt abzuwarten.

Handelt es sich darum, eine Decke zu schaffen, welche den Raum so viel wie möglich gegen Abkühlung schützt, so geschieht dies wohl in der allerprimitivsten Weise durch Anwendung eines sogenannten gestreckten Windelbodens; hierbei werden über die Balken runde oder besser in der Mitte zertrennte Lattstämme mit der breiten Seite nach unten dicht nebeneinander gelegt und hierauf eine 6 bis 7,5 cm starke Lehmschicht gebracht; eine solche, zugleich ziemlich feuersichere Decke eignet sich besonders für Oekonomiegebäude.

Die am häufigsten vorkommenden Einschubdecken werden wohl durch die sogenannten Fehlböden gewonnen; am zweckmässigsten verwendet man dazu nach Fig. 74 (S. 60) kräftige 8 cm hohe Latten, welche der Länge nach an die Seitenwandungen der Balken und zwar nahezu in der Mitte derselben angenagelt

*) 1. Band 302.

**) Die Patent-Rohrdecken sind von der Fabrik Stauss & Ruff in Cottbus zu beziehen.

werden. Diese Latten dienen den sogenannten Fehlbodenbrettern, die an ihren Kanten mit dem Beil etwas zugehauen werden, als Auflager; es lassen sich hierzu auch die auf den Sägemühlen abfallenden Schwarten (Schwartlinge) verwenden.

Um den Fehlboden mit seinen wenig dicht schliessenden Fugen einigermassen zu dichten, empfiehlt es sich, dies mit Lehmmörtel zu thun. Der zwischen den Fehlbodenbrettern und dem Fussbodenbelag verbleibende Raum wird dann vollständig mit trockenem Bauschutt (Urbau) ausgefüllt. Zu empfehlen ist es, besonders beim Verwenden von gewöhnlichen Fussbodenbrettern, die oft sehr stark schwinden, dass beim Einbringen des Bauschutts in die Ecken der Balkenfelder dünne Strohschichten mit flüssig aufgelöstem Lehm bestrichen, eingelegt werden, die später den oft staubigen Bauschutt einigermassen überdecken und besser zusammenhalten. (Fig. 74). Zum Ausfüllen der Fehlböden leicht brennbare Materialien, wie Sägespäne, häckselartige Spreu, trockenes Moos, Torfgrus etc. zu verwenden, ist in den meisten baupolizeilichen Vorschriften verboten und zwar mit Recht.

In den Deckenkonstruktionen aus früherer Zeit und wohl auch in einzelnen Fällen noch jetzt, liegt der Fehlboden in einem meist dreieckig gestalteten Balkenfalz, in welchem die mit Lehm und Stroh umwickelten Staakhölzer (in Form von gespaltenen Stäben) eingespannt sind; das betreffende Balkenfach wird dann bis zur oberen Kante mit Lehm und Stroh ausgefüllt. Eine so hergestellte Decke (Fig. 75), die unter dem Namen eines halben Windel-

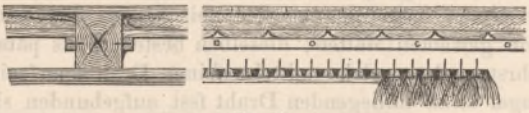


Fig. 74.

Fig. 75.

oder Wickelbodens bekannt ist, hält sehr warm und findet am häufigsten Anwendung auf dem Lande, wo Stroh, Lehm und Staakhölzer wohlfeil zu beschaffen sind. Befinden sich die eingeschobenen Lehmstaaken im untern Drittel der ganzen Balkenhöhe und wird dabei nahezu das ganze Balkenfach nach allen Dimensionen ausgefüllt, so entsteht nach Fig. 76 der ganze Windelboden, der in früherer Zeit bei Herstellung von Rindviehställen die ausgebreitetste Anwendung gefunden hat.

Auch in die Balken eingearbeitete gerade Falze können die Fehlbodenbretter in sich aufnehmen, was jedoch immer voraussetzt, dass am Ende der

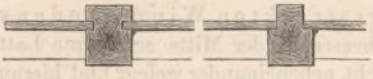


Fig. 76.

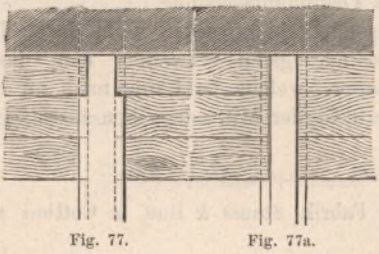


Fig. 77.

Fig. 77a.

Balken sich ein Ausschnitt nach Fig. 77 befindet, in welchen die Bretter eingelegt, beziehungsweise eingeschoben werden können; um das Einlegen der Fehlböden jedoch bequemer zu machen, hat man den Falz der Balken nach Fig. 77a hergestellt; beide Methoden jedoch haben das Bedenkliche, dass die Tragfähigkeit der Balken bedeutend dadurch beeinträch-

tigt wird. Aus diesen Gründen möchten die Fehlböden nach Fig. 74 die empfehlenswerteren sein, trotz der Bedenken, die von einigen Baumeistern insofern erhoben wurden, dass beim Rosten, der die Latten haltenden Nägel ganze Felder abstürzen könnten; ein Fall, der wohl zu den nahezu nie vorkommenden gehört.

Noch möchte zu erwähnen sein, dass sich die warmhaltenden Zwischen- oder Fehlböden ohne Anstand auch bei den vorne besprochenen Einschub-, Stülp- und Kassettendecken anbringen lassen.

In Räumen, wo starke Schwingungen der Balkenlage voraussichtlich den in Stuckatur ausgeführten Deckenputz gefährden könnten, wie dies z. B. in Tanzsälen der Fall sein kann, verwendet man ausser den Tragbalken noch weitere sogenannte Fehlbalken (in Oesterreich Fällträme); es besteht dann die Decke nach Fig. 78 aus zwei Balkenlagen, wovon die eine den oberen

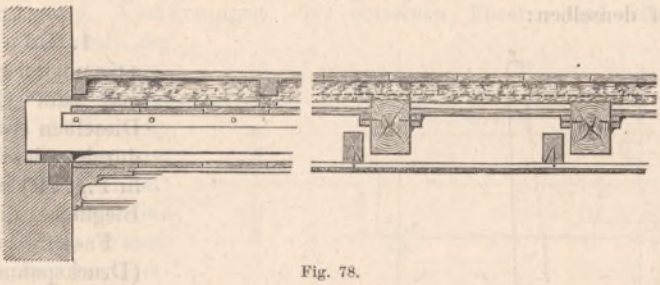


Fig. 78.

Boden samt der Belastung und die zweite nur die Deckenverschalung nebst Deckenputz trägt. Die untere Balkenlage liegt dann wohl von der oberen mit einem Zwischenraum von 3 bis 6 cm entfernt und wird aus schwächeren Hölzern hergestellt, die nur den Zweck haben, zur Bildung der Weissdecke für den untern Raum zu dienen. Der Höhenunterschied zwischen dem Fehlboden und den Fehlbalken ist möglichst gross, in der beigegebenen Figur 9 cm hoch gewählt, um die unteren Balken selbst bei starken Schwingungen des oberen Bodens gegen Druck zu schützen. Bei der in Fig. 78 dargestellten Konstruktion liegen die Mauerlatten unterhalb der Fehlbalken, die wirklichen Tragbalken aber finden ihr Auflager auf einem untergeschobenem Brettstücke; ein Isoliren von Fussboden und Decke ist hierdurch in vollkommenster Weise erreicht. Die Anordnung solcher Decken ist selbstverständlich sehr kostspielig, sowohl durch die doppelte Balkenlage, wie auch durch die grosse Höhe, welche durch eine solche Konstruktion beansprucht wird. Bei reichen Decken mit Stuckdekorationen und wertvoller Malerei möchte jedoch zum Schutze eine solche Doppeldecke geboten erscheinen.

Was die Querschnittsabmessungen betrifft, welche man den Balken zu geben hat, so bestehen darüber verschiedene Erfahrungssätze, denen jedoch nur dann eine richtige Würdigung geschenkt werden kann, wenn man sich vorher über die betreffende Theorie klar geworden ist. Es soll deshalb hier die theoretische Bestimmung der Holzstärken für die bei den Balkenlagen, sowie sonstigen Holzkonstruktionen vorkommenden Biegungsarten näher in Betracht gezogen werden.

A. Einfache Biegungsfestigkeit gerader prismatischer Balken.

Wir betrachten im Folgenden einen prismatischen Balken (Träger), der eine Längssymmetrieebene besitzt und in dieser Ebene senkrecht zu seiner Axe von vertikalen Kräften (Lasten) beansprucht wird, welche eine Biegung und bezw. ein Zerbrechen desselben anstreben. Die Verbindungslinie liege, wie die Trägeraxe horizontal, und es sei ferner die Biegung so gering, dass auch nach ihrem Eintritt die Kräfte noch senkrecht zur Balkenaxe angesehen werden können.

Durch die in folge der Belastung des Balkens, welche entweder eine kontinuirliche (verteilte) oder in einzelnen Punkten der Balkenlänge konzentrirte sein kann, eintretende Biegung desselben entstehen im Innern des Balkens Spannungen, durch welche das Material desselben auf Zug, Druck und Schub beansprucht wird. Betrachtet man irgend einen Querschnitt des Balkens, so wirken auf denselben:

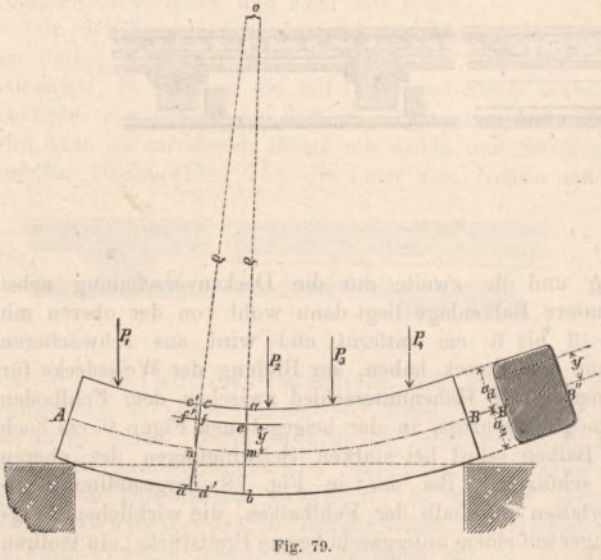


Fig. 79.

1. Längsfaserspannungen, normal zum Querschnitt. Dieselben entstehen dadurch, dass sich (wie in Fig. 79) in folge der Biegung die oberen Fasern verkürzen (Druckspannungen), die unteren dagegen verlängern müssen. (Zugspannungen). Beide Fasergruppen werden getrennt durch eine Schichte AB, welche weder gezogen noch gedrückt, sondern nur gebogen wird und die neutrale Faserschichte heisst. Der horizontale Schnitt $B'B''$ dieser Schichte mit dem Profil des Balkens heisst die neutrale Axe des betrachteten Querschnitts.

2. Scher- oder Schubspannungen, welche parallel zur Richtung der Kräfte sind und in der Ebene des Querschnitts liegen; ihre Summe bildet den Abscherungs- oder Vertikalwiderstand des betrachteten Querschnitts.

Bestimmung der Längsfaserspannungen. Die zu den Querschnitten normalen Zug- und Druckspannungen für irgend eine Stelle werden erhalten, wenn man sich daselbst einen Schnitt ab Fig. 79 durch den Balken gelegt denkt, die gesuchten Spannungen als äussere Kräfte anbringt und mit den vorhandenen äusseren Kräften ins Gleichgewicht setzt. Zu den letzteren gehören auch die Reaktionen der Auflager, welche aus den Gleichgewichtsbedingungen für die äusseren, angreifenden Kräfte bestimmt werden. Da die sämtlichen äusseren Kräfte in einer Ebene liegen und als vertikal vorausgesetzt werden, so erhält man nur zwei Gleichungen des Gleichgewichts: eine Projektions- und eine Momentengleichung; es können also nur 2 Auflager-

reaktionen dadurch gefunden werden. Liegt der Balken auf mehr als 2 Stützen so muss die Biegungstheorie mit zur Bestimmung der Auflagerdrücke verwertet werden. (Kontinuirliche Träger).

Bezüglich der Formveränderung des Balkens, unter der Einwirkung der Last, aus welcher sich die inneren Spannungen herleiten, wird gewöhnlich die durch Versuche hinreichend bestätigte Annahme gemacht, dass diejenigen ebenen Querschnitte des Balkens, welche vor der Biegung normal zur Trägeraxe waren, auch nach eingetretener Biegung eben und normal zu jener Linie bleiben. Zwei benachbarte, vor der Biegung parallele Querschnitte ab und cd (Fig. 79) schneiden sich also nach der Biegung in einer Linie o, welche die Krümmungsmittelpunkte für die zwischen ab und cd liegenden Fasern enthält. Daraus folgt, dass sich jeder Querschnitt bei dem Eintritt der Biegung um eine gerade Linie drehen muss, welche mit seiner neutralen Axe zusammenfällt. Weiter folgt, dass die Verlängerungen, resp. Verkürzungen der einzelnen Fasern und damit auch die hierzu (innerhalb der Elastizitätsgrenze) proportionalen Zug- und Druckspannungen gleichmässig mit ihrer Entfernung von der Neutralaxe wachsen; es ergiebt sich somit eine Verteilung der Faserspannungen über den Querschnitt, wie sie durch Fig. 80 deutlich gemacht ist.

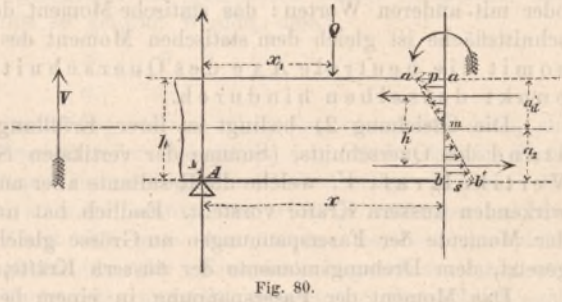


Fig. 80.

Die Spannungsintensität k einer beliebigen Faser ef im Abstande y von der neutralen Axe ergiebt sich aus ihrer relativen Längenänderung nach Fig. 79, wenn E den Elastizitätsmodul des Materials bezeichnet, aus

$$\frac{k}{E} = \frac{ff'}{mn} = \frac{y}{\varrho} \text{ *)}$$

zu

$$k = \frac{y \cdot E}{\varrho}.$$

Bezeichnet man die Spannungen der äussersten gezogenen und gedrückten Fasern von der neutralen Axe mit beziehungsweise s und p, ihre Entfernungen von der neutralen Axe bezw. mit a_z und a_d, so ist

$$s = \frac{a_z \cdot E}{\varrho}, \quad p = \frac{a_d \cdot E}{\varrho}$$

und

$$k = \frac{y}{a_z} \cdot s = \frac{y}{a_d} p,$$

*) Es ist nämlich mn die ursprüngliche Länge der Faser ef, somit, wenn $mo = \varrho$, ihre Verkürzung

$$ff' = mn - ef = mn \frac{y}{\varrho};$$

nach dem Elastizitätsgesetz ist nun

$$\frac{ff'}{mn} = \frac{k}{E}.$$

da nach Fig. 80 sich $$\frac{s}{a_z} = \frac{p}{a_d}$$ unmittelbar ergiebt.

Denkt man sich nun alle Faserspannungen als äussere Kräfte in den Flächenelemente df des Querschnitts ab angebracht, so muss im Gleichgewichtsfalle

1) die Summe der horizontalen Kräfte $= 0$
2) „ „ „ vertikalen „ $= 0$
3) „ „ „ Momente um einen Punkt der Kräfteebene $= 0$ sein.

Da nun, wie vorausgesetzt, keine horizontalen äussern Kräfte vorhanden sind, so folgt aus 1), dass die Resultante H_z aller Zugspannungen jener H_d aller Druckspannungen gleich zu sein hat; es ist somit:

$$\frac{s}{a_z} \Sigma_0^{az} y \,.\, df = \frac{p}{a_d} \Sigma_0^{ad} y \,.\, df$$

$$\Sigma_0^{az} y \,.\, df = \Sigma_0^{ad} y \,.\, df,$$

oder mit anderen Worten: das statische Moment des gezogenen Teils der Querschnittsfläche ist gleich dem statischen Moment des gedrückten Teils; es geht somit die neutrale Axe des Querschnitts durch den Schwerpunkt desselben hindurch.

Die Gleichung 2) bedingt zu ihrer Erfüllung einen Vertikalwiderstand des Querschnitts, (Summe der vertikalen Schubspannungen) gleich der Vertikalkraft V, welche die Resultante aller auf das betrachtete Trägerstück wirkenden äussern Kräfte vorstellt. Endlich hat nach Gleichung 3) die Summe der Momente der Faserspannungen an Grösse gleich, dem Sinne nach entgegengesetzt, dem Drehungsmomente der äussern Kräfte, M zu sein.

Das Moment der Faserspannung in einem beliebigen Flächenelement df in der Entfernung y von der Drehaxe, als welche am besten die neutrale Axe des Querschnitts genommen wird, ist

$$k \,.\, y = \frac{s}{a_z} y^2 = \frac{p}{a_d} \,.\, y^2,$$

mithin die Summe der Momente aller Zug- und Druckspannungen, oder das Drehmoment des Gegenpaares $H_z H_d$:

$$H_z \,.\, h' = H_d \,.\, h' = \frac{s}{a_z} \Sigma_0^{az} y^2{}_z \, df + \frac{p}{a_d} \,.\, \Sigma_0^{ad} \,.\, y^2{}_d \, df$$

die Ausdrücke $\Sigma_0^{az} y^2{}_z \, df = t_z$ und $\Sigma_0^{ad} y^2{}_d \, df = t_d$,

oder die Summen der Produkte aus den Flächenelementen in das Quadrat ihrer Entfernungen von der neutralen Axe heissen bekanntlich die Trägheitsmomente des gezogenen, bezw. gedrückten Teils des Querschnitts und

$$t_z + t_d = t$$

das Trägheitsmoment des ganzen Querschnitts bezogen auf die neutrale Axe.

Es ist nun nach 3)

$$M = \frac{s \,.\, t}{a_z} = \frac{p\, t}{a_d}$$

die Beziehung zwischen den Momenten der äussern und innern Kräfte.

Die Ausdrücke

$$\frac{t}{a_z} = W_1 \text{ und } \frac{t}{a_d} = W_2$$

heissen die Widerstandsmomente des Trägerquerschnitts. In obige Formel ist stets nur der kleinere der Werthe $\frac{s\,t}{a_z}$ und $\frac{p\,t}{a_z}$ einzusetzen; in der Form

$$s = \frac{M}{W_1}; p = \frac{M}{W_2}$$

bildet sie die Fundamentalformel für die einfache Biegungsfestigkeit:

$$\text{Maximalspannung} = \frac{\text{Angriffsmoment}}{\text{Widerstandsmoment.}}$$

Die so erhaltene Spannung darf natürlich eine gewisse Grösse nicht überschreiten, wenn der Balken nicht unter der Einwirkung der Last zerbrechen soll. Für die Grössen s u. p müssen daher in der Praxis die zulässigen Koefficienten für Zug- und Druckfestigkeit des betreffenden Trägermaterials eingesetzt werden. Bei rationell konstruirten Trägern soll die zulässige Beanspruchung in den äussersten gezogenen und gedrückten Fasern zu gleicher Zeit eintreten, d. h. der Querschnitt so geformt werden, dass

$$\frac{s}{a_z} = \frac{p}{a_d}$$

ist. Obwohl für Holz s immer grösser als p ist, so werden doch, aus praktischen Gründen, die Querschnitte der Holzbalken so gewählt, dass sie durch ihre horizontale Schwerpunktsaxe in zwei gleiche Teile zerlegt werden. Da ferner das Trägermaterial um so mehr beansprucht wird, je entfernter es von der neutralen Axe liegt, so findet eine gute Ausnützung desselben nur dann statt, wenn es möglichst entfernt von der Neutralaxe angeordnet wird, wie dies bei den Sprengbalken, Fachwerks- und Gitterträgern etc. thatsächlich auch geschieht.

Nach der oben erhaltenen Formel ist der in den aufeinander folgenden Querschnitten zu leistende Widerstand nach Massgabe des veränderlichen Angriffsmoments verschieden. Holzbalken, welche durchgängig einen konstanten Querschnitt erhalten, müssen deshalb für jenen Querschnitt berechnet werden, in welchem das Biegungsmoment seinen grössten Wert erreicht, oder es muss

$$W_2 = \frac{M\,\max}{p} \text{ sein.}$$

Diese Stelle heisst der gefährliche oder Bruchquerschnitt. Träger mit veränderlichen, dem jeweiligen Biegungsmomente entsprechenden Querschnitten heissen Träger von konstantem Biegungswiderstand, oder Träger gleicher Festigkeit.

Das Trägheitsmoment. Das Trägheitsmoment des Querschnitts ist nach obigem die Summe aller Produkte aus den Flächenelement df multiplizirt mit den Quadraten (y^2) ihrer Entfernungen von einer festen Axe, als welche hier immer eine Schwerpunktsaxe gemeint ist. Ist die ganze Querschnittsfläche f, so kann auch gesetzt werden

$$\Sigma y^2\,df = t = \mathrm{t}^2 f$$

und es heisst dann die Grösse t, welche durch diese Gleichung definirt ist, der Trägheitsradius oder Trägheitshebel des Querschnitts; er ergiebt sich zu

$$\mathrm{t} = \sqrt{\frac{t}{f}}.$$

Die Grösse des Trägheitsmoments ist natürlich abhängig von der Richtung der Schwerpunktsaxe, auf welche es bezogen wird. Bestimmt man für alle möglichen durch den Schwerpunkt gelegten Axen die zugehörigen Trägheitsmomente und aus diesen die entsprechenden Trägheitsradien t und zieht in der Entfernung t zu jeder Axe beiderseits zwei Parallelen, so umhüllen alle diese Geraden eine Ellipse, welche den Namen Centralellipse erhalten hat (Fig. 81). Ist umgekehrt für den Querschnitt diese Ellipse bekannt, so kann die Grösse des Trägheitsmoments für irgend eine Schwerpunktsaxe gefunden werden, indem man parallel zu dieser Axe an die Trägheitsellipse eine Tangente zieht und das Quadrat der Entfernung dieser Tangente vom Schwerpunkt (Trägheitshebel) multiplizirt mit dem Flächeninhalt des Querschnitts.

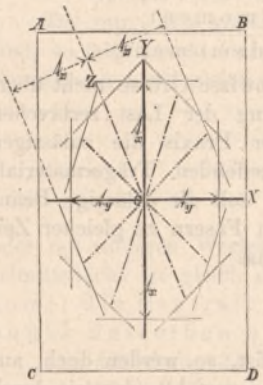


Fig. 81.

Unter den Werten des Trägheitsmoment einer Figur bezüglich aller möglichen Schwerpunktsaxen heben sich zwei Werte hervor, von welchen der eine ein Maximum, der andere ein Minimum von t vorstellt und welche auf Schwerpunktsaxen bezogen sind, deren Richtungen auf einander senkrecht stehen. Diese Axen heissen die Hauptaxen des Querschnitts. In Hinsicht hierauf gilt der Satz:

„Jede Symmetrieaxe eines Querschnitts ist Hauptaxe."

Hat der Querschnitt nur eine Symmetrieaxe, so ist diese die eine Hauptaxe, die andere geht zu ihr senkrecht durch den Schwerpunkt des Querschnitts.

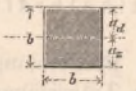
Es ergiebt sich sofort, dass die den Hauptaxen entsprechenden Trägheitsradien die Axen der Trägheitsellipse vorstellen. Die letztere kann also für einen gegebenen Querschnitt gezeichnet werden, wenn jene Trägheitsradien bekannt sind.

Die Aufgabe, das Trägheitsmoment einer Figur bezüglich einer gegebenen Axe zu finden, kann rechnerisch oder graphisch*) gelöst werden und gehört in das Gebiet der techn. Mechanik, bezw. graphischen Statik.

Zufolge der anfangs gemachten Voraussetzung, dass die Ebene der äussern Kraft vertikal und eine Symmetrieebene des Querschnitts sei, ist, wie man leicht bemerkt, die neutrale Axe, auf welche dabei das Trägheitsmoment zu beziehen ist, die horizontale Schwerpunktsaxe des Querschnitts.

Die nachfolgende Tabelle enthält für die gebräuchlichsten Querschnitte der Holzbalken die Trägheits- und Widerstandsmomente, welche in die obigen Biegungsformeln eingehen.

*) Bauschinger, graph. Statik, Kap. IX etc.

Querschnitt	Abstände der äussersten Fasern von der neutr. Axe	Trägheitsmoment t	Widerstandsmoment W
	$a_z = a_d = \frac{h}{2}$	$\frac{1}{12} b h^3$	$\frac{b h^2}{6}$ *)
	$a_z = a_d = \frac{b}{2}$	$\frac{1}{12} b^4$	$\frac{b^3}{6}$
	$a_z = a_d = \frac{D}{2} = r$	$\frac{\pi}{64} D^4 = \frac{\pi r^4}{4}$	$\frac{\pi}{32} D^3 = \frac{\pi}{4} r^3$

Ist das Trägheitsmoment einer Querschnittsfläche f für irgend eine Schwerpunktsaxe bekannt und gleich t, so bestimmt sich das Trägheitsmoment t_1 für eine zu dieser in der Entfernung a parallellaufende Axe bekanntlich aus der Formel

$$t_1 = t + a^2 f;$$

für eine in der Entfernung b parallel zu ersterer liegende Axe wird

$$t_2 = t + b^2 f;$$

aus beiden Gleichungen folgt die dritte

$$t_2 - t_1 = (b^2 - a^2) f,$$

oder

$$t_2 = t_1 + (b^2 - a^2) f,$$

welche den Uebergang zwischen zwei beliebigen zu einander parallelen Axen vermittelt.

Bestimmung des Bruchquerschnitts.

Denken wir uns den Balken Fig. 80 wieder in der Entfernung x vom Auflager A durchschnitten, so ist das im Querschnitt $a\,b$ stattfindende Biegungsmoment

$$M = A\,x - Q(x - x_1) - \ldots = V \,.\, e,$$

wenn e die Entfernung der Vertikalkraft vom Momentenpunkt m bezeichnet.

Vergrössert sich nun die Entfernung x des Querschnitts um ein ∞ kleines Stück $d\,x$, so wird sich auch hierdurch das Moment M vergrössern und es ist in dem nach $a\,b$ unmittelbar folgenden Querschnitt das Biegungsmoment

$$M + d\,M = V(e + d\,x)$$
$$= V \,.\, e + V \,.\, d\,x = M + V\,d\,x.$$

*) Durch Einzapfung von Wechselbalken, Unterzugstielen, Ständern etc. tritt häufig eine Verschwächung des Querschnitts ein. Das Widerstandsmoment eines durch einen solchen Zapfen verschwächten Querschnitts kann ungefähr zu 90 % von dem eines vollständigen Rechtecks angenommen werden.

Hieraus folgt:

$$\frac{dM}{dx} = V,$$

d. h. für irgend einen Querschnitt ist der Differentialquotient des Angriffsmoments gleich der dortselbst vorhandenen Vertikalkraft. (Schwedler'scher Satz.)

Ein Maximum von M findet nun statt für

$$\frac{dM}{dx} = V = 0.$$

Der Bruchquerschnitt liegt also da, wo die Vertikalkraft gleich Null wird.

Dieser Satz wird zur rechnerischen sowohl als graphischen Bestimmung des gefährlichen Querschnitts angewendet. Der letztere teilt die Trägerlänge derart in zwei Teile, dass die Belastung des rechts oder links von ihm gelegenen Teils gleich der rechts- oder linksseitigen Auflagerreaktion ist. Zugleich folgt hieraus auch, dass die Auflagerkräfte die grössten überhaupt vorkommenden Vertikalkräfte sind.

Die Schub- oder Tangentialspannnungen.

Die vertikalen Schubspannungen werden hervorgerufen durch den in jedem Querschnitt notwendig werdenden Vertikalwiderstand, welcher nach Früherem gleich der auf das Trägerstück wirkenden Vertikalkraft V ist. Für den Fall einer gleichmässigen Verteilung dieses Vertikalwiderstands, wäre die erzeugte vertikale Schubspannung einfach

$$s = \frac{V}{f},$$

wenn f die Querschnittsfläche des Trägers bezeichnet. Eine gleichmässige Verteilung der Vertikalkraft ist aber nicht vorhanden, weil, wie in der Folge sich ergeben wird, die an irgend einer Stelle des Querschnitts thätige vertikale Schubkraft der daselbst wirkenden Schubkraft in horizontaler Richtung (beide bezogen auf die Längeneinheit) gleich zu sein hat, letztere aber in den einzelnen Faserschichten verschiedene Grössen besitzt. Diese horizontalen Schubkräfte entstehen aus der Veränderung der Längsspannungen einer Faser in den aufeinanderfolgenden Querschnitten; während im Bruchquerschnitt die Normalspannungen der Faser ihren Maximalwert erreichen, sind sie über den Auflagern gleich Null, weil dort auch $M = 0$ ist. Dieses Abnehmen der normalen Faserspannungen verursacht ein Bestreben der einzelnen Faserschichten, sich über einander zu verschieben in der Richtung von der Balkenmitte zum Auflager hin; vergleiche Fig. 82.

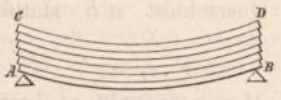


Fig. 82.

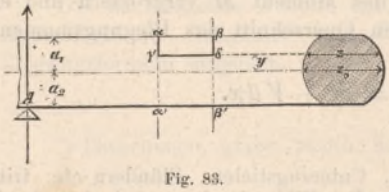


Fig. 83.

Um die Grösse dieser horizontalen Schubkräfte in einer Faserschicht, deren Abstand $= y$ von der neutralen Axe ist, an irgend einer Stelle zu erhalten, braucht man nur daselbst zwei ∞ nahe an einander liegende Querschnitte $\alpha\alpha'$ und $\beta\beta'$ Fig. 83 anzunehmen und nach Früherem die auf die Querschnittsstücke $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$ wirkenden Normalspannungen S und S'

zu bestimmen, so giebt deren Differenz $S' - S$ die auf das ∞ kleine Faserstück $\gamma\,\delta = d\,x$ übertragene Schubkraft. Hierfür erhält man den Ausdruck

$$S' - S = \frac{V \,.\, d\,x}{t} \int_{y}^{a_1} y \,.\, d\,f$$

und die Schubkraft pro Längeneinheit hieraus

$$\mathfrak{S} = \frac{V}{t} \int_{y}^{a_1} y\, d\,f\,.$$

$\int_{y}^{a_1} y\, d\,f$ bedeutet das statische Moment der Querschnittsfläche zwischen der äussersten und der in der Entfernung y von der neutralen Axe liegenden Faserschicht, V und t sind für einen bestimmten Querschnitt konstant, mithin erhält man die Maximal-Schubkraft für $y = 0$,

$$\mathfrak{S}\,\max = \frac{V}{t} \int_{0}^{a_1} y\, d\,f$$

d. h. für die neutrale Faserschicht.

Aus den Schubkräften erhält man nun die in Entfernung y von der neutralen Axe nach horizontaler und vertikaler Richtung auftretenden Schubspannungen, wenn man die gleichmässig über die Breite z des Querschnitts verteilten Schubkräfte $\mathfrak{S}$ durch z dividirt, also

$$\mathfrak{s} = \frac{V}{t \,.\, z} \cdot \int_{y}^{a_1} . \, y \,.\, d\,f \text{ und}$$

$$\mathfrak{s}\,\max = \frac{V}{t \,.\, z_0} \cdot \int_{0}^{a_1} y \,.\, d\,f$$

oder da $d\,f = z \,.\, d\,y$:

$$\mathfrak{s}\,\max = \frac{V}{t \,.\, z_0} \cdot \int_{0}^{a_1} y \,.\, z \,.\, d\,y.$$

Für den rechteckigen Querschnitt wird

$$t = \frac{1}{12} b\,h^3$$

$$z_0 = b,\ a_1 = \frac{h}{2},\ \text{also}$$

$$\mathfrak{s}\,\max = \frac{3}{2} \frac{V}{b \,.\, h},$$

für das Quadrat:

$$\mathfrak{s}\,\max = \frac{3}{2} \frac{V}{b^2}.$$

Für den Kreis erhält man ähnlich:

$$\mathfrak{s}\,\max = \frac{4}{3} \frac{V}{\pi\, r^2}.$$

Spannungen in beliebigen Schnittflächen des Trägers. Grösste Spannungen.

Im Innern eines auf Biegung beanspruchten Trägers wirken nun an einem beliebigen Körperelement $a\,b\,c\,d$, Fig 84, folgende Kräfte: längs $a\,d$ und $b\,c$ die horizontale Schubkraft $\mathfrak{s}\,.\,dx$, längs $a\,c$ und $b\,c$ die vertikale Schubkraft $\mathfrak{s}\,.\,dy$, ausserdem auf $a\,c$ und $b\,d$ die Faserspannungen $s\,dy$, welche sich aufheben, da ihre Grösse nur durch einen unendlich kleinen Betrag zweiter Ordnung unterschieden ist. Die Momentengleichung um eine Kante (a) des Elementarstücks $a\,b\,c\,d$ liefert

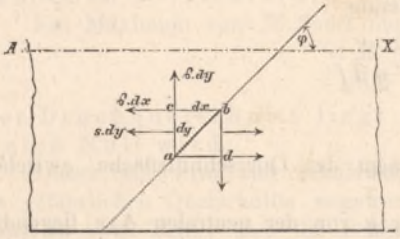


Fig. 84.

$$\mathfrak{s}\,.\,dx\,.\,dy = \mathfrak{s}\,.\,dy\,.\,dx,$$

den Satz, dass im Innern des gebogenen Trägers die horizontale und vertikale Schubkraft, bezogen auf die Längeneinheit, einander gleich sind.

Die Beanspruchung eines beliebigen Flächenelements $a\,b = ds$, welches den Winkel φ mit der Trägeraxe bildet, erhält man nun, wenn man die oben genannten auf das Element $a\,b\,c\,d$ wirkenden Kräfte in Komponenten senkrecht und parallel zu $a\,b$ zerlegt. Die Summe der zu $a\,b$ senkrechten Komponenten giebt die auf das Flächenelement ausgeübte Zug- oder Druckkraft, die Summe der zu $a\,b$ parallelen Komponenten die auf $a\,b$ einwirkende Schubkraft. Bezeichnen N und T die diesen Kräften entsprechenden Spannungen normal und in der Richtung $a\,b$, so ist also

$$N\,.\,ds = s\,.\,dy\,.\,\sin\varphi + \mathfrak{s}\,.\,dy\,.\,\cos\varphi + \mathfrak{s}\,.\,dx\,.\,\sin\varphi$$
$$T\,.\,ds = s\,.\,dy\,.\,\cos\varphi - \mathfrak{s}\,.\,dy\,.\,\sin\varphi + \mathfrak{s}\,.\,dx\,.\,\cos\varphi$$

Da nun $\frac{dy}{ds} = \sin\varphi$, $\frac{dx}{ds} = \cos\varphi$ etc., so wird

$$N = s\,.\,\sin^2\varphi + 2\,\mathfrak{s}\,\sin\varphi\,\cos\varphi$$
$$N = \frac{s}{2}\,.\,(1 - \cos 2\varphi) + \mathfrak{s}\,.\,\sin 2\varphi.$$

Aehnlich erhält man

$$T = \frac{s}{2}\,.\,\sin 2\varphi + \mathfrak{s}\,.\,\cos\varphi.$$

Diese Formeln geben die auf das beliebige Flächenelement $a\,b$ wirkenden Spannungen als Funktionen des Winkels φ. Es fragt sich daher, für welchen Winkel dieselben ihre grössten Werte erreichen. Dies tritt für N ein, wenn

$$\frac{dN}{d\varphi} = 0, \text{ oder}$$
$$\frac{s}{2}\,.\,\sin 2\varphi + \mathfrak{s}\,.\,\cos 2\varphi = 0,$$

woraus

$$\operatorname{tang} 2\varphi = -\frac{2\,\mathfrak{s}}{s},$$

für diesen Wert des Winkels φ wird

$$N\max = \frac{s}{2} + \sqrt{\left(\frac{s}{2}\right)^2 + \mathfrak{s}^2}$$

In derselben Weise ergiebt sich ein Maximum von T, wenn

$$\operatorname{tang} 2\varphi = \frac{s}{2\,\mathfrak{s}}$$

und wird

$$T\max = \sqrt{\left(\frac{s}{2}\right)^2 + \mathfrak{s}^2}.$$

Die weitere Frage, für welche Stellen die Maxima von N und T am grössten werden, ist nur in speciellen Fällen zu beantworten möglich, weil s und $\mathfrak{s}$ von den an den jeweiligen Stellen auftretenden Momenten und Vertikalkräften abhängig sind. Für einen beiderseits frei aufliegenden, gleichmässig belasteten Träger ergiebt eine solche Untersuchung das Resultat*), „dass nirgends im Träger eine grössere Druck- oder Zugspannung entsteht, als in der Mitte der äussersten Fasern und keine grössere Schubspannung, als längs der neutralen Schichte an den Auflagern". Die Maximalwerte von N und T dürfen höchstens so gross wie die für das Trägermaterial für Zug oder Druck und bezw. für Schub geltenden Festigkeitskoefficienten werden.

Es fragt sich nun, welchen Einfluss die Schubspannungen für die Bestimmung des konstanten Balkenquerschnitts haben, oder welche relative Grösse sie gegenüber den Normalspannungen besitzen. Diese Frage ist in jedem einzelnen Falle leicht zu entscheiden. Nimmt man, wie es bei den Hochbaukonstruktionen fast ausnahmslos der Fall ist, an, dass die Belastung $Q = ql$ gleichmässig über die Balkenlänge verteilt sei, so ist das Maximum des äussern Moments (vergl. p. 74) in der Trägermitte vorhanden und hat die Grösse

$$M\max = \frac{ql^2}{8},$$

die hieraus sich berechnende Normalspannung ist für den rechteckigen Balkenquerschnitt bh

$$s\max = a \cdot \frac{M\max}{t} = \frac{12 \cdot ql^2}{8 \cdot bh^3} \cdot \frac{h}{2} = \frac{3}{4}\frac{ql^2}{bh^2}.$$

Die Maximal-Schubspannung entspricht der grössten Vertikalkraft $V\max = \frac{ql}{2}$, welche am Auflager stattfindet, also ist für denselben rechteckigen Querschnitt

$$\mathfrak{s}\max = \frac{3}{2}\frac{V\max}{bh} = \frac{3}{2}\frac{ql}{2bh} = \frac{3}{4}\frac{ql}{bh}.$$

Mithin verhalten sich beide Spannungsintensitäten

$$\frac{\mathfrak{s}\max}{s\max} = \frac{3}{4}\frac{ql}{bh} : \frac{3}{4}\frac{ql^2}{bh^2} = \frac{h}{l}.$$

Da man nun für Bauhölzer die zulässige Spannung im Mittel $s = 70^k$, $\mathfrak{s} = 7^k$ p. 1^{qcm} setzen darf, so folgt: $\mathfrak{s}\max \leqq s\max$, so lange $\frac{h}{l} \leqq \frac{1}{10}$, oder $l \geqq 10\,h$.

Da nun in der Praxis die Balkenlänge wohl in allen Fällen den 10fachen Betrag der Höhe des Querschnitts betragen wird, so genügt es, den gefährlichen Querschnitt immer an der Stelle, wo das grösste äussere Moment stattfindet, anzunehmen und die Balkendimensionen ohne weitere Rücksicht auf die Tangentialspannungen lediglich nach den auf Seite 74 angegebenen Biegungsformeln

*) F. Löwe, Vorlesungen über eis. Balkenbrücken pag. 54.

zu berechnen. Nur bei verhältnissmässig kurzen, stark belasteten Balken ist der Querschnitt auf Abscheren nach den oben gefundenen Formeln zu berechnen.

Bestimmung der Einbiegung durch die Gleichung der elastischen Linie.

Nachdem im Vorstehenden die Formeln angegeben wurden, aus welchen sich die bei einfachen Biegungsfällen auftretenden innern Spannungen berechnen lassen, soll noch über die Form, welche ein irgendwie belasteter Balken in folge der Beanspruchung durch die äussern Kräfte annimmt, kurz das Nöthigste angegeben werden. Die Form der Biegung verfolgt man an der sogen. elastischen Linie, welche den Schnitt der neutralen Faserschichte mit der Kräfte- oder Längssymmetrieebene des Trägers vorstellt.

Bezieht man die elastische Linie AB des Balkens Fig. 79 auf ein durch A gelegtes rechtwinkliges Axensystem, dessen X-Axe horizontal liegt und ist ϱ der Krümmungsradius eines ∞ kleinen Stückes mn der elastischen Linie, so ist nach Fig. 79 unmittelbar

$$\frac{cc'}{mn} = \frac{cn}{on} \text{ oder } \frac{p}{E} = \frac{a_d}{\varrho}.$$

somit

$$\varrho = E \cdot \frac{a_d}{p} = \frac{Et}{M}.$$

Da ϱ ferner durch die Koordinaten eines Punkts der elastischen Linie ausgedrückt

$$\varrho = \frac{1}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

gesetzt werden kann, so folgt:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{Et} M.$$

Durch einmaliges Integriren folgt hieraus die Tangente des Winkels α, welchen die Berührungsgerade an der betreffenden Stelle mit der Horizontalen bildet

$$\frac{dy}{dx} = \text{tang}\,\alpha = \frac{1}{Et} \int M\,dx,$$

sowie durch nochmaliges Integriren die an derselben Stelle vorhandene Einbiegung

$$y = \frac{1}{Et} \iint M\,dx.$$

Spezielle Fälle der einfachen Biegung gerader Balken mit konstantem Querschnitt.

Bei der Berechnung der Balken ist zunächst zu unterscheiden zwischen frei auf zwei Stützen liegenden oder diskontinuirlichen und kontinuirlichen Trägern, welche in mehr als zwei Punkten ihrer Länge unterstützt sind.

In den allermeisten Fällen wird man es mit Balken der ersteren Art zu thun haben, oder wenigstens die Berechnung auf die eines frei auf zwei Stützen liegenden Trägers zurückführen können. Bezüglich der den Balken zu gebenden Querschnittsform ist bekannt, dass Konstruktionshölzer im Hochbau beinahe ausnahmslos rechteckig beschlagen werden. Für den aus dem runden Stamme herzustellenden kantigen Balken muss nun das Verhältnis der Höhe

und Breite so gewählt werden, dass seine Tragfähigkeit eine möglichst grosse wird; dies ist aber der Fall, wenn das Widerstandsmoment des rechteckigen Querschnitts:

$$W = \frac{1}{6} b h^2$$

seinen grösstmöglichsten Wert erreicht. Statt b und h^2 kann man aber nach Fig. 85 setzen, wenn D den Durchmesser des Rundstammes bezeichnet:

$$b = \sqrt{D \cdot x}, \quad h^2 = D(D - x),$$

somit

$$b h^2 = \sqrt{D \cdot x} \cdot (D - x) D$$
$$= D \cdot \sqrt{D} \cdot \sqrt{x (D - x)^2}$$

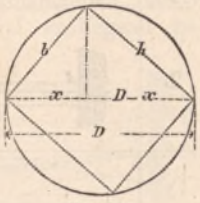


Fig. 85.

und man erhält ein Maximum für W, wenn

$$\frac{d \cdot \sqrt{x (D - x)^2}}{dx} = 0, \text{ oder}$$

$$x = \frac{1}{3} D$$

ist; die Konstruktion des betreffenden Rechtecks zeigt Fig. 86 und ist dabei

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{100}{141{,}4} = \frac{5}{7}.$$

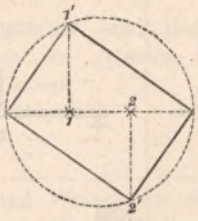


Fig. 86.

Der aus dem Rundstamm gezimmerte rechteckige Balken besitzt also ein Maximum des Tragvermögens, wenn sich seine Querschnittsbreite zur Höhe annähernd wie 5 : 7 verhält.

Käme es darauf an, den Balkenquerschnitt so zu bemessen, dass unter der Einwirkung der Belastung eine möglichst geringe Einbiegung erfolgt, so musste in diesem Fall nach der auf Seite 74 angegebenen Formel für den Biegungspfeil y das Trägheitsmoment

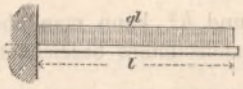
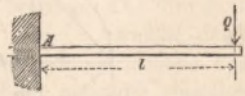
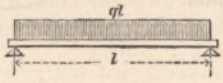
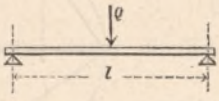
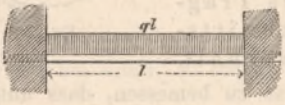
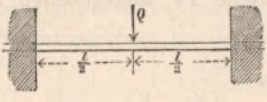
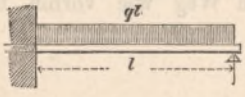
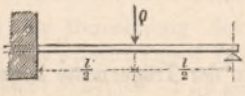
$$t = \frac{b h^3}{12}, \text{ oder } b h^3$$

seinen Maximalwert bekommen. Auf demselben Weg wie vorhin bekommt man dann $x = \frac{1}{4} D$ und das Verhältnis

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{100}{173{,}2} = 4 : 7.$$

Der Balken mit gleichmässig verteilter bezw. einer in der Trägermitte konzentrirten Belastung.

Die Resultate der Biegungstheorie für die genannten einfachen Belastungen sind in nachfolgender Tabelle für alle möglicherweise vorkommenden Anordnungen der Unterstützung des Balkens enthalten, wobei nur noch zu bemerken ist, dass die Reaktionen des linken Auflagers mit A, diejenigen des rechten Stützpunktes mit B bezeichnet, und die Abscissen vom linken Stützpunkt aus gerechnet wurden.

Nr.	Biegungsweise	Auflager-Reaktionen	Maximum des Angr.-Mom.		Grösste Einbiegung	
			Abscisse	M max	Abscisse	y max
1.		$A = q\,l$	0	$\frac{q\,l^2}{2}$	l	$\frac{1}{8}\frac{q\,l^4}{E.t}$
2.		$A = Q$	0	$Q\,.\,l$	l	$\frac{1}{3}\frac{Q\,l^3}{E\,t}$
3.		$A = \frac{q\,l}{2}$ $B = \frac{q\,l}{2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{q\,l^2}{8}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{5}{384}\frac{q\,l^4}{E\,t}$
4.		$A = \frac{Q}{2}$ $B = \frac{Q}{2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{Q\,l}{4}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{1}{48}\frac{Q\,l^3}{E\,t}$
5.		$A = \frac{q\,l}{2}$ $B = \frac{q\,l}{2}$	0 l $\frac{l}{2}$	$\frac{q\,l^2}{12}$ $\frac{q\,l^2}{24}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{1}{384}\frac{q\,l^4}{E\,t}$
6.		$A = \frac{Q}{2}$ $B = \frac{Q}{2}$	0 $\frac{l}{2}$ l	$\frac{Q\,l}{8}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{1}{192}\frac{Q\,l^3}{E\,t}$
7.		$A = \frac{5}{8}q\,l$ $B = \frac{3}{8}q\,l$	0	$\frac{q\,l^2}{8}$	$0{,}572\,l$	$0{,}0054\frac{q\,l^4}{E\,t}$
8.		$A = \frac{11}{16}Q$ $B = \frac{5}{16}Q$	0	$\frac{3}{16}Q\,l$	$0{,}553\,l$	$0{,}00932\frac{Q\,l^3}{E.t}$

Aus dieser Zusammenstellung ziehen wir folgende für die Praxis wichtige Schlüsse:

Unter sonst gleichen Verhältnissen ist der Maximal-Angriff bei den Fällen Nr. 1 bis 4 nur halb so gross, also die Tragfähigkeit doppelt so gross, wenn die auf den Balken treffende Last gleichmässig über die ganze Länge verteilt ist, als wenn sie in der Balkenmitte konzentrirt angreift.

Bei den Trägeranordnungen nach Nr. 5 bis 8 verhalten sich die bezüglichen Tragfähigkeiten wie 3 : 2 oder $1\frac{1}{2} : 1$.

Ein Balken, der auf 2 Stützen frei aufliegt (Nr. 3 und 4), trägt das Vierfache, wie der an einer Seite eingespannte (Nr. 1 und 2) gleiche Balkenlänge und Belastung vorausgesetzt; ist der Balken dagegen beiderseits eingespannt, so trägt er das Sechsfache bei gleichmässig verteilter (Nr. 5) und das Achtfache bei konzentrirter Belastung (Nr. 6) von der Last, welche dem einseitig eingespannten Balken unter gleichen Verhältnissen zugemutet werden kann.

Die in den Balkenlagen des Hochbaues vorkommenden Balken können nicht als eingespannt, sondern nur als beiderseits frei aufliegend betrachtet werden. Das „Eingespanntsein" erfordert nämlich, dass die Balkenenden ziemlich weit in die Mauer eingreifen und durch abwärts wirkende Vertikalkräfte (P_1 und P_2 Fig. 87) beansprucht werden, deren Momente $P_1 e_1$ und $P_2 e_2$ um die Stützpunkte A und B sich dadurch bestimmen, dass die elastische Linie über den Auflagerpunkten eine horizontale Tangente hat. Diese Auflagermomente sind nach Nr. 5 der Tabelle für einen gleichmässig belasteten Balken die grössten in diesem Fall überhaupt stattfindenden Drehmomente und an Grösse

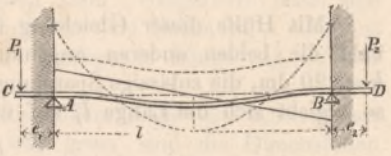


Fig. 87.

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{12} p\, l^2.$$

Die Wirkung dieses Moments kann aber bei der Art und Weise, wie die Balken auf den Mauern aufgelagert sind, von der Aufmauerung über den Balkenköpfen nicht aufgenommen werden, und wird wohl in allen Fällen eine so grosse Beweglichkeit des Auflagerkopfes vorhanden sein, dass man den Balken als freiaufliegend ansehen muss.

Für den Biegungsfall (Nr. 5) wird in einem beliebigen Querschnitt in der Entfernung x von A die dort vorhandene Vertikalkraft ausgedrückt durch

$$V = A - q\,x$$
$$= \frac{q\,l}{2} - q\,x = q\left(\frac{l}{2} - x\right)$$

und das Biegungsmoment durch

$$M = M_1 - A \cdot x + \frac{q\,x^2}{2}$$
$$= \frac{q}{12}\left[l^2 - 6\,x\,(l - x)\right].$$

Die graphische Darstellung der V- und M-Werte für verschiedene Querschnitte giebt als Linie der Vertikalkräfte eine Gerade, als Momentenlinie eine Parabel, nach Fig. 87.

Die Belastung der Balkenlagen ist ferner immer als gleichmässig verteilt anzusehen und sind deshalb zur Bestimmung der Balkenstärken für Wohngebäude etc. die unter Nr. 3 der Tabelle Seite 74 angegebenen Formeln zu benützen.

Darnach hat man, mit Zugrundelegung eines rechteckigen Balkenquerschnitts vom Verhältnis $b : h = 5 : 7$

$$M \max = \frac{q\,l^2}{8}\,;\quad W = \frac{b\,h^2}{6} = \frac{5}{42}\,h^3$$

$$\frac{q\,l^2}{8} = \frac{5\,h^3}{42} \cdot p$$

$$q\,l^2 = \frac{20}{21}\,h^3 \cdot p$$

oder die gleichförmig verteilte Last

$$q\,l = P = \frac{20 \cdot h^3}{21 \cdot l}\,p.$$

Mit Hülfe dieser Gleichung findet sich eine der Grössen P, h und l, sobald die beiden anderen angenommen sind; es sei z. B. $P = q\,l = 800$ k, $h = 20$ dm, die zulässige Spannungsintensität $p = 100 \cdot 80 = 8000$ kg p. 1 qdm, so ergiebt sich die Länge l, auf welche der Balken frei gelegt werden kann, zu

$$l = 76 \text{ dm}.$$

Zur bequemeren Benutzung obiger Formel stellt man sie graphisch dar, indem man sie nach h^3 auflöst und

$$h^3 = \frac{21}{20} \cdot \frac{P \cdot l}{p}$$

als Funktion der veränderlichen Grössen P und l annimmt. Sämtliche Funktionswerte liegen dann auf einer Hyperbel, deren Asymptoten die Coordinatenaxen sind. Indem man h^3 verschiedene Werte giebt, erhält man eine Schar von Hyperbeln, deren Coordinaten Vielfache einer zuerst angenommenen sind. Diese Hyperbeln lassen sich nun in Gerade verwandeln, wenn man sich den Stoff oder das Papier, auf dem sie aufgetragen sind, in der Richtung einer Axe, z. B. der Abscissenaxe so verzogen denkt, dass die erste der Hyperbeln als Gerade erscheint; es werden dann auch die übrigen Kurven Gerade und zwar schneiden sich alle in dem gemeinsamen Punkte von der Ordinate Null, also auf der Abscissenaxe.

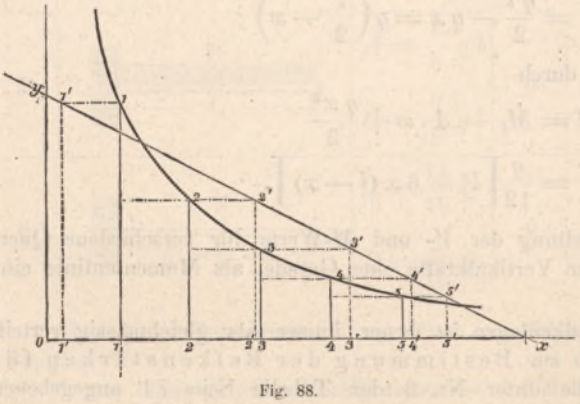


Fig. 88.

Um zu erkennen, wie sich die verzerrten Abscissenintervalle der gestreckten Hyperbeln zu einander verhalten, zieht man an die Hyperbel eine beliebige Sekante, $x\,y$ (Fig. 88) und von den Endpunkten 1, 2, 3, ... der Ordinaten, welche den gleichen Abscissenintervallen 01, 12, 23 . . . entsprechen, Parallelen 11′, 22′, 33′ .... zur Abscissenaxe bis zur Sekante. Sämtliche Hyperbelpunkte werden in dieser Weise auf die Sekante projicirt und erhält man aus den Schnittpunkten 1′, 2′, 3′ ... auf der Sekante, die

zugehörigen Abscissenintervalle durch einfache Projektion der Sekantenpunkte auf die X-Axe *).

Da sich die gerade gestreckten Hyperbeln alle im Punkte x schneiden, so braucht von jeder Geraden nur ein Punkt bestimmt zu werden; in dieser Weise wurde das Diagramm auf Tafel IX hergestellt, wo die Gewichte P als Abscissen, die Balkenlängen l als Ordinaten aufgetragen sind und Balkenhöhen von 1,2 bis 3,5 dm zu grunde gelegt sind. Die ausgezogenen Strahlen sind dabei durch Annahme einer zulässigen Beanspruchung $p = 80$, die punktirten für $p = 70$ kg p. qcm erhalten worden.

Das Diagramm ist zur Bestimmung der Querschnittshöhe von Holzbalken im allgemeinen zu verwenden, sobald die gesamte gleichmässig verteilte Belastung und die Spannweite des Balkens gegeben sind. Umgekehrt lässt sich natürlich aus gegebener Balkenhöhe und Spannweite die Belastung, oder aus einer gegebenen Balkenhöhe und Belastung die freiliegende Länge des Balkens etc. finden.

Beispiel. Ein Balken ist bei einer freiliegenden Länge von 5,50 m mit einer verteilten Last von 2000 kg belastet, wie gross sind die Dimensionen des Querschnitts zu nehmen? Das Diagramm giebt unmittelbar $h = 25$ bis 26 cm, somit $b = \frac{5}{7} . h = 18$ bis 19 cm.

Die Biegungsformel für den beliebigen rechteckigen Querschnitt $b . h$

$$\frac{P . l}{8} = \frac{b h^2}{6} p$$

lässt sich auf einfache Weise auch dadurch graphisch darstellen, dass man $l = 1$ setzt, wodurch man erhält

$$\frac{P}{8} = \frac{b h^2}{6} p \text{ oder}$$

$$P = \frac{4}{3} b h^2 . p.$$

Setzt man hierin h^2, für verschiedene Balkenhöhe berechnet, und p ein, so entsteht eine lineare Gleichung zwischen P und b; für $l = 1$ m, b und h in Centimetern erhält man

$$P = \frac{4}{3} b h^2 . 0{,}7 .$$

Die graphische Darstellung dieser Formel mit Zugrundelegung der Balkenhöhen $h = 10, 12 \ldots 30$ cm zeigt das Diagramm Fig. 89 (S. 78), welches eine

*) Es ist noch zu bemerken, dass die Einteilung der Abscissenaxe nach der Formel

$$P = \frac{20 h^2}{21 l} = Z . \frac{1}{l}$$

einer hyperbolischen Skala entspricht und man dieselbe erhält, wenn man von einem beliebigen Punkte (x, dem ∞ fernen Berührungspunkt der Hyperbelschar entsprechend) in der Richtung der Abscissen die Werte $\frac{1}{n}$, wo n die natürliche Zahlenreihe durchläuft, und in der Richtung der Ordinaten die Zahlenwerte 1, 2, 3 ... selber, also in gleichen Intervallen aufträgt. Die Netzweite nach beiden Richtungen hat nicht auf die Gestalt, sondern nur auf die Neigung der gestreckten Hyperbeln Einfluss. Näheres über dergl. Darstellungen enthält: Dr. Aug. Voglers Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln etc., Berlin, Ernst & Korn.

der 3 Grössen b, h und P unmittelbar finden lässt, sobald die beiden andern angenommen sind.

Beispiel. Ein 20 cm hoher Balken liegt auf 4 m frei und trägt eine gleichmässig verteilte Last von 1500 kg, wie gross ist dessen Breite zu nehmen? Da im Diagramm Balken von der Länge $= 1$ vorausgesetzt sind,

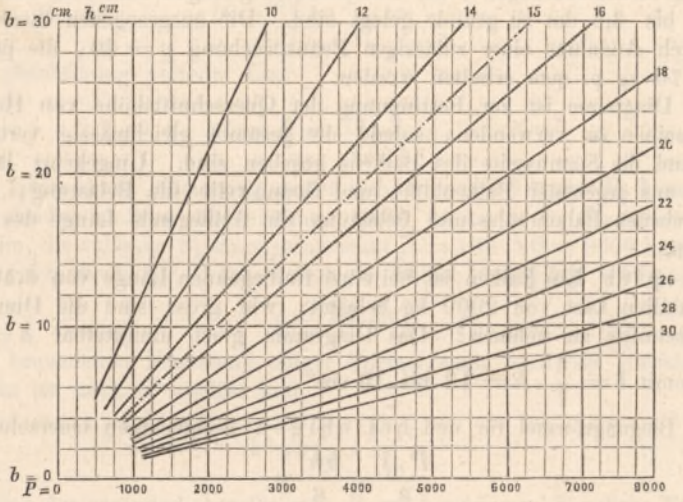


Fig. 89.

so muss für andere Längen die Belastung entsprechend reduzirt werden; der 1 m lange Balken erleidet aber dieselbe Inanspruchnahme, wie der 4 m lange, wenn die Last $4 \times 1500 = 6000$ kg beträgt. Für $P = 6000$ und $h = 20$ giebt nun das Diagramm die notwendige Querschnittsbreite $b = 16$ cm an.

Der Balken auf 2 Stützen mit beliebiger Belastung.

Für die Berechnung der Balkenlagen giebt die auf Seite 74 mitgeteilte Tabelle sowie das Diagramm auf Tafel IX für alle einfachen Belastungsfälle die nötigen Anhaltspunkte. Kommen komplizirtere Fälle der Belastung vor, wie eine ungleichmässige stetige Belastung, oder Belastung durch mehrere konzentrirte Kräfte oder beide Belastungsarten zusammen, so entsteht die Aufgabe in jedem Falle

die Auflagerreaktionen,
die Lage des gefährlichen Querschnitts, und in letzter Linie
die Grösse des Maximalmoments

zu bestimmen; durch Division des letzteren mit dem Festigkeitskoeffizienten erhält man dann die Grösse des erforderlichen Widerstandsmoments W des Querschnitts, aus welchem sich die Querschnittsdimensionen leicht finden lassen; hierzu kann in bequemer Weise auch die Tabelle pag. 26 benützt werden.

Zur Bestimmung des Maximalmoments für diese Fälle soll hier der einfachere graphische Weg gewählt werden, da er rascher zum Ziel führt und neben grosser Uebersichtlichkeit auch eine mehr als hinreichende Genauigkeit gewährt.

Wirken auf den Balken mehrere konzentrirte Lasten: P_1, P_2, P_3, P_4 (Fig. 3, Tafel X), deren Grössen und Entfernungen vom Auflager-

punkt A gegeben sind, so erhält man die Grösse der vertikalen Auflagerreaktionen, A und B, wenn man die Resultante aus jenen Kräften in zwei zu ihr parallele Komponenten zerlegt, welche durch A und B gehen. Dies geschieht, indem man die gegebenen Lasten zum Kräftepolygon $0\,4$, Fig. 3a zusammensetzt und dann aus dem beliebigen Pol u das Seilpolygon $0\ I\ II\ III\ \ldots\ V$ über den Kräften konstruirt; eine Parallele $u\,a$ durch den Kräftepol u zur Verbindungslinie $A'\,B'$, der Schnittpunkte der äussersten Polygonsseiten mit den durch die Stützpunkte gehenden Vertikalen, giebt in $a\,0$ und $4\,a$ die Grösse der Auflagerreaktionen nach Grösse und Richtung an.

Die Vertikalkraft V für ein beliebiges Trägerstück $A\,x'$ oder die Resultante der Kräfte A und P_1 wird durch das Linienstück $a\,1$ im Kräfteplan nach Grösse und Sinn vorgestellt; die Lage dieser Kraft aber ist durch den Schnittpunkt m der den Kräften A und P_1 vorangehenden und nachfolgenden Polygonsseiten $A'\,B'$ und $I\ II$ bestimmt.

Was ferner die Bestimmung des Biegungsmoments mit Hülfe des Seilpolygons betrifft, so benützt man hiezu folgenden Satz der graphischen Statik*):

„Wenn aus beliebigen in einer Ebene liegenden parallelen Kräften das Kräfte- und Seilpolygon konstruirt wird, so lässt sich das Drehungsmoment der Resultante dieser Kräfte oder das Gesamtdrehungsmoment derselben um irgend einen Punkt ihrer Ebene ausdrücken als Produkt aus dem Abschnitt zwischen den äussersten Seilpolygonsseiten, die diesen Kräften zugehören, auf einer durch den Momentenpunkt zu den Kräften gezogenen Parallelen in die senkrechte Entfernung des Pols von der Kräftelinie.“ Diese Entfernung bezeichnet man als Momentenbasis, und heisst jener Abschnitt das auf diese Basis reduzirte Moment der Kräfte. Da das Drehungsmoment die Bezeichnung $m\,k\,g$ hat, so muss, wenn die Basis auf dem Längenmassstab abgelesen wurde, das reduzirte Moment auf dem Kräftemassstab abgelesen werden und umgekehrt.

In dem Beispiel Fig. 3 Tafel X erhält man also das auf die Entfernung H des Pols u von der Kräftelinie $0\,4$ als Momentenbasis reduzirte Drehungsmoment der äussern Kräfte für den beliebigen Querschnitt x auf der durch x gehenden Vertikalen abgeschnitten und zwar ist es das Stück $v'\,w' = y'$ dieser Geraden, welches zwischen der Schlusslinie $A'\,B'$ und dem Seilpolygon liegt. Das Produkt $H\,.\,y'$ giebt also die Grösse des im Querschnitt x' vorhandenen Angriffsmoments an.

Der gefährliche Querschnitt liegt nun einfach da, wo diese vertikal gemessene Entfernung y' ihren grössten Wert erreicht; also da, wo eine zu $A'\,B'$ gezogene Parallele den Polygonsumfang berührt. In dem gewählten Beispiele Fig. 3 ist dies im Punkte II der Fall und somit

$$M\,\max = H\,.\,v\,w = H\,.\,y$$

gefunden.

Handelt es sich darum, rasch die Lage des Bruch-Querschnitts zu finden, weniger um die Grösse des betreffenden Maximalmoments, so kann hiezu mit Vorteil der Schwedler'sche Satz benutzt werden, wonach man ein Momenten-Maximum für jenen Querschnitt erhält, für welchen $V = 0$ wird. Die Summe der auf irgend ein Trägerstück wirkenden äussern Kräfte kann aus dem Kräfte-

*) Bauschinger, graph. Statik pag. 52 u. 55.

polygon leicht entnommen werden; so sind die auf die Strecken $A1$, $A2$, $A3$ . . . wirkenden Vertikalkräfte bezw.

$$V_1 = A = a0$$
$$V_2 = A - P_1 = a1$$
$$V_3 = A - (P_1 + P_2) = a2$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

u. s. f. Trägt man diese Kräfte als Ordinaten auf die als Abscissenaxe genommene Balkenlänge $A''B''$ in den entsprechenden Punkten $1''$, $2''$, $3''$ . . . auf, so erhält man die gebrochene Linie $A_0\,1'\,2'\,3' \ldots B_0$, welche in ihrem Durchschnitte $2''$ mit der Axe $A''B''$ die Stelle angiebt, wo die Vertikalkraft Null, also das Biegungsmoment ein Maximum ist. Die Grösse dieses Moments ist graphisch ausgedrückt in dem Inhalt der schraffirten Fläche $A''A_0\,1'\,2'\,2''$, welche von der Axe $A''B''$ und der Linie der Vertikalkräfte mit eingeschlossen wird.

Wenn auf den Balken eine stetige aber ungleichmässig verteilte Kraft wirkt, Fig. 5, Tafel X, so trage man in jedem Punkt der Balkenlänge die an der betreffenden Stelle pro Längeneinheit wirkende Belastung als Ordinate auf, wodurch man die Belastungslinie CFK erhält; die Fläche $ABCFK$ stellt dann die gesamte Belastung des Balkens vor. Um diesen Fall auf den vorigen zurückzuführen, teilt man die Belastung durch Vertikalebenen in eine Anzahl gleich breiter Lamellen und nehme die Gewichte derselben in ihrem Schwerpunkte wirkend als Einzellasten an. Die Schwerpunkte der Lamellen können bei entsprechender Wahl der Lamellenbreite in den Mittellinien der Trapeze liegend angenommen und die Gewichte der Lamellen diesen mittleren Höhen proportional gesetzt werden. Diese letzteren Stücke oder aliquote Teile derselben aneinandergereiht, geben dann den Kräfteplan Fig. 5a.

Die Bestimmung der Auflagerreaktionen und der Vertikalkräfte geschieht in derselben Weise, wie vorhin; ebenso erhält man auf die gleiche Art den gefährlichen Querschnitt und die Grösse des Maximalmoments. Konstruirt man über den Einzelgewichten 1, 2, $3 \ldots 9$ aus dem beliebigen Pol u das Seilpolygon $0\,I\,II \ldots X$, so giebt eine Parallele durch u zur Schlusslinie $A'B'$ desselben auf dem Kräftezug den Punkt a, welcher 09 in die beiden Auflagerreaktionen $a0 = A$ und $9a = B$ zerteilt. Für einen beliebigen Querschnitt x' erhält man die Vertikalkraft im Schnittpunkt m der zugehörigen Seilpolygonsseite mit $A'B'$ und das an derselben Stelle stattfindende Biegungsmoment als

$$M' = y' \,.\, H,$$

wenn H die Poldistanz im Kräfteplan bezeichnet. Das Maximalmoment liegt wieder in jenem Querschnitt, der dem Berührungspunkt einer zur Schlusslinie $A'B'$ parallel gezogenen Tangente an die Seilkurve entspricht und ist

$$M = H \,.\, uv = H \,.\, y.$$

Endlich zeigt Fig. 5b wieder die Ermittlung des gefährlichen Querschnitts durch die Linie der Vertikalkräfte $A_0\,B_0$, welche auf denselben Bruchquerschnitt, wie die erstere Methode hinführt.

Ist wie in Fig. 2 Tafel X die Belastung gleichmässig verteilt, so geht die Belastungslinie CD in eine Gerade parallel zu AB über und die Seiten des Seilpolygons über den Lamellenlasten umhüllen eine Parabel, deren Pfeil $vw = \frac{1}{2}\,vw'$ das auf die Poldistanz reduzirte Maximalmoment der Last vor-

stellt. Der Bruchquerschnitt liegt, wie auch so bekannt (und wie es auch die Konstruktion der Linie der Vertikalkräfte $A'' B''$ anzeigt), in der Mitte der Balkenlänge, da die Parabel die Polygonsseiten in ihren Mitten tangirt.

Im Beispiel Fig. 2 ist z. B. die Balkenlänge $l = 80$ dm, die gleichmässig verteilte Last $q\,l = 3200$ kg; die Momentenbasis $H = 30$ dm angenommen; ferner ist der Massstab der Längen 1 : 100, derjenige der Kräfte so gewählt, dass 1 mm = 50 kg. Hiefür erhält man dann:

$$y = 21{,}25 \text{ m} = 21{,}25 \,.\, 50 = 10625 \text{ k},$$

somit

$$M \max = H \,.\, y = 30 \,.\, 10625 = 31875 \text{ dmkg}.$$

Die Rechnung ergiebt

$$M \max = p\,l \,.\, \frac{l}{8} = 32000 \,.\, \frac{8}{8} = 32000 \text{ dmkg},$$

woraus die hinreichende Genauigkeit der graphischen Methode (die sich bei grösserer Darstellung erheblich steigert) hinreichend ersichtlich ist. Das erforderliche Widerstandsmoment beträgt, wenn $p = 7000$ kg pro Quadratdecimeter gesetzt wird

$$W = \frac{M}{p} = \frac{32000}{7000} = 4{,}57$$

somit

$$\frac{b\,h^2}{6} = 4{,}57$$

oder für $b : h = 5 : 7$

$$\frac{5 \,.\, h^3}{42} = 4{,}57$$

und daraus

$$h = 3{,}4 \text{ dm}$$

$$b = \frac{5}{7} \,.\, 3{,}4 = 2{,}4 \text{ dm}.$$

Liegt ein Träger vor, der ausser einer gleichförmig verteilten Last, welche im einfachsten Falle sein Eigengewicht sein kann, noch durch Einzelkräfte P_1, P_2, P_3 an verschiedenen Stellen seiner Länge beansprucht ist, Fig. 4 Tafel X, so erhält man die Gesamtwirkung auf den Balken, wenn man jede der beiden Beanspruchungsarten für sich feststellt und die erhaltenen Resultate summirt. Zu dem Ende teilt man die gleichmässige Last wieder durch Vertikallinien in (9) Lamellen, konstruirt über den Gewichten 1 bis 9 aus dem in der Poldistanz $u\,4 = H$ gelegenen beliebigen Pol u das Seilpolygon $0\,I \ldots X$, so giebt die Parallele $u\,a$ Fig. 4a zur Schlusslinie $A'\,B'$ des genannten Polygons die Abschnitte auf der Kräftelinie $a\,0$ und $9\,a$, welche die in folge der verteilten Last auftretenden Auflagerreaktionen A und B darstellen. Zu jeder dieser Grössen kommt noch ein Summand $a'\,0'$ bezw. $3'\,a'$, der von den konzentrirten Lasten herrührt und durch Zeichnung eines Seilpolygons über den Lasten P_1, P_2 und P_3 in bekannter Weise erhalten werden kann. Der zugehörige Pol u_1 hat die Entfernung H von der Kraftlinie $0\,3'$, ist aber sonst beliebig. Für einen beliebigen Querschnitt, dessen Vertikalkraft nach dem bisher Mitgeteilten leicht zu finden ist, erhält man das Gesamtmoment, wenn die beiden Abschnitte zwischen den Schlusslinien und den Polygonen auf der durch den Querschnitt gehenden Vertikalen addirt werden. Diese Summirung geht von selbst vor sich, wenn das Polygon $0''\,I'' \ldots IV''$ so gezeichnet wird, dass seine Schlusslinie mit $A'\,B'$ oder B'' mit B' zusammen-

fällt. Zieht man deshalb in Fig. 4b $a' u_2 \parallel B' A'$ und nimmt in der gleichen Entfernung H den Pol u_2 an, so geht das aus dem neuen Pol u_2 gezeichnete Polygon gleichzeitig auch durch B'. Das Maximalmoment entspricht dann jener Stelle, an welcher der zwischen beiden Polygonen liegende Abschnitt am grössten wird.

Diese Stelle kann bestimmter auch wieder durch die in Fig. 4c gemachte Zeichnung der Vertikalkräftelinie $A_0 B_0$ ermittelt werden.

Der kontinuirliche Balken.

Ein kontinuirlicher Träger liegt vor, wenn die Zahl seiner Unterstützungspunkte mehr als zwei beträgt. In diesem Falle reichen die statischen Bedingungen des Gleichgewichts für die äusseren Kräfte nicht mehr zur Bestimmung der Auflagerdrücke aus, sondern müssen letztere aus den über den Zwischenstützpunkten entstehenden Auflagermomenten berechnet werden.

Denkt man sich ein Feld des kontinuirlichen Trägers herausgenommen, Fig 87, und statt der abgeschnittenen Trägerfelder die Kräfte P_1 und P_2 angebracht, so befindet sich das betreffende Stück in demselben Gleichgewichtszustand, wie ein beiderseits eingespannter Balken; hiefür enthält die Tabelle Seite 74 die nötigen Angaben für die meist vorkommenden einfachen Belastungsweisen. Es wird vorausgesetzt, dass alle Stützpunkte in einer Horizontalebene liegen.

Es sei nun die Anzahl der Stützpunkte des Balkens $n+1$, also n die Anzahl der Felder oder Oeffnungen, so sind, da die Balkenenden frei aufliegen, die zugehörigen Momente M_0 und M_n gleich Null sind, noch $n-1$ unbekannte Auflagermomente vorhanden.

Zur Bestimmung dieser $n-1$ Grössen sind $n-1$ Gleichungen vorhanden, die bezüglich der Winkel, welche die Tangenten an die elastische Linie über den Stützpunkten mit der Horizontalen bilden, anfgestellt werden können und welche also die $n-1$ Auflagermomente unzweideutig bestimmen lassen. Da man den Winkel α_m (Fig. 90) über der $m$ten Stütze sowohl als dem Felde $m-1$ nachfolgend, wie dem Felde $m+1$ vorangehend betrachten kann, ergeben sich für die aufeinanderfolgenden Stützpunkte nachstehende Bedingungsgleichungen*):

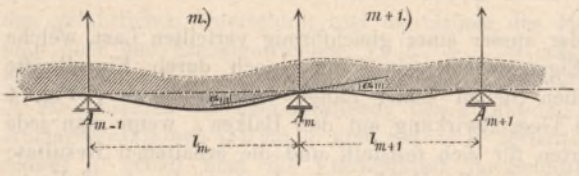


Fig. 90.

$$M_0 = 0, \quad M_n = 0$$

$$2 M_1 (l_1 + l_2) + M_2 l_2 = \mu''_1 l_1 + \mu'_2 l_2$$

$$M_1 l_2 + 2 M_2 (l_2 + l_3) + M_3 l_3 = \mu''_2 l_2 + \mu'_3 l_3$$

$$M_2 l_3 + 2 M_3 (l_3 + l_4) + M_4 l_4 = \mu''_3 l_3 + \mu'_4 l_4$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$M_{n-2} l_{n-1} + 2 M_{n-1} (l_{n-1} + l_n) = \mu''_{n-1} l_{n-1} + \mu'_n l_n.$$

*) v. Ott, Vorträge über Baumechanik II, pag. 124.

Hierin bedeuten

$$M_0\,,\ M_1\,,\ M_2\,\ldots\,M_n$$

die über den $n-1$ Stützpunkten vorhandenen Auflagermomente,

$$l_1\,,\ l_2\,,\ l_3\,\ldots\,l_n$$

die Längen der n Felder und für das $m$te Feld:

$$\mu''_m = \mathfrak{M}'_m + 2\,\mathfrak{M}''_m$$

$$\mu'_{m+1} = 2\,\mathfrak{M}'_m + \mathfrak{M}''_m\,,$$

wobei $\mathfrak{M}'$ und $\mathfrak{M}''$ die Momente an den Enden des $m$ten Feldes sind, für den Fall, dass dieselben horizontal eingespannt sind.

Sind mit Hülfe dieser Fundamentalgleichungen die Momente M_0 bis M_n bestimmt, so finden sich aus denselben die Vertikalkräfte und Auflagerreaktionen, sowie die Momente in folgender Weise:

Sind für ein beliebiges Feld (Fig. 91) V' und V'' die Vertikalkräfte an den Enden, M_1 und M_2 die bezüglichen Auflagermomente, Q die Belastung des Feldes und a und b die Entfernungen des Gewichts Q von A bezw. B, so ergiebt sich aus der Momentengleichung um B:

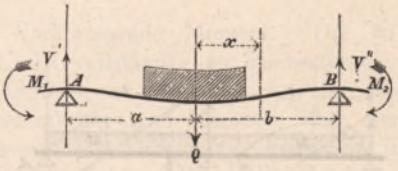


Fig. 91.

$$-M_1 + V'.l - Q\,b + M_2 = 0$$

$$V' = \frac{M_1 - M_2}{l} + \frac{Q\,b}{l}$$

und ähnlich aus der Momentengleichung um A:

$$V'' = \frac{M_2 - M_1}{l} + \frac{Q\,.\,a}{l}\,.$$

Das Drehungsmoment für einen beliebigen Querschnitt in der Entfernung a_x von A ist, wenn Q_x die auf die Entfernung a_x treffende Last und x die Entfernung des Schwerpunkts derselben vom betrachteten Querschnitt bezeichnet,

$$M = M_1 - V'\,.\,a_x + Q_x\,.\,x$$

und die Vertikalkraft des Querschnitts

$$V = V' - Q_x.$$

Es ergiebt sich nun der Stützendruck A_m auf die $m$te Stütze aus den unmittelbar vor und nach dem Stützpunkte wirkenden Vertikalkräften

$$V''_m \text{ und } V'_{m+1}$$

zu

$$A_m = V''_m - V'_{m+1}$$

und die Endauflagerreaktionen

$$A_0 = V'_1\,;\ A_n = -\,V''_n.$$

Spezielle Fälle. a) Die Belastung des kontinuirlichen Trägers ist über alle Felder gleichmässig verteilt.

In diesem Falle ist nach Nr. 5 der Tabelle Seite 74

$$\mathfrak{M}'_m = \mathfrak{M}''_m = \frac{q\,l^2}{12}$$

somit

$$\mu''_1 = \frac{1}{4}\,q\,l_1{}^2\,;\ \mu'_2 = \mu''_2 = \frac{1}{4}\,q\,l_2{}^2\,;\ \mu'_3 = \mu''_3 = \frac{1}{4}\,q\,l_3{}^2\,\ldots\ldots$$

Sind ausserdem noch die Stützen gleichweit entfernt und $l_1 = l_2 = l_3 \ldots = l$, so gehen die zur Bestimmung der Auflagermomente dienenden Grundgleichungen in folgende über:

$$M_0 + 4\,M_1 + M_2 = \frac{1}{2}\,q\,l^2$$

$$M_1 + 4\,M_2 + M_3 = \frac{1}{2}\,q\,l^2$$

$$M_2 + 4\,M_3 + M_4 = \frac{1}{2}\,q\,l^2$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$M_{n-2} + 4\,M_{n-1} + M_n = \frac{1}{2}\,q\,l^2\,.$$

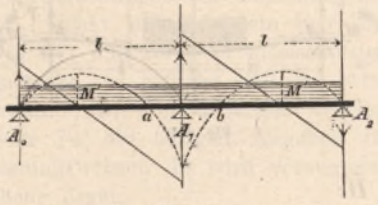


Fig. 92.

Für den kontinuirlichen Balken auf 3 Stützen, also für $n = 2$, erhält man speziell (Fig. 92):

$$M_0 = 0\,;\; M_2 = 0$$

$$M_1 = \frac{1}{8}\,q\,l^2$$

Hieraus ergeben sich die Vertikalkräfte, im 1. Feld:

$$V'_1 = \frac{M_0 - M_1}{l} + \frac{q\,l}{2}$$

$$= -\frac{q\,l}{8} + \frac{q\,l}{2} = \frac{3}{8}\,q\,l = A_0\,.$$

$$V''_1 = V'_1 - q\,l = -\frac{5}{8}\,q\,l\,.$$

Im 2. Feld:

$$V'_2 = \frac{M_1 - M_2}{l} + \frac{q\,l}{2} = \frac{q\,l}{8} + \frac{q\,l}{2} = \frac{5}{8}\,q\,l$$

$$V''_2 = V'_2 - q\,l = -\frac{3}{8}\,q\,l = A_2\,.$$

Hieraus findet sich

$$A_1 = V''_1 - V'_2 = -\frac{10}{8}\,q\,l\,.$$

Für einen Querschnitt in der Entfernung x vom Auflagerpunkt A erhält man die Vertikalkraft

$$V = V' - q\,x = \frac{3}{8}\,q\,l - q\,x,$$

dieser Wert wird Null für

$$\frac{3}{8}\,q\,l - q\,x = 0$$

$$x = \frac{3}{8}\,l\,.$$

Hier liegt somit ein Maximum des Moments

$$M = \frac{3}{8} q l x - \frac{q x^2}{2} \qquad M' = \frac{9}{128} q l .$$

Das Biegungsmoment wird Null, wenn $x = 0$ und wenn

$$\frac{3}{8} q l x = \frac{q x^2}{2}$$

oder $x = \frac{3}{4} l$ ist.

Im Punkte A_1 ist das Moment

$$M_1 = \frac{3}{8} q l^2 - \frac{q l^2}{2} = -\frac{q l^2}{8}$$

somit das grösste überhaupt am Träger vorkommende Moment. Die Inanspruchnahme der zweiten Oeffnung $A_1 A_2$ ist vollständig so zu bestimmen, wie diejenige der ersten, wenn alle Vertikalkräfte und Momente von A_2 aus gezählt werden; die Verteilung der Transversalkräfte und Momente über den Träger zeigt in übersichtlicher Weise die graphische Darstellung derselben in Fig. 92. Die Punkte a und b, in welchen die Momentenlinie die Trägeraxe schneidet, geben die Wendepunkte der elastischen Linie, für welche $M = 0$ ist.

b) Der kontinuirliche Träger ist durch eine in der Mitte der Felderöffnungen wirkende konzentrirte Last Q beansprucht.

In diesem Falle ist

$$\mathfrak{M}' = \mathfrak{M}'' = \frac{Q l}{8},$$

somit

$$\mu''_m = \mu'_{m+1} = \frac{3}{8} Q l .$$

Ist nun wieder die Entfernung der Stützen unter sich gleich, $l_1 = l_2 = l_3 = \ldots = l$, so erhält man zur Bestimmung der Auflagermomente die Gleichungen

$$M_0 + 4 M_1 + M_2 = \frac{3}{4} Q l$$

$$M_1 + 4 M_2 + M_3 = \frac{3}{4} Q l$$

$$M_2 + 4 M_3 + M_4 + \frac{3}{4} Q l$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

Träger auf 3 Stützpunkten, $n = 2$ (Fig. 93). Für diesen speziellen Fall ist

$$M_0 = 0, \quad M_2 = 0$$

$$M_1 = \frac{3}{16} Q l ,$$

somit

$$V'_1 = +\frac{5}{16} Q = A_0$$

$$V''_1 = V'_1 - Q = -\frac{11}{16} Q$$

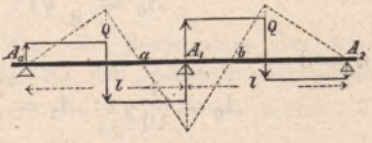


Fig. 93.

$$V'_2 = \frac{11}{16} P$$

$$V''_2 = V'_2 - Q = -\frac{5}{16} Q = A_2$$

und

$$A_1 = -\frac{11}{16} Q - \frac{11}{16} Q = -\frac{22}{16} Q .$$

Für einen beliebigen in der Entfernung x vom Angriffspunkt der Kraft Q gegen A_1 hin gelegenen Querschnitt des ersten Feldes erhält man das Moment der Last

$$M = \frac{5}{16} Q \left(\frac{l}{2} + x\right) - Q . x$$

und

$$V = \frac{5}{16} Q - Q = -\frac{11}{16} Q.$$

Das Moment M erreicht sein Maximum für $x = 0$. Ein Nullwert ist vorhanden am Auflager und wenn

$$\frac{5}{16} Q \left(\frac{l}{2} + x\right) = Q . x$$

oder

$$x = \frac{5}{22} l .$$

Dieser Abscisse entsprechen die Wendepunkte a und b der elastischen Linie. Das im Angriffspunkte von Q vorhandene Moment ist:

$$M' = \frac{5}{32} Q l,$$

ist also kleiner als das an der Mittelstütze auftretende grösste Biegungsmoment

$$M \max = \frac{5}{16} Q l - \frac{Q l}{2}$$

$$= -\frac{3}{16} Q l .$$

Die Verteilung der Kräfte und Momente in der zweiten Trägeröffnung ist konform der soeben für das erste Feld erhaltenen und giebt Fig. 93 ein anschauliches Bild davon.

Beträgt die Felderzahl des kontinuirlichen Trägers mehr als zwei, so lässt sich die Berechnung des Trägers in derselben Weise wie für die vorigen Fälle durchführen; hier sollen nur noch die Auflagerdrucke für Träger mit 2, 3 und 4 Feldern kurz zusammengestellt werden:

a) für gleichmässige Belastung ql der Trägeröffnung und

$n = 2$ ist:

$$A_0 = \frac{3}{8} q l ; \; A_1 = \frac{10}{8} q l ; \; A_2 = \frac{3}{8} q l .$$

$n = 3$:

$$A_0 = \frac{4}{10} q l ; \; A_1 = \frac{11}{10} q l ; \; A_2 = \frac{11}{10} q l ; \; A_3 = \frac{4}{10} q l .$$

$n = 4$:

$$A_0 = \frac{11}{28} q l ; \; A_1 = \frac{32}{28} q l ; \; A_2 = \frac{26}{28} q l ; \; A_3 = \frac{32}{28} q l ; \; A_4 = \frac{11}{28} q l .$$

b) für konzentrirte in den Mitten der Trägerfelder wirkende Lasten Q ergiebt sich für

$n = 2$:

$$A_0 = \frac{5}{16} Q; \quad A_1 = \frac{22}{16} Q; \quad A_2 = \frac{5}{16} Q.$$

$n = 3$:

$$A_0 = \frac{7}{20} Q; \quad A_1 = \frac{23}{20} Q; \quad A_2 = \frac{23}{20} Q; \quad A_3 = \frac{7}{20} Q.$$

$n = 4$:

$$A_0 = \frac{19}{56} Q; \quad A_1 = \frac{68}{56} Q; \quad A_2 = \frac{50}{56} Q; \quad A_3 = \frac{68}{56} Q; \quad A_4 = \frac{19}{56} Q.$$

Träger mit mehr als 4 Oeffnungen dürften im Hochbau zu den Seltenheiten gehören, da mehr als 5 mal unterstützte Hölzer schon eine solche Länge voraussetzen lassen, dass zur Herstellung des Trägers zwei Hölzer gestossen werden müssen, wodurch dann die Kontinuität desselben an der Stelle des Stosses aufgehoben ist.

Die oben angeführten Werte der Auflagerreaktionen gelten auch dann noch wenn der Träger geneigt zur Horizontalen liegt, also für die Auflagerdrucke der Sparren auf Pfetten u. s. w.

Beispiel. Der Etagenbalken eines Hauses (Fig. 94) ist in Entfernungen von 50, 20 und 40 dm durch 2 Umfassungs- und 2 Scheidemauern unterstützt und mit 50 kg per laufenden Decimeter belastet; welches Profil muss derselbe erhalten und wie gross sind die Auflagerdrücke, welche jene Mauern erleiden?

Antwort: Es ist zunächst nach Seite 83

$$\mu''_1 \cdot l_1 = \frac{1}{4} q l_1^3 = 1\,562\,500$$

$$\mu'_2 l_2 = \mu''_2 l_2 = 100\,000$$
$$\mu'_3 l_3 = 800\,000,$$

somit gelten zwischen den Auflagermomenten M_0, M_1, M_2 und M_3, da $M_0 = M_3 = 0$, folgende Relationen:

$$2 M_1 \, 70 + M_2 \cdot 20 = 1\,662\,500$$
$$M_1 \cdot 20 + 2 \cdot M_2 \cdot 60 = 900\,000,$$

woraus $M_1 = 11\,067$ dmkg; $M_2 = 5655$ dmkg.

Das grösste Moment findet über der Stütze A_1 statt. Das Widerstandsmoment des prismatischen Balkens ergiebt sich daraus zu

$$W = \frac{M \max}{p} = \frac{11067}{7000} = 1{,}580.$$

Setzt man in

$$W = \frac{b h^2}{6} = 1{,}580$$

$h = 2{,}4$ dm, so ergiebt sich

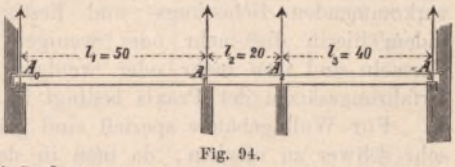


Fig. 94.

$$b = 1{,}6 \text{ dm},$$

somit ein Balkenquerschnitt 16/24 cm. Was die Bestimmung der Auflagerdrücke betrifft, so erhält man A_0 und A_3 aus den Momentengleichungen um A_1 und A_2:

$$M_1 = 11067 = A_0 \cdot 50 - 50 \cdot \frac{50^2}{2}$$

$$M_2 = 5655 = A_3 \cdot 40 - 50 \cdot \frac{40^2}{2}$$

woraus $A_0 = 1470$ kg
$A_3 = 1140$ kg.

Die Vertikalkräfte an der Stütze A_1 sind:

$$V''_1 = A_0 - 50 \cdot 50 = 1030 \text{ kg}$$

$$V'_2 = \frac{M_1 - M_2}{l} + \frac{q\,l}{2} = \frac{5412}{20} + 500$$

$$= 770{,}6 \text{ also}$$

$$A_1 = V''_1 + V'_2 = 1030 + 770 = 1800 \text{ kg}.$$

Die Auflagerreaktion A_2 ergiebt sich aus der Gesamtbelastung nach Abzug der 3 bekannten Autlagerdrücke A_0, A_1 und A_3 zu

$$A_2 = 110 \times 50 - 4410 = 1090 \text{ kg}.$$

Würde man den Balken nicht als kontinuirlich, sondern als über den Scheidemauern gestossen betrachtet haben, so berechnet sich seine Profilhöhe mit Zugrundelegung der grössten Spannweite von 50 dm zu 26 oder 27 cm; wenn als Balkenbreite $^5/_7$ der Höhe angenommen wird. Man ersieht hieraus, dass die Materialersparnis, welche durch die Anordnung kontinuirlicher Träger erzielt werden kann, keine sehr grosse ist und für Holzkonstruktionen nicht sehr ins Gewicht fällt. Aus diesen Gründen erscheint es daher gerechtfertigt, die Balkenlagen des Hochbaues, welche mittlere Unterstützungen erhalten, nicht als kontinuirliche Träger zu berechnen, sondern als frei aufliegende, indem man sich dieselben über den Zwischenstützen durchschnitten denkt.

Dieser Fall tritt auch thatsächlich bei fast allen Balkenlagen auf, indem nicht selten Balken über stärkeren Zwischenmauern gestossen werden und also schon an und für sich die überall gleichen Höhen der Balkenlagen für diesen Fall bestimmt werden müssen. Die durch Substituirung des freiaufliegenden Trägers für den kontinuirlichen sich ergebende Veränderung der Auflagerdrücke lässt sich bei den Mittelstützen dadurch berücksichtigen, dass man zu den für den freiaufliegenden Träger erhaltenen Reaktionen 10 bis 12 % ihres Betrags addirt. Damit dürfte man für alle Fälle sicher gehen.

Empirische Formeln. Belastungsgrössen und Festigkeitskoeffizienten.

Zur Benützung der vorstehenden der Biegungstheorie entnommenen Formeln für die Berechnung der Balkenlagen ist es noch notwendig, die in den Formeln vorkommenden Belastungs- und Festigkeitskoeffizienten geeignet zu wählen, indem hierin die mehr oder weniger grosse Brauchbarkeit der theoretischen Formeln und ihre mehr oder weniger vollständige Uebereinstimmung mit den Erfahrungssätzen der Praxis bedingt ist.

Für Wohngebäude speziell sind genaue Angaben über die bewegliche Last sehr schwer zu machen, da man in den meisten Fällen nicht von vornherein weiss, in welcher Weise die Räume benutzt werden. Es hat deshalb eine gewisse Berechtigung, die Balkenstärken der Wohngebäude aus empirischen Formeln und Angaben zu bestimmen. Nach einer solchen praktischen Regel nehme man bei einer Entfernung der Balken von Mitte zu Mitte von 1 bis 1,1 m die Balkenhöhe

$$h = 16 + 2\,l \text{ cm},$$

worin l die Länge des freiliegenden Balkens in Metern bezeichnet und die Balkenbreite 3 bis 5 cm geringer als die Höhe anzunehmen ist.

Ebenfalls auf praktischen Regeln beruht die Formel, welche Breymann für die Stärken in Wohnhäusern abgeleitet hat:

$$l = \sqrt{51{,}84} \cdot \frac{h \cdot \sqrt{h}}{\sqrt{3\,h^2 + 28\,000\,a}} .$$

darin bezeichnet

l die Balkenlänge und
a die Entfernung der Balken } in Metern,
h die Balkenhöhe in Centimetern; die Balkenbreite
b ist gleich $^5/_7\ h$.

Bei den in Wohngebäuden vorkommenden Belastungen (bis etwa 400 kg per Quadratmeter) und einem Balkenabstand von Mitte zu Mitte = 1 m genügen folgende Stärken:

Freiliegende Länge in Metern	Stärke in Centimetern	Freiliegende Länge in Metern	Stärke in Centimetern
4,4	18 zu 24	6,0	23 zu 29
4,7	21 „ 23	6,3	25 „ 29
5,0	18 „ 26	6,6	26 „ 30
5,3	21 „ 26	6,75	24 „ 31
5,6	21 „ 27	6,9	26 „ 31
5,8	21 „ 28	7,1	28 „ 31

Diese Regeln reichen nicht mehr aus, wenn die Belastung der Balkenlage eine aussergewöhnliche ist und muss sodann eine genaue Berechnung nach den früher angegebenen Formeln Platz greifen.

Die gesamte Belastung eines Balkenrostes besteht aus dem Eigengewichte desselben und der zufälligen oder Verkehrslast, für welche beide hier die gebräuchlichen Angaben beigesetzt werden mögen.

Tabelle für die Eigengewichte hölzerner Zwischendecken*):

Bezeichnung der Deckenkonstruktion	Entfernung der Balken von Mauer zu Mauer			
	0,90 m Stärke der Balken		1,20 m Stärke der Balken	
	20/25 cm	25/30 cm	20/25 cm	25/30 cm
Balken mit Fussbodendielen	61	81	56	66
Einfache Cassetten-Decke ohne Stuck	122	142	112	132
desgl. mit halbem Windelboden**) und Stuck . .	279	330	305	376
Gestreckter Windelboden**) mit Lehmestrich . . .	203	228	198	213
Halber Windelboden**) .	254	305	279	345
Ganzer Windelboden**) .	355	406	380	447

*) Heinzerling, Die angreifenden und widerstehenden Kräfte etc.
**) Das Gewicht der Windelböden erhöht sich für jede 2,5 cm grössere Balkenhöhe um ca. 25 kg p. qm.

Tabelle der veränderlichen oder Verkehrslast.

Belastung durch Menschengedränge	kg p. qm
Annahme in Amerika . .	150
„ „ Frankreich . .	200
„ „ Deutschland .	280
Genügende Annahme . . .	400
Grösste Annahme	560

Belastung der Zwischendecken in	kg p. qm
Wohnräumen	152
Tanzsälen	253
Heuböden	406
Fruchtböden	457
Kaufmannsspeichern . . .	760

In Paris gebräuchliche Belastungen	kg p. qm
a) Räume in Privatgebäuden	
1. Für gewöhnliche kleine Wohnungen, Schlafzimm., Kabinets, Kammern und Küchen grösserer Wohng.	75
2. Salons und Empfangszimmer in bürgerlichen Wohnungen	100
3. In herrschaftl. Wohngn.	130
b) Räume in öffentlichen Gebäud.	
1. Bureaux u. gewöhnl. Säle	130
2. Säle für gewöhnliche Versammlungen	200
3. Säle für grosse Festlichk.	270

Anm. Starke Erschütterungen in Wohnräumen und Tanzsälen erfordern eine Annahme bis zum doppelten Betrag der ruhigen Belastung.

Aus Eigengewicht und Verkehrslast ergiebt sich in jedem speziellen Falle durch Addition der beiden Ziffern die Gesamtbelastung pro qm Fussbodenfläche. Für die Balkenlagen mit gewöhnlichem Fehlboden in Wohnhäusern kann man 400 kg für Balken bis zu 20/25 cm Stärke und 450 kg für stärkere Balken als Gesamtbelastung pro Quadratmeter annehmen. Die Baupolizei in Berlin legt bei Revision von Bauplänen für die totale Belastung die Zahlenwerte nachstehender Tabelle zu Grunde:

Gewichte der Decken inkl. Nutzlast*).

Material	kg p. qm	Material	kg p. qm
Balkenlage mit einfacher Dielung, ohne Staakung . .	280	dieselbe Decke ohne Fussboden	700
desgl. mit gestaaktem Windelboden und Lehmestrich .	430	dieselbe $^1/_4$ St. stark mit Fussboden	525
desgl. ausgestaakt u. verschalt in Wohngebäuden . . .	500	dieselbe ohne Fussboden .	485
desgl. bei Tanzsälen . . .	710	Decke in Salzspeichern, wenn 3 Tonnenreihen über einander liegen	800
desgl. in Werkstätten . . .	760	Balkenlage in Kornspeichern	850
desgl. mit ganzem Windelbod.	580	Balkenlage in Wollspeichern	750
Dachbalkenlage in Wohngeb.	735	Dachflächen in der Horizontalprojektion gemessen, incl. Schnee- und Winddruck	250
Gewölbte Decken zwischen eisernen Trägern, $^1/_2$ St. stark mit Hintermauerung, Fussbodenlage und Dielung	750		

*) Deutscher Baukalender.

Nachdem im Obigen die üblichen Belastungen der Holzdecken mitgeteilt wurden, sollen nun noch einige Angaben über die Materialwiderstände der Bauhölzer folgen.

Die Festigkeit der Hölzer gegen Zug und Druck (s und p), sowie deren Elastizitätsmodule ergeben sich mit Rücksicht auf die Verwendung der Materialien zu interimistischen oder definitiven Bauten aus folgender Tabelle*).

Holzart	Mässige Erschütterungen					
	Interimistische Bauten			definitive Bauten		
	s	p	E	s	p	E
Fichte . . .	160	120	120 000	80	60	113 000
Eiche . . .	160	133	120 000	80	66	113 000
Tanne . . .	190	143	130 000	100	75	120 000
Kiefer . . .	210	158	130 000	105	78	120 000
Lärche . . .	230	173	130 000	113	84	120 000

Ueber die Scher- oder Schubfestigkeit des Holzes sind bis jetzt verhältnismässig wenig Untersuchungen angestellt worden; im Mittel kann etwa 7 kg pro 1 qm für die zulässige Inanspruchnahme gesetzt werden; speziell ist dieselbe nach Heinzerling für

Nadelholz	∥ zur Faser	5,8 kg	Eichenholz ∥ zur Faser 8 kg
„	⊥ zur Faser	7 kg	„ ⊥ zur Faser 9 kg.

Prof. Bauschinger in München fand durch Versuche die Schubfestigkeit für 30jähriges Gebirgsfichtenholz ∥ zu den Fasern 53 kg pro Quadratcentimeter, senkrecht zu den Fasern 225 kg pro 1 qcm. Wird als Festigkeitskoeffizient ein Mittelwert $= {}^1/_5$ der Bruchschubspannung genommen, so kann die

zulässige Schubspannung ∥ den Fasern $= 10{,}6$ kg
„ „ ⊥ zu den Fasern $= 45$ kg

pro 1 qcm gesetzt werden.

In neuester Zeit sind Versuche über die Schubfestigkeit amerikanischer Bauhölzer bekannt geworden **), denen die folgenden Ziffern entnommen sind.

Es beträgt	die senkrecht zu den Fasern wirkende Kraft, bei der das Abscheren erfolgte,
für Yellow pine im Mittel	350 kg
„ Pappel	310 „
„ Ahorn	446 „
„ Akazie	504 „
„ Steineiche	596 „

B. Zusammengesetzte Biegungsfestigkeit.

Neben den im Vorhergehenden besprochenen Fällen der einfachen Biegung, bei welchen auf den Balken nur senkrecht zu seiner Längsaxe gerichtete Kräfte wirken, kommen im Hochbau vielfach zusammengesetzte Biegungsarten vor, indem entweder die Kräfte schräg gegen die Symmetrieaxe des Trägers wirken,

*) Vergl. Heinzerling, Die angr. und widerstehenden Kräfte etc.
**) Deutsche Bauzeitung 1880, pag. 177.

oder in zwei verschiedenen Symmetrieebenen desselben liegen, oder neben den biegenden Normallasten Längskräfte auftreten, welche den Träger auf Zug oder Druck beanspruchen. Obwohl diese zusammengesetzten Biegungsfälle weniger bei den Etagen- als vielmehr bei den Dachbalkenlagen und Dachstuhlkonstruktionen vorkommen, so sollen sie doch hier im Zusammenhang mit der einfachen Biegung betrachtet werden.

1. Kombination zweier einfachen Biegungen.

Es wird wieder vorausgesetzt, dass der Querschnitt des Trägers eine Symmetrieaxe hat, so dass also diese Symmetrieaxe und eine zu ihr durch den Schwerpunkt des Querschnitts gezogene Senkrechte die Hauptträgheitsaxen des Querschnitts und die Trägheitsradien bezüglich dieser Linien die Halbaxen seiner Trägheitsellipse sind.

Eine Kombination zweier einfachen Biegungen liegt vor, wenn die äussern Kräfte, welche den Balken beanspruchen, in zwei auf einander senkrechten Ebenen wirken, welche den Trägerquerschnitt nach 2 Hauptaxen schneiden, oder wenn die Ebene der äussern Kräfte den Querschnitt des Trägers nach einer Geraden schneidet, welche nicht mit einer Hauptaxe zusammenfällt.

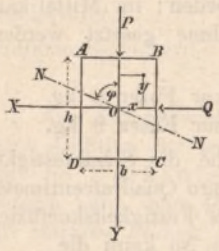


Fig. 95.

Nimmt man den ersten Fall an (Fig. 95), dass auf einen Balken in 2 senkrecht auf einander stehenden Ebenen, welche den Querschnitt desselben nach zwei Hauptaxen schneiden, beliebige Kräfte wirken: P_1, P_2, P_3 ... in der einen, Q_1, Q_2 ... in der andern, deren Momente einschliesslich des durch die betreffenden Stützendrücke hervorgerufenen Betrags für irgend einen Querschnitt bekannt und mit M_1 bezw. M_2 bezeichnet seien, so findet man nach Navier die Spannung in irgend einer Faser des betrachteten Querschnitts, deren Abstände von den Hauptaxen mit x und y bezeichnet sind, wenn man die in diesem Faserelement durch jedes der beiden Momente M_1 und M_2 einzeln für sich hervorgerufenen Beanspruchungen addirt; somit wenn W_1 und W_2, sowie t_1 und t_2 die Widerstandsmomente bezw. Trägheitsmomente bezogen auf die Axen OX und OY sind:

$$s = \frac{M_1}{W_1} + \frac{M_2}{W_2}$$
$$= \frac{M_1}{t_1}\, y + \frac{M_2}{t_2}\, .\, x\, .$$

Für den rechteckigen Querschnitt $b\,.\,h$ (Fig. 94) ergiebt sich die grösste Spannung auf Zug und Druck bezw. in den äussersten Fasern D und B und es ist

$$\binom{s}{p}^{*)}\max = \frac{M_1}{t_1}\cdot\frac{h}{2} + \frac{M_2}{t_2}\cdot\frac{b}{2}$$
$$= \frac{6\,M_1}{b\,h^2} + \frac{6\,M_2}{h\,b^2}\,.$$

Die neutrale Axe des Balkenquerschnitts fällt jetzt nicht mehr mit

*) Zu lesen „s oder p".

dessen horizontaler Schweraxe zusammen; der hieraufbezügliche Satz gilt nur für die einfache Biegung, wo die Kraftebene zugleich Längsymmetrieebene des Trägers ist.

Im vorliegenden Falle findet man die Lage der neutralen Axe, wenn man die oben für ein beliebiges Querschnittselement erhaltene Spannung gleich Null setzt. Dadurch erhält man

$$\frac{M_1}{t_1} y + \frac{M_2}{t_2} . x = 0,$$

oder

$$\frac{x}{y} = -\frac{M_1}{M_2} . \frac{t_2}{t_1} .$$

Dies ist die Gleichung einer geraden Linie; der Winkel, welchen dieselbe mit $O\,Y$ bildet, sei φ, so ist

$$\frac{x}{y} = \operatorname{tang} \varphi = -\frac{M_1}{M_2} . \frac{t_2}{t_1}$$

und damit die Richtung der neutralen Axe bestimmt.

Für den rechteckigen Querschnitt $b . h$ ist:

$$\operatorname{tang} \varphi = -\frac{M_1}{M_2} . \left(\frac{b}{h}\right)^2 .$$

Ist die Ebene der äussern senkrecht gegen die Trägeraxe gerichteten Kräfte unter irgend einem Winkel (α) zur Längssymmetrieebene des Balkens geneigt (Fig. 96), so kann dieser Fall einfach dadurch auf den vorigen zurückgeführt werden, dass man jede äussere Kraft in zwei Komponenten zerlegt, welche parallel zu den Hauptaxen des Querschnitts sind.

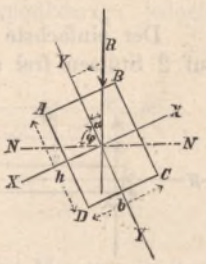


Fig. 96.

Es sei R die Resultante aller auf ein abgeschnittenes Trägerstück wirkenden äussern Kräfte, r ihre senkrechte Entfernung von der Ebene des Querschnitts $A\,B\,C\,D$, somit $R . r = M$ ihr Moment bezüglich dieses Querschnitts; die Komponenten der Kraft R parallel den Axen $O\,X$ und $O\,Y$ sind bezw. $R . \sin \alpha$ und $R . \cos \alpha$, es ist somit nach der Bezeichnung im Vorhergehenden die Spannung s eines beliebigen Querschnittselements, dessen Koordinaten x und y sind:

$$s = \frac{R . \cos \alpha . r}{t_1} y + \frac{R . \sin \alpha . r}{t_2} . x$$

$$= \frac{M . \cos \alpha}{t_1} . y + \frac{M . \sin \alpha}{t_2} . x .$$

Die neutrale Axe des Querschnitts bildet gegen die Y-Axe den Winkel φ, der aus

$$0 = \frac{M \cos \alpha}{t_1} . y + \frac{M \sin \alpha . x}{t_2}$$

zu

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{x}{y} = -\operatorname{cotg} \alpha \frac{t_2}{t_1}$$

erhalten wird. Führt man in dieser Gleichung statt der Trägheitsmomente ihre Trägheitshebel ein, indem man setzt:

$$t_1 = t_1^2 . f; \quad t_2 = t_2^2 . f,$$

so wird

$$\operatorname{tang} \varphi = -\operatorname{cotg} \alpha \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

oder

$$\operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \alpha = -\frac{t_2^2}{t_1^2}.$$

Dieser Ausdruck ist die Gleichung eines zur gegebenen Richtung (α) der Kraft R konjugirten Durchmessers in einer Ellipse, deren Halbaxen t_1 und t_2 sind und es lässt sich obige Formel so aussprechen:

Die neutrale Axe ist der konjugirte Durchmesser zur Angriffsrichtung der äussern Kraft in der Centralellipse.

Zieht man zur neutralen Axe Parallelen an den Umriss der Querschnittsfigur, so berühren diese den letzteren in Punkten, welche den äussersten Fasern entsprechen. Im rechteckigen Querschnitt sind $\frac{b}{2}$ und $\frac{h}{2}$ die Abstände derselben von den Hauptaxen, und ist daher

$$\binom{s}{p}_{\max} = \frac{M \cos \alpha}{t_1} \cdot \frac{h}{2} + \frac{M \cdot \sin \alpha}{t_2} \frac{b}{2}.$$

Die grössten Werte dieser Zug- oder Druckspannungen, welche für den Bruchquerschnitt erhalten werden, dürfen natürlich die für das betreffende Material zulässigen Beanspruchungen nicht überschreiten.

2. Zusammensetzung von Biegungen mit Beanspruchungen auf Zug und Druck.

Der einfachste Fall einer zusammengesetzten Biegung liegt vor, wenn ein auf 2 Stützen frei aufliegender Balken (Fig. 97) sowohl durch Normallasten P als auch durch eine in der Axe angreifende horizontale Kraft H beansprucht wird. Für jeden beliebigen Querschnitt summirt sich dann die Gesamtspannung der äussersten Fasern, aus den Einzelspannungen, welche durch die beiden Beanspruchungsarten, jede für sich genommen, entstehen. Da die Axialkraft H sämtliche Querschnitte gleich stark beansprucht, so wird der gefährliche Querschnitt für die zusammengesetzte Beanspruchung mit demjenigen für die Biegung durch die Normalkräfte zusammenfallen. Mit Beibehaltung unserer früheren Bezeichnung sind die Biegungsspannungen im gefährlichen Querschnitt, wenn Zugspannungen als positiv, Druckspannungen als negativ eingeführt werden:

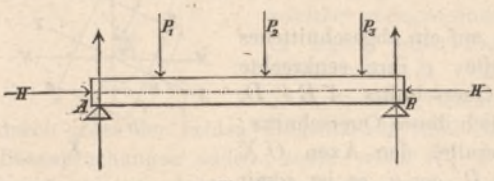


Fig. 97.

$$s_2 = \frac{M}{W}; \quad p_2 = -\frac{M}{W_1}.$$

Die durch die Längskraft H in allen Querschnitten entstehenden Spannungen sind an Grösse

$$s_1 = \frac{H}{f}; \quad p_1 = -\frac{H}{f},$$

wenn f den Flächeninhalt des Balkenquerschnitts bezeichnet. Da alle diese Spannungen normal zum Querschnitt wirken, so ist ihre algebraische Summe die resultirende Gesamtspannung.

Ist H eine Zugkraft, so wird also, wenn s die Spannung in der äussersten gezogenen und p die Spannung in der äussersten gedrückten Faser bezeichnet

$$s = s_1 + s_2 = \frac{H}{f} + \frac{M}{W}$$
$$p = p_1 + p_2 = \frac{H}{f} - \frac{M}{W_1}.$$

Ist dagegen H eine Druckkraft:

$$s = -\frac{H}{f} + \frac{M}{W}$$
$$p = -\frac{H}{f} - \frac{M}{W_1}.$$

Diese Formeln enthalten das Gesetz für die kombinirte Biegungsspannung:

$$\text{Gesamtspannung} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \pm \frac{\text{Angriffsmoment}}{\text{Widerstandsmoment.}}$$

Die Querschnittsfläche ist so zu bestimmen, dass weder s noch p die früher angegebenen zulässigen Werte übersteigt; da diese Querschnittsgrösse aber in den obigen Gleichungen für die Bestimmung der Spannungsintensität noch enthalten ist, so kann aus diesen Gleichungen die Spannungsgrösse nicht direkt bestimmt werden und empfiehlt sich eine Bestimmung des Querschnitts durch Probiren.

In ähnlicher einfacher Weise ergeben sich die grössten Gesamtspannungen, wenn die Kraft H exzentrisch über oder unter der Schwerpunktsaxe, jedoch in der Symmetrieebene des Balkens liegend, angreift. Im ersten Falle (Fig. 98) vermehrt die Horizontalkraft H für jeden Querschnitt $a\,b$ die Wirkung der biegenden Kräfte, da sie das Angriffsmoment derselben vergrössert, während sie im zweiten ein dem äussern Kraftmoment entgegenwirkendes Moment besitzt, also die biegende Wirkung jener Kräfte abschwächt.

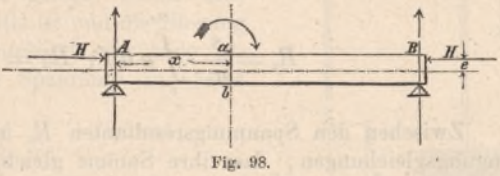


Fig. 98.

Für den in Fig. 98 dargestellten Fall, dass die Kraft H in der Entfernung e oberhalb der Schweraxe angreift, erhält man, da das äussere Gesamt-Kraftmoment

$$M_1 = M + H.e$$

ist, die Maximalspannung in den äussersten Fasern

$$s = \pm\frac{H}{f} + \frac{M + H.e}{W}$$
$$p = \pm\frac{H}{f} - \frac{M + H.e}{W_1}.$$

Liegt der Angriffspunkt der Längskraft um e unterhalb der Trägeraxe, so ist:

$$s = \pm\frac{H}{f} + \frac{M - H.e}{W}$$
$$p = \pm\frac{H}{f} - \frac{M - H.e}{W_1}.$$

Von den doppelten Vorzeichen gelten die oberen, wenn H eine Zugkraft, die unteren, wenn H eine Druckkraft ist.

Lage der neutralen Axe. — Nullaxe. Bei einem auf einfache oder doppelte Biegung beanspruchten Balken fällt bekanntlich die neutrale Axe des Querschnitts mit einer Schwerpunktsaxe zusammen. Dies findet auch dann noch statt, wenn eine Längskraft zu den Transversallasten hinzutritt, sofern man wieder unter der Neutralfaser diejenige versteht, in welcher die Biegungsspannung Null ist. Neben dieser Faser ist noch diejenige von Wichtigkeit, deren Gesamtspannung Null ist und welche sich unterhalb oder oberhalb des Schwerpunkts festlegt, je nachdem die Kraft ober- oder unterhalb der Balkenaxe angreift. Diese heisst die Nullaxe, und ihre Entfernung δ von der Schwerpunktsaxe m (Fig. 99) lässt sich wie folgt bestimmen:

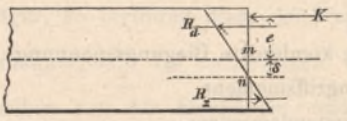


Fig. 99.

Berücksichtigt man, dass der Satz vom ebenen Querschnitt auch für die zusammengesetzten Biegungen Geltung hat und bezeichnet wieder a_z die Entfernung der äussersten gezogenen, a_d die Entfernung der stärkst gedrückten Faser von der Nullaxe, so erhält man die Spannung in einem beliebigen um y von der Nullaxe abstehenden Flächenelement df nach früherem

$$k = \frac{s}{a_z} \cdot y \,.\, df = \frac{p}{a\,p} \cdot y \,.\, df$$

und die Summe aller Zug- und Druckspannungen, R_z bezw. R_d

$$R_z = \frac{s}{a_z} \cdot \int_0^{a_z} y\, df; \quad R_d = \frac{p}{a_d} \cdot \int_0^{a_d} y\, df.$$

Zwischen den Spannungsresultanten R_z und R_d bestehen wieder die Bedingungsgleichungen, dass ihre Summe gleich der Horizontalkraft H und ihr Moment gleich dem Biegungsmoment zu sein hat.

Es ist also

$$H = R_z + R_d = \frac{s}{a_z} \cdot \left(\int_0^{a_z} y\, df + \int_0^{a_d} y\, df \right)$$

Der Ausdruck in der Klammer bezeichnet das statische Moment des Querschnitts, bezogen auf die Nullaxe, welches auch, wenn f die Querschnittsfläche bezeichnet $= f \,.\, \delta$ gesetzt werden kann. Somit ist

$$\frac{s}{a_z} \cdot f \,.\, \delta = H;$$

ferner ergeben sich das äussere Kräftemoment M' und das Trägheitsmoment t' des Querschnitts, bezogen auf die Axe n bezw. zu

$$M' = M + H \,.\, \delta$$
$$t' = t + f\,\delta^2;$$

wenn M und t die auf die Schweraxe bezogenen Werte der Momente bezeichnen.

Die zwischen den innern und äussern Kräften bestehenden Relationen sind somit:

$$\frac{s}{a_z} \cdot f \cdot \delta = H$$

$$\frac{s}{a_z} \cdot t + \delta^2 f = M + H \cdot \delta,$$

woraus

$$\frac{t + \delta^2 f}{f \cdot \delta} = \frac{M + H \cdot \delta}{H}$$

oder

$$\delta = \frac{t}{f} \cdot \frac{H}{M}.$$

Durch diese Gleichung wird die Beziehung zwischen der Lage der Nullaxe und dem äussern Kraftmoment für einen gegebenen Querschnitt in allen Fällen festgestellt.

3. Die exzentrische Zug- und Druckbelastung

(Fig. 100 und 101) entsteht, wenn ein prismatischer Stab durch eine Kraft P, welche am Hebelarm e wirkt, parallel zu seiner Axe gezogen oder gedrückt wird und ist eine Kombination aus Biegung mit Zug oder Druck.

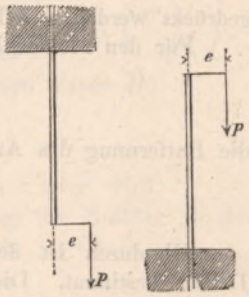


Fig. 100. Fig. 101.

Für den Fall, dass die durch den Schwerpunkt des Querschnitts und die Kraft gelegte Ebene eine Symmetrieebene des Stabquerschnitts ist und die Biegung der Stabaxe gegenüber der Exzentrizität sehr klein ist, erhält man unmittelbar für die Spannung in jedem Querschnitt:

$$\binom{s}{p} = \frac{P}{f} + \frac{M}{W},$$

also speziell

$$s = \pm P\left(\frac{1}{f} \pm \frac{e}{W}\right)$$

$$p = \pm P\left(\frac{1}{f} \mp \frac{e}{W_1}\right).$$

Ist P und e gegeben, so lässt sich daraus der Querschnitt f (durch Probiren) bestimmen.

Für $e = 0$ gehen die obigen Formeln in die für die Zug- und Druckfestigkeit geltenden über. Wie bekannt, ist aber die Berechnung des Druckquerschnitts aus der Formel $f = \frac{P}{p}$ nur so lange zulässig, als die Stablänge sehr klein ist. Für axial gedrückte lange Stäbe aber müssen die Querschnittsdimensionen auf Ausbiegung (Knickung) berechnet werden.

Die obigen Formeln lassen ersehen, dass eine um so gleichmässigere Beanspruchung der Querschnittsfasern stattfindet, je kleiner die Entfernung e des Angriffspunktes der Kraft von der Schwerpunktsaxe des Stabes ist. Sollen die Stabquerschnitte eine Beanspruchung nur in einerlei Sinn, nur auf Zug

oder nur auf Druck erleiden, so muss s oder $p = 0$ werden; s wird Null, wenn

$$\frac{1}{f} + \frac{e}{W} = 0$$

oder

$$e = \frac{W}{f}$$

ist; dies e heisst die „Kernweite“ des Querschnitts. „Kern“ heisst dasjenige Stück der Querschnittsfläche, innerhalb welchen die Kraft P angreifen muss, damit der ganze Querschnitt nur in einerlei Sinn beansprucht wird. Die Grenze des Kerns (Kernrand) bezeichnet den Angriffspunkt der Kraft P, wenn in der gegenüberliegenden Faser die Gesamtspannung Null wird (Fig. 102). Bezeichnet man den obigen speziellen Wert von e mit e', so folgt aus $e' = \frac{W}{f}$:

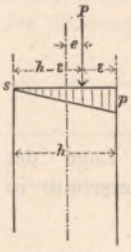


Fig. 102.

$$W = e' \cdot f;$$

ähnlich wird

$$W_1 = e'' f,$$

wenn e'' die andre Kernweite in der Symmetrieebene des Querschnitts bezeichnet.

Das Widerstandsmoment eines Querschnitts kann also auch ausgedrückt werden als Produkt aus Flächeninhalt und Kernweite.

Für den rechteckigen Querschnitt Fig. 102 wird

$$e' = \frac{b h^2}{6 \cdot b h} = \frac{h}{6};$$

die Entfernung des Angriffspunkts der Kraft von der äussersten Kante beträgt

$$\varepsilon = \frac{h}{2} - e' = \frac{h}{3}$$

Hierdurch ist der Kern des rechteckigen Querschnitts durch das innere Drittel bestimmt. Die Spannung in der der neutralen Axe entgegengesetzten Kante ist

$$p = \frac{P}{b \cdot h} + \frac{6 P \cdot h}{6 \cdot b h^2} = 2 \cdot \frac{P}{b h},$$

also doppelt so gross, als bei gleichmässiger Verteilung der Kraft über den Querschnitt. (Von diesem Satze ist bereits im I. Teil dieses Werkes, pag. 226 etc. Gebrauch gemacht worden.)

Die obige Gleichung

$$p = p_1 + p_2 = \frac{P}{f} + \frac{M}{W},$$

worin $p_1 = \frac{P}{f}$ als die von der Kraft P hervorgerufene Hauptspannung und $p_2 = \frac{M}{W}$ als Neben- oder Sekundärspannung bezeichnet werden kann, lässt sich noch einfacher und anschaulicher gestalten, wenn man die Begriffe „Trägheitshebel“ und „Kernweite“ einführt.

Es sei $A B$ (Fig. 103, S. 99) die Querschnittsfläche (f), auf welche die Kraft P exzentrisch wirkt, a und a_1 seien die Entfernungen der äussersten Fasern von der Schwerpunktsaxe; e wieder der Hebelarm (Fehlerhebel) der Kraft P,

t das Trägheitsmoment und t der Trägheitshebel der Querschnittsfläche, bezogen auf die genannte Axe, alsdann ist zunächst:

$$t^2 \cdot f = t.$$

Bezeichnet man weiter mit a' und a'' die Kernweiten des Profils, so folgen aus

$$W = a' \cdot f = \frac{t}{a} = \frac{t^2 f}{a}$$

$$W_1 = a'' \cdot f = \frac{t}{a_1} = \frac{t^2 \cdot f}{a_1}$$

die Beziehungen:

$$a\, a' = t^2$$

$$a_1\, a'' = t^2;$$

es kann deshalb der Trägheitsradius auch definirt werden als das geometrische Mittel aus Profilweite und gegenüberstehender Kernweite; es kann also die Kernweite durch die bekannte geometrische Konstruktion gefunden werden, wenn t und a bekannt sind.

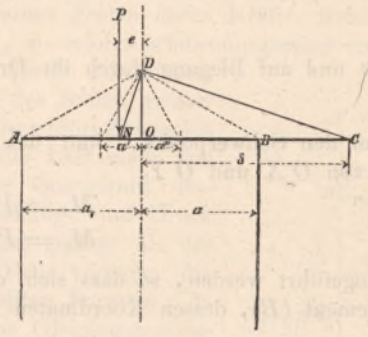


Fig. 103.

Führt man die Grössen t und a'' in die obige Gleichung für p ein, so wird die Spannung in A:

$$p = \frac{P}{f} + \frac{P \cdot e \cdot a_1}{t^2 \cdot f} = p_1 + p_1 \cdot \frac{e \cdot a_1}{a'' \cdot a_1} = p_1 + p_1 \left(\frac{e}{a''}\right) = p_1 \left(\frac{a'' + e}{a''}\right).$$

Aehnlich erhält man für die Spannung der äussersten Faser B:

$$s = p_1 \left(\frac{a' - e}{a'}\right).$$

Diese Gleichung giebt für s den Wert Null, wenn $e = a'$ wird.

Bei irgend einer andern Stellung der Kraft P liegt die Nullaxe in der Entfernung δ vom Schwerpunkt des Querschnitts, so dass

$$\delta = \frac{t}{f} \cdot \frac{P}{P \cdot e} = \frac{t^2 f}{f \cdot e} = \frac{t^2}{e},$$

oder

$$t^2 = \delta \cdot e,$$

d. h. der Trägheitshebel ist das geometrische Mittel aus der Exzentrizität (Fehlerhebel) der Kraft und der Entfernung der Nullaxe vom Querschnittsschwerpunkt.

Durch die obige einfache Beziehung zwischen t, δ und e lässt sich die Lage der neutralen Axe, wenn t und e bekannt sind, durch das in Fig. 103 angezeigte bekannte graphische Verfahren sofort bestimmen. Man trage im Schwerpunkt O des Querschnitts $O\,D$ gleich den Trägheitshebel t auf und ziehe $D\,C \perp N\,D$, so giebt der Schnitt dieser Linie mit $A\,B$ die Lage der Nullaxe C.

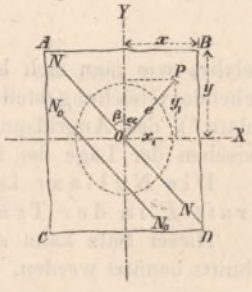


Fig. 104.

Die Lage der neutralen sowie der Nullaxe lässt sich auch dann noch sehr einfach bestimmen, wenn der Angriffspunkt der Kraft P nicht mehr in einer Symmetrieaxe des Querschnitts liegt, sondern beliebig anderswo; für die Querschnittsfläche $A\,B\,C\,D = f$ (Fig. 104) seien $O\,X$ und $O\,Y$ die Haupt-

trägheitsaxen, t_x und t_y die bezüglichen Trägheitsradien für diese Axen, P sei eine Axialkraft, deren Angriffspunkt durch e und den Winkel α gegeben ist.

Die Kraft P beansprucht den Querschnitt auf Druck, dessen Intensität

$$p_1 = \frac{P}{f}$$

ist und auf Biegung durch ihr Drehmoment

$$M = P \cdot e$$

um den Schwerpunkt. Statt des letzteren können die Drehmomente um die Axen $O\,X$ und $O\,Y$

$$M_x = P \cdot e \cdot \cos\alpha = P \cdot y_1$$
$$M_y = P \cdot e \cdot \sin\alpha = P \cdot x_1$$

eingeführt werden, so dass sich die Biegungsspannung p_2 in einem Flächenelement (B), dessen Koordinaten x und y sind, summirt zu

$$p_2 = \frac{P \cdot e \cos\alpha \cdot y}{t_x^{\,2} \cdot f} + \frac{P \cdot e \cdot \sin\alpha \cdot x}{t_y^{\,2} \cdot f}.$$

Die Faserelemente, deren Biegungsspannung Null ist, liegen in der neutralen Axe, welche bestimmt ist durch:

$$0 = \frac{y}{t_x^{\,2}} \cos\alpha + \frac{x}{t_y^{\,2}} \cdot \sin\alpha.$$

Dieselbe geht durch den Schwerpunkt des Querschnitts und bildet mit der Y-Axe den spitzen Winkel β, so dass

$$\frac{x}{y} = \operatorname{tang}\beta = \operatorname{cotg}\alpha \cdot \frac{t_y^{\,2}}{t_x^{\,2}};$$

es ist also wieder die neutrale Axe $N\,O$ der Angriffslinie $O\,P$ konjugirt in der Trägheitsellipse.

Aus p_1 und p_2 ergiebt sich die Gesammtspannung des Elements $(x\,y)$ zu

$$p = \frac{P}{f} + \frac{P \cdot x_1 \cdot x}{t_y^{\,2} \cdot f} + \frac{P \cdot y_1\, y_1}{t_x^{\,2} \cdot f} = \frac{P}{f}\left(1 + \frac{x\,x_1}{t_y^{\,2}} + \frac{y\,y_1}{t_x^{\,2}}\right).$$

Die Querschnittselemente, in welchen die Gesamtspannung Null ist, liegen auf der Geraden

$$0 = 1 + \frac{x\,x_1}{t_y^{\,2}} + \frac{y\,y_1}{t_x^{\,2}},$$

welche, wie man sich leicht überzeugt, zur Neutralaxe parallel ist. Die vorstehende Gleichung stellt in der Trägheitsellipse der Querschnittsfigur die Antipolare *) des Angriffspunkts P vor und es lässt sich daher die Beziehung zwischen der Lage der äusseren Kraft und der Nullaxe auch so aussprechen:

Die Nullaxe ist die Antipolare des Angriffspunkts der Kraft P in der Trägheitsellipse.

Dieser Satz kann zur vollständigen Bestimmung der Kernfigur des Querschnitts benützt werden, indem man entweder die Ecken des Kerns als Antipole

*) Zieht man von einem Punkt P zwei Tangenten an einen Kegelschnitt, so ist die Verbindungslinie der Berührungspunkte die Polare des Punktes; dieser der Pol jener Verbindungsgeraden. Ueberträgt man die Polare symmetrisch zum Mittelpunkt des Kegelschnitts auf die andere Seite, so ist diese die Antipolare.

eines Polygons betrachtet, das um den Querschnitt beschrieben ist, oder die Seiten des Kerns als Antipolaren zu den Ecken der Querschnittsfigur in der Trägheitsellipse bestimmt.

4. Die Knickungsfestigkeit.

Wird ein prismatischer Stab AB an seinen Enden durch Kräfte, welche in der Richtung seiner Axe liegen, gedrückt, so erfolgt erfahrungsgemäss eine Zerstörung des Stabmaterials nicht mehr durch Zerdrücken, sondern durch Zerbrechen, wenn die Länge des Stabes grösser als etwa der fünffache Betrag der kleinsten Querschnittsdimension ist; der Stab biegt sich unter der Wirkung der Last mehr und mehr aus und wird „zerknickt". Jeder Querschnitt desselben erleidet daher eine doppelte Beanspruchung: auf Druck und Biegung und muss also in allen Fällen grösser als der einfache Druckquerschnitt sein. In diesem Falle versagen die früher für den excentrischen Druck mitgeteilten Formeln, da der Hebel e der Kraft P gleich 0 wird, jene Gleichungen damit in die für die einfache Druckfestigkeit geltenden übergehen.

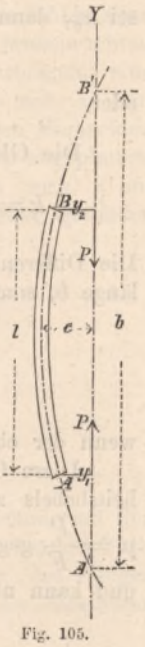


Fig. 105.

Im nachstehenden schliessen wir uns den neueren Anschauungen über die Knickungstheorie an, wie sie in einer Arbeit Prof. Asimonts in München in der Zeitschrift für Baukunde pro 1880 enthalten ist*). Wenn die den Stab beanspruchende Kraft P im Schwerpunkt des Stabquerschnitts angreift und das Material desselben homogen ist, so ist eine Ausbiegung des Stabes nicht denkbar. Eine solche tritt ein durch die Inhomogenität des Materials, kleine Fehler in der Centrirung der Last u. s. w. Es ist also die Anschauung gerechtfertigt, dass die Kräfte P (Fig. 105), welche den Stab AB zusammendrücken in A und B excentrisch angreifen und mit den „Fehlerhebeln" y_1 und y_2 behaftet sind. In diesem Falle muss natürlich eine Krümmung des Stabes eintreten und erhält man, wenn die Kraftrichtung als Y-Axe, eine darauf senkrechte Richtung aber als X-Axe genommen wird: als Gleichung für die elastische Linie

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{\varrho} = -k^2 y$$

und hieraus nach erfolgter zweimaliger Integration

$$y = m \sin x\,k + n \cos x\,k,$$

worin m und n zwei Konstante, welche nicht weiter bestimmt zu werden brauchen und

$$k = \sqrt{\frac{P}{E \cdot t}} \text{ oder}$$

$$k^2 = \frac{P}{E \cdot t}.$$

Setzt man nun

$$P = F \cdot p_1$$
$$t = F \cdot t^2,$$

*) Hauptspannung und Sekundärspannung, von G. Asimont pag. 27 der genannten Zeitschrift.

worin F den Stabquerschnitt, p_1 die Hauptspannung und t den Trägheitshebel bezeichnet, so ist auch

$$k^2 = \frac{\sigma}{t^2},$$

wenn σ die relative Längenänderung $\frac{p_1}{E}$ bezeichnet.

Die durch obige Gleichung bestimmte Sinusoide schneidet die Kraftrichtung in zwei Punkten A' und B', für welche $y = 0$ wird; das dazugehörige x sei x_0, dann ist

$$0 = m \sin x_0 k + n \cos x_0 k$$

oder

$$\operatorname{tang} x_0 k = -\frac{n}{m}.$$

Die Gleichung wird erfüllt durch die Werte

$$x_0 k = -\frac{n}{m};\ x_0' k = -\frac{n}{m} + \pi;\ x_0'' k = -\frac{n}{m} + 2\pi \text{ etc. } -$$

Die Differenz $(x_0' - x_0) k = \pi$ giebt den Abstand $A' B'$ oder die Biegungslänge b, somit ist

$$(x_0' - x_0) k = b \,.\, k = \pi, \text{ oder}$$

$$b = \frac{\pi}{k} = \frac{\pi}{\sqrt{\sigma}} \cdot t,$$

wenn der obige Wert für k eingesetzt wird.

Diese Gleichung gestattet die Biegungslänge als ein Vielfaches des Trägheitshebels zu finden, sobald der Trägheitshebel t und die Druckspannung $p_1 = \frac{P}{F}$ gegeben sind. Die Sinuslinie ist aber sonst nicht näher bestimmt und kann namentlich der grösste Biegungspfeil $e = y$ max die verschiedensten Werte haben. Zugleich ergiebt sich, dass die Stablänge $A\,B = l$ bloss irgend ein Teil der Linie $A'\,B'$ ist und dass im allgemeinen die Endpunkte A und B nicht mit den Wendepunkten A' und B' zusammenfallen. Die Lage der Stabkurve in der Sinuslinie wird erst bestimmt, wenn die in A und B vorhandenen Fehlerhebel y_1 und y_2 bekannt sind. Haben die beiden Endfehlerhebel des Stabes einerlei Richtung gegen die Kraftlinie, so tritt eine Krümmung des Stabes nach der in $A\,B$ und $A_1\,B_1$ etc. Fig. 106 dargestellten Weise ein; sind dagegen y_1 und y_2 verschieden im Vorzeichen, so biegt sich der Stab nach einer in $A_2\,B_2$ angedeuteten Art. Aus zwei bekannten Endfehlerhebeln y_1 und y_2 (Fig. 105) kann dann auch jedesmal die grösste Ausbiegung (e) im Scheitel der neutralen Linie gefunden werden. Denn bezieht man die Coordinaten auf den Ursprung A', so heisst die Gleichung der elastischen Linie:

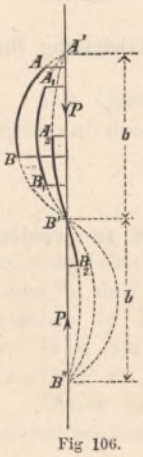


Fig 106.

$$y = e \,.\, \sin x k,$$

man erhält also für die Endpunkte A und B:

$$y_1 = e \,.\, \sin x_1 k$$
$$y_2 = e \,.\, \sin (x_1 + l) \,.\, k,$$

woraus durch Elimination von x_1 der Biegungspfeil e gefunden werden kann.

Die Fehlerhebel y_1 und y_2 lassen sich jedoch in den praktischen Fällen unmöglich konstatiren; man hat deshalb für e einen empirischen Wert vorgeschlagen; der allgemeine Annahme gefunden hat und wonach e proportional dem Quadrat der Stablänge l und umgekehrt proportional der kleinsten Profilweite a (Abstand der äussersten gezogenen oder gedrückten Faser von der Schwerpunktsaxe, gemessen in der Richtung der kleinsten Querschnittsdimension) gesetzt wird:

$$e = \varkappa \cdot \frac{l^2}{a}.$$

Darin ist $\varkappa$ ein vom Material und der Befestigung der Stabenden abhängiger Koeffizient. Je nachdem nämlich die Enden des auf Knickung beanspruchten Stabes mehr abgerundet oder mehr abgeplattet sind, wird die Ausbiegung eine grössere bezw. kleinere Grösse annehmen können, der Stab also mehr in den äusseren oder inneren durch die Wendepunkte A' und B' gehenden Sinusoiden liegen. Es erscheint daher gerechtfertigt, den Koeffizienten $\varkappa$ für abgeplattete Enden kleiner anzunehmen als für abgerundete. Thatsächlich ist auch $\varkappa$ aus den Knickungsversuchen Hodgkinsons mit nachstehenden Werten gefunden worden.

Für abgeplattete Enden *)

bei Holz . . . . . $\varkappa = 0{,}00016$
„ Schmiedeisen . . . $\varkappa = 0{,}0001$
„ Gusseisen . . . . $\varkappa = 0{,}00025.$

Für abgerundete Enden:

bei Holz . . . . . $\varkappa = 0{,}00048$
„ Schmiedeisen . . . $\varkappa = 0{,}0003$
„ Gusseisen . . . . $\varkappa = 0{,}00075.$

Damit ist nun der vorliegende Fall der Beanspruchung auf Knickung auf den excentrischen Druck zurückgeführt: man setzt einfach für den im letztern Falle immer im voraus vorhandenen und gegebenen Fehlerhebel e den obigen empirischen Wert ein und erhält somit die Gesammtspannung der äussersten Faser in jedem Querschnitts zu

$$p = p_1 + p_2 = \frac{P}{F} + \frac{P \cdot e \cdot a}{t}.$$

Setzt man $e = \varkappa \cdot \frac{l^2}{a}$ ein, so wird

$$p = \frac{P}{F} + \frac{P \cdot \varkappa l^2 \cdot a}{a \cdot t}$$

$$= \frac{P}{F}\left(1 + \varkappa \frac{l^2 \cdot F}{t}\right).$$

Bezeichnet man

$$1 + \varkappa \frac{l^2 \cdot F}{t} = \mu, \text{ so erhält man}$$

*) Wir betrachten nur den Fall, wo beide Stabenden „frei“ sind; die Fälle, in welchen das eine Ende oder beide Enden „eingespannt“ oder „geführt“ sind, gehören streng genommen nicht hierher, da das Eingespanntsein etc. der Enden eine seitliche Reaktion des Stützpunkts bedingt, in folge dessen also die Kraftrichtung von vornherein nicht parallel mit der Stabaxe liegt, wie dies bei der Knickung vorausgesetzt ist.

$$p = \frac{P}{F} \cdot \mu \text{ oder}$$

$$F = \frac{P}{p} \cdot \mu .$$

Die Grösse der Druckspannung p darf natürlich den für das betreffende Material geltenden zulässigen Betrag nicht überschreiten. Der Ausdruck $\frac{P}{p}$ giebt den einfachen Druckquerschnitt (f) und es lässt sich der Koeffizient μ auch definiren durch die Gleichung

$$\mu = \frac{F}{f},$$

er ist immer grösser als Eins und heisst der Knickungskoeffizient.

Die Formel

$$F = f \cdot \mu ,$$

welche den gesuchten Knickungsquerschnitt aus dem leicht zu berechnenden Druckquerschnitt erhalten lässt, ist zur Berechnung nicht bequem; da die gesuchte Querschnittsfläche F im Ausdruck für μ noch enthalten ist, kann sie nur durch Probiren aus obiger Gleichung erhalten werden. Eine Formel zur direkten Bestimmung des μ aus f, l und $\varkappa$ erhält man in nachstehender Weise *):

Bezeichnet

$$\frac{t}{F^2} = \tau, \text{ (spezifische Trägheit)}$$

so ergiebt sich

$$\mu = 1 + \varkappa \cdot \frac{l^2 \cdot F}{\tau \cdot F^2} = 1 + \varkappa \frac{l^2}{\tau \cdot F}$$

und da

$F = \mu \cdot f$ wird

$$\mu = 1 + \varkappa \frac{l^2}{\tau \cdot \mu \cdot f}$$

$$\mu^2 = \mu + \varkappa \frac{l^2}{\tau \cdot f} \quad \left(\mu^2 - \mu = \varkappa \frac{l^2}{\tau \cdot f}\right) \text{ oder}$$

$$\mu = 0{,}5 + \sqrt{0{,}25 + \varkappa \frac{l^2}{\tau \cdot f}}.$$

Diese Gleichung enthält auf ihrer rechten Seite nur bekannte Grössen: f ist der einfache Druckquerschnitt, wie er sich für kurze Stäbe ergeben würde, und τ eine für jeden angenommenen Querschnitt leicht zu berechnende und für alle ähnlichen Querschnitte konstante Zahl. Für die bei den Holzkonstruktionen meistens vorkommenden Querschnittsformen des Rechtecks, Quadrats und Kreises hat τ folgende Werte:

Rechteck ($b : h = 5 : 7$) . .	$\tau = 0{,}060$
Quadrat	$\tau = 0{,}083$
Kreis	$\tau = 0{,}080.$

*) Eine Knickungsformel von G. Asimont, Zeitschr. des bayr. Archit. u. Ingen.-Vereins 1876—77 pag. 119.

Graphische Darstellung des Knickungskoeffizienten μ.

Die obige für den Knickungskoeffizienten μ erhaltene Formel lässt sich noch bequemer handhaben, wenn man sie graphisch darstellt. Man setze den Ausdruck

$$\frac{\varkappa l^2}{\tau \cdot f} = \mu^2 - \mu = \lambda;$$

trägt man die Werte $\lambda = \mu^2 - \mu$ als Abscissen und die μ-Werte als Ordinaten in beliebigen Massstäben auf, so erhält man eine Parabel als geometrischen

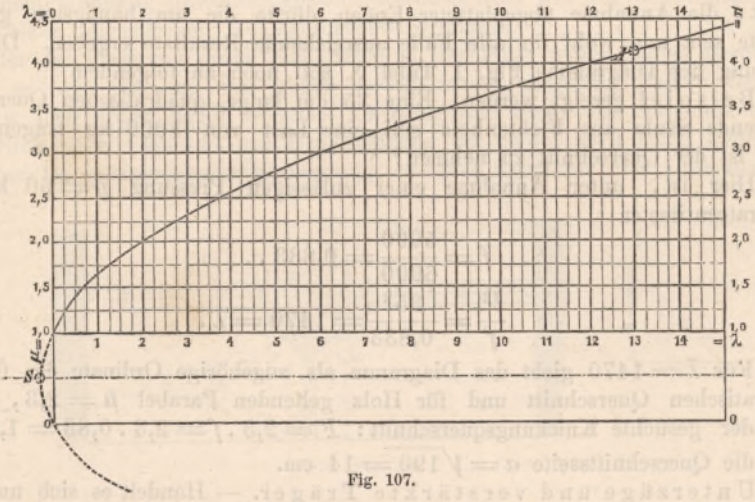


Fig. 107.

Ort je zweier zusammengehöriger Werte von λ und μ (Fig. 107). Der Scheitel s der Parabel ergiebt sich aus

$$\frac{d(\mu^2 - \mu)}{d\mu} = 0, \text{ oder}$$
$$2\mu - 1 = 0,$$
$$\mu = \frac{1}{2},$$

hierfür wird $\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)^2 - \frac{1}{2} = -\frac{1}{4}$; ferner wird $\mu = 1$ für $\lambda = 0$. Zur Zeichnung der Parabel ist es nur erforderlich, die Lage eines Punktes A zu bestimmen, um dann nach der in Fig. 108 angedeuteten bekannten Konstruktion das zwischen A und s sich befindliche Stück der Parabel rasch zu erhalten.

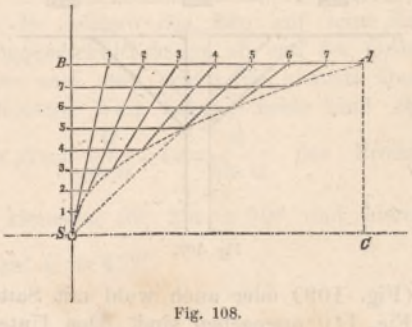


Fig. 108.

Das Diagramm (Fig. 107) gilt für jede beliebige Querschnittsform, sowie für alle Materialgattungen, es muss nur in jedem speziellen Falle der Koeffizient $\lambda = \frac{\varkappa l^2}{\tau \cdot f}$ berechnet werden.

Versteht man unter

$$\lambda = \frac{l^2}{f},$$

so wird

$$\mu = 0{,}5 + \sqrt{0{,}25 + \frac{\varkappa}{\tau} \cdot \lambda}.$$

Die graphische Darstellung dieses Knickungskoeffizienten mit spezieller Rücksicht auf Material und Querschnittsform zeigt Fig. 1 Blatt X. Dabei wurde der Koeffizient $\varkappa$, wie er sich für abgeplattete Enden ergiebt, zu grunde gelegt; die Annahme abgeplatteter Enden dürfte die am häufigsten gerechtfertigte sein und wohl für alle Fälle ausreichende Resultate ergeben. Die Verwendung des Diagramms Fig. 1 Tafel X soll noch an folgendem

Beispiel gezeigt werden. Eine 35 dm lange, quadratischen Querschnitt besitzende Säule aus Fichtenholz soll eine Last von 8000 kg tragen; wie gross ist der Querschnitt zu nehmen?

Hier ist, unter Annahme einer zulässigen Pressung $p = 60$ kg pro Quadratcentimeter

$$f = \frac{5000}{6000} = 0{,}833\ldots$$

$$\frac{l^2}{f} = \frac{35^2}{0{,}833} = 1470 = \lambda.$$

Für $\lambda = 1470$ giebt das Diagramm als zugehörige Ordinate der für den quadratischen Querschnitt und für Holz geltenden Parabel $\mu = 2{,}3$, es ist also der gesuchte Knickungsquerschnitt: $F = 2{,}3 \,.\, f = 2{,}3 \,.\, 0{,}83 = 1{,}9$ qdm oder die Querschnittsseite $a = \sqrt{190} = 14$ cm.

Unterzüge und verstärkte Träger. — Handelt es sich um Herstellung von Gebälken mit sehr grossen, freien Längen, so verwendet man zur Unterstützung entweder Unterzüge oder Träger.

Der Unterzug, wohl auch Durchzug genannt, ist bei grosser freiliegender Länge noch mittelst Unterzugsständern (Säulen) zu unterstützen. Bei Magazinen, Stallungen, Lagerhäusern etc. werden auf Unterzugsständern ruhende Unterzüge vielfach angewendet, um verhältnismässig schwache Balken in Verwendung bringen zu können, namentlich dann, wenn die Stellung der Stiele oder Ständer keine Raumbeeinträchtigung zur Folge hat. Um nun aber so wenig wie möglich den Raum durch vertikal stehende Säulen zu beschränken, versieht man letztere mit kurzen Strebebändern (Kopfbändern, Kopfbügen)

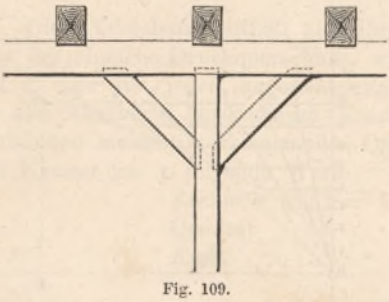


Fig. 109.

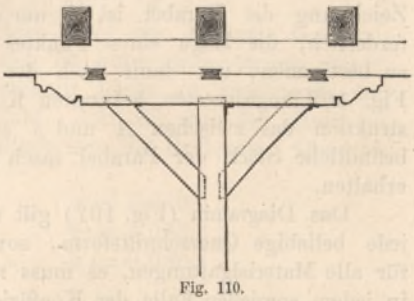


Fig. 110.

(Fig. 109) oder auch wohl mit Sattelhölzern und Strebebändern, wie diese in Fig. 110 angegeben sind. Den Unterzugsstielen giebt man in der Regel einen

quadratischen Querschnitt von $(16 + h)$ bis $(16 + 1{,}33\,h)$ cm, wobei h die Höhe des Unterzugsstieles in Metern bedeutet; stark belastete oder hohe Unterzugsständer sind auf Zerknickung zu berechnen *).

Die Berechnung der Dimensionen von Unterzügen kann vollständig so erfolgen, wie früher für Balken angegeben wurde, wobei man annehmen darf, dass die von den Deckenbalken auf den Unterzug übertragene Last gleichmässig über die Unterzuglänge verteilt sei. Die Grösse des Druckes, welcher von einem Balken auf den Durchzug übergeführt wird, lässt sich nach den früher für die Auflagerdrücke der kontinuirlichen Balken, oder, wenn die Balken über dem Unterzug gestossen gedacht werden, nach den für den freiaufliegenden Balken angegebenen Auflagerdrücken ermitteln.

Ist der Unterzug durch eine Säule in der Mitte seiner Länge gestützt, so kann er wie ein auf drei gleich hohen Stützen liegender Balken berechnet werden, desgleichen wenn zwischen Unterzug und Säule ein Sattelholz liegt.

Sind nach Fig. 111 zur Unterstützung der Sättel noch Büge angebracht, so kann bei entsprechender Verbindung zwischen Sattelholz und Unterzug durch

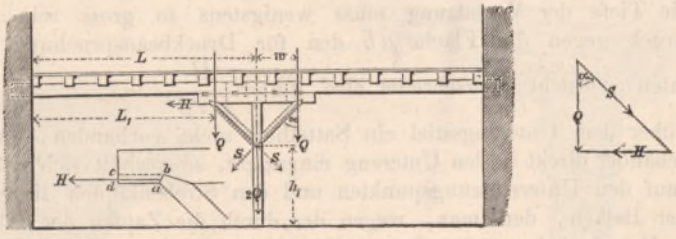


Fig. 111.

Schrauben etc. das Stück des Durchzugs über der Unterstützungsstelle als unbiegsam angesehen werden; in diesem Fall ist der Unterzug zu betrachten als ein einerseits horizontal eingespannter, am andern Ende frei aufliegender Balken; bezeichnet q die Last pro Längeneinheit, so ist nach der auf Seite 74 gegebenen Tabelle der Querschnitt zu berechnen aus

$$M\,\text{max} = \frac{q\,L_1{}^2}{8} = W.p.$$

Gleiche Dimensionen, wie der Unterzug, erhält das Sattelholz.

Auf die Büge wird auf jeder Seite des Pfostens ein Druck übertragen, der zu $Q = \frac{5}{8}\,q\,L$ angenommen werden kann; derselbe zerlegt sich in zwei Komponenten H und S, von welchen die letztere das Büg auf seine Zerknickungsfestigkeit beansprucht. Der Bügquerschnitt hängt ab von der Grösse der Kraft S und der Länge l des Büges und man erhält die kleinste Querschnittsfläche, wenn S und l ihren kleinsten Wert haben; beide sind aber abhängig vom Winkel α, so zwar, dass $S = \frac{Q}{\cos\alpha}$, $l = \frac{w}{\sin\alpha}$ das Produkt $S.l = \frac{Q\,w}{\sin\alpha\,.\,\cos\alpha} = \frac{2\,Q\,w}{\sin 2\,\alpha}$ wird am kleinsten für $2\,\alpha = 90^0$ und hieraus ergiebt sich der günstigste Neigungswinkel $\alpha = 45^0$.

*) Siehe Seite 106.

Die Unterzugssäule nimmt an der Verbindungsstelle mit den Bügen die Kräfte S auf, die sich in einen in der Axe der Säule wirkenden Druck $2\,Q = \frac{10}{8}\,q\,L$ zusammenfassen lassen, da ihre horizontalen Komponenten bei symmetrischer Belastung des Unterzugs sich gegenseitig aufheben. Der Querschnitt des Unterzugsstiels ergiebt sich dann aus der Formel $F = \frac{2\,Q\,\mu}{p} = \frac{2\,Q}{p}\left(1 + \varkappa \cdot \frac{h_1{}^2 \cdot F}{t}\right)$ oder mit Zuhülfenahme des Diagramms Fig. 1 Tafel X direkt.

Die Kraft H sucht das vor dem Kopf des Bügs befindliche Holz des Sattels abzuscheren und kann hieraus die Länge $a\,d = \lambda$ berechnet werden. Ist $\mathfrak{s}$ der Koeffizient für die Schubfestigkeit des Holzes $\parallel$ den Fasern, β die Breite der Versatzung, so muss

$$H = \lambda \cdot \beta \cdot \mathfrak{s} \text{ oder } \lambda = \frac{H}{\mathfrak{s} \cdot \beta}$$

sein. Die Tiefe der Versatzung muss wenigstens so gross sein, dass der Einheitsdruck gegen die Fläche $a\,b$ den für Druckbeanspruchung zulässigen Koeffizienten p nicht überschreitet also $a\,b = \frac{H}{p \cdot \beta}$.

Ist über dem Unterzugsstiel ein Sattelholz nicht vorhanden, sondern sind die Strebebänder direkt in den Unterzug eingezapft, so verhält sich der Unterzug wie ein auf den Unterstützungspunkten und den Strebenköpfen liegender kontinuirlicher Balken, den man, wegen der durch die Zapfen der Büge herbeigeführten Verschwächung des Querschnitts, wie einen zwischen dem Kopf des Bügs und dem Unterstützungspunkt der Wand frei aufliegenden Balken berechnen darf.

Wenn sich, wie dies wohl in hohen Speichern mit vielfachen Etagen der Fall ist, eine solche Konstruktion oftmals übereinander wiederholt, so würden bei solcher Anordnung die Nachteile eintreten, die bereits beim Etagen-Fachwerksbau Erwähnung gefunden haben, und würde man genötigt sein, die hier möglicherweise eintretenden Missstände durch Anwendung von doppelten Unterzugsstielen zu beseitigen, bei welchen dann ebenfalls Sattelholz und Kopfbüge Verwendung finden können. Fig. 112 zeigt eine solche Anordnung

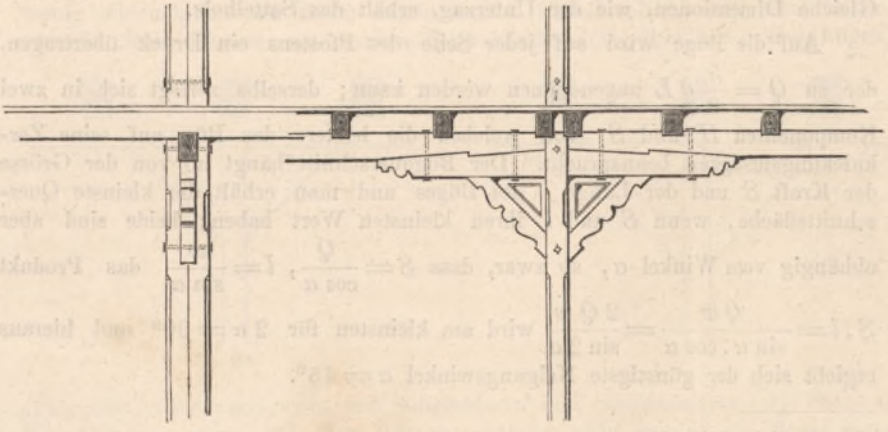


Fig. 112.

und zwar in der Weise, dass die doppelten Unterzugsstiele eine noch zuverlässigere Widerstandskraft durch Doppelbalken erhalten, welche zugleich eine nichts mehr zu wünschen lassende Verankerung der gegenüberstehenden Wände bilden.

Die Konstruktionsmethode mittelst Unterzügen unter Anwendung von Sattelhölzern und Kopfbügen hat sowohl in der altdeutschen, als auch in der schweizerischen Holzkonstruktion eine hervorragende Rolle gespielt, und wendete man derselben in bezug auf formale Gestaltung eine besondere Aufmerksamkeit zu. Fig. 113 *) stellt beispielsweise eine solche Konstruktion aus dem Flure des Rathauses zu Quedlinburg dar, und geben solche Figuren den Beweis dafür, wie vortrefflich es die Werkmeister des Mittelalters verstanden, jeder Konstruktion die ihr entsprechende Kunstform zu geben. In bezug auf die Schweizer Holzkonstruktion verweisen wir auf die Fig. 13, Tafel V. Eines der reichsten Beispiele für die Gestaltung hölzerner Unterzugsständer liefert die in Fig. 114 dargestellte Holzsäule aus dem Spitale der Stadt Nordhausen, die der Holzarchitektur von Böttticher entnommen ist und die dem Jahre 1487 entstammt.

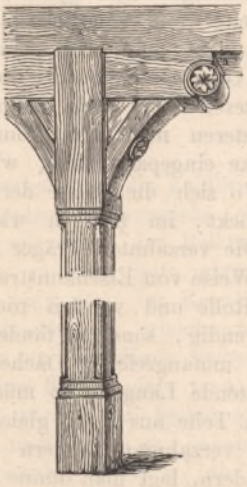


Fig. 113.

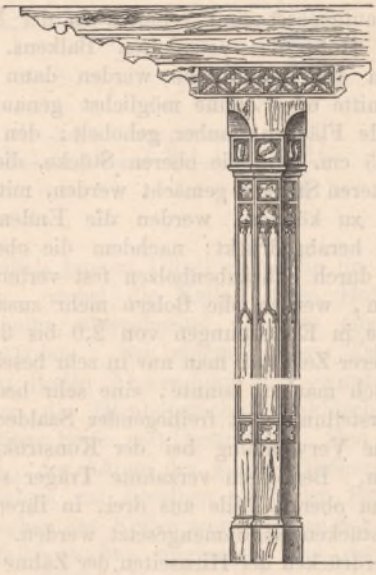


Fig. 114.

Die Unterstützung von freiliegenden Balken durch Träger, die schon auf Seite 106 Erwähnung fand, kommt meistenteils bei den Dachbalkenlagen vor, und wird dort eingehender erörtert werden.

Sind für eine Balkenlage einfache Balken in ihrer horizontalen Lage für die freie Länge nicht mehr ausreichend, soll ferner unterhalb derselben keine Einschränkung des Raumes durch Aufstellen von Stützen stattfinden, so wendete man mit Vorliebe in früherer Zeit, gegenwärtig nur noch selten, die verzahnten Balken an.

Der einfachste verzahnte Balken, wie ein solcher in nebenstehender

*) Böttchers Holzarchitektur des Mittelalters. Blatt 24.

Fig. 115 dargestellt ist, besteht in der Regel aus drei Stücken; zum unteren, seiner ganzen Länge nach durchgehenden Stücke wird entweder, — wenn dies möglich ist — ein etwas krumm gewachsenes Holz gewählt, oder es wird dasselbe durch Unterlager in der Mitte und Belastung der Enden um $^1/_{100}$ bis $^1/_{60}$ seiner Länge gekrümmt.

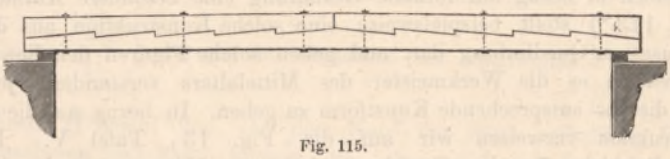


Fig. 115.

Die Höhe eines verzahnten Balkens beträgt ungefähr $^1/_{15}$ der ganzen freiliegenden Länge. Das untere Stück erhält von dieser Höhe in der Mitte $^2/_3$ und wird nach beiden Enden so zugehauen, dass es nur noch $^5/_{12}$ seiner ganzen Höhe behält; die beiden oberen Stücke werden nach dem unteren genau aufgepasst und erhalten in der Mitte $^1/_3$ und an den Enden $^7/_{12}$ der ganzen Höhe des verzahnten Balkens. Rechtwinklig auf die abgeschrägten Flächen der drei Stücke werden dann in Entfernungen von 1,0 bis 1,5 m Einschnitte oder Zähne möglichst genau angearbeitet und sämtliche sich berührende Flächen sauber gehobelt; den Zähnen giebt man wohl eine Höhe von 4,5 cm. Um die oberen Stücke, die um ein Geringes länger als die Hälfte des unteren Stückes gemacht werden, mit dem unteren Stück aufs innigste verbinden zu können, werden die Enden des letzteren noch mehr durch Belastung herabgedrückt; nachdem die oberen Stücke eingepasst sind, wird das Ganze durch Schraubenbolzen fest verbunden. Wo sich die Stösse der Hölzer befinden, werden die Bolzen mehr zusammengerückt, im übrigen wiederholt man sie in Entfernungen von 2,0 bis 3,0 m. Die verzahnten Träger spielten in früherer Zeit, wo man nur in sehr beschränkter Weise von Eisenkonstruktionen Gebrauch machen konnte, eine sehr bedeutende Rolle und wurden nicht nur bei Herstellung weit freiliegender Saaldecken notwendig, sondern fanden auch vielfache Verwendung bei der Konstruktion von umfangreichen Dächern und Brücken. Benötigen verzahnte Träger sehr bedeutende Längen, so müssen sie in ihrem oberen Teile aus drei, in ihrem unteren Teile aus zwei gleichlangen Balkenstücken zusammengesetzt werden. Um bei verzahnten Trägern ein Ineinanderdrücken der Hirnseiten der Zähne zu verhindern, legt man dünne Streifen von Zink- oder Eisenblech zwischen sie; ebenso muss auch zwischen die aneinanderstossenden Hirnseiten der einzelnen Balkenstücke ein entsprechend grosses Blech gelegt werden. Statt der scharf in einander greifenden Zähne belässt man wohl zwischen denselben einen Hohlraum und treibt in diesen Keile von recht trockenem, harten Holze ein, und glaubte man durch solche Anordnungen eine energische Verspannung der oberen Hölzer mit den unteren zu erzielen. Ausserdem hatte man die Befürchtung, dass beim Austrocknen nur verzahnter Träger die einzelnen Zähne abspringen könnten, was bei verkeilten nicht zu erwarten sei. Dem entgegen möchte darauf aufmerksam zu machen sein, dass beim Austrocknen eines Balkens mehr die Breite und Höhe, fast gar nicht die Länge desselben in Mitleidenschaft gezogen wird, dass aber beim Eintreiben der Keile, Hirnholz gegen Langholz wirkt, wodurch nur zu leicht ein Ineinanderdrücken der Holzfasern erfolgen kann; endlich ist aber auch in betracht zu ziehen, dass die angewendeten Keile der Breite nach schwinden können, wodurch die

ursprünglich feste Verspannung mehr oder weniger gelockert wird. In solchen Fällen kann man die Keile zwar wieder nachtreiben; ob dies Nachtreiben aber bei verbolzten Trägern die beabsichtigte Wirkung haben kann, bleibt stark in Frage gestellt; die für die Schraubenbolzen durchgebohrten Löcher werden sich hierbei entweder erweitern oder die Schraubenbolzen müssen gewaltsam sich biegen. Es möchte demnach da, wo es darauf ankommt, eine Verbindung von bedeutender Tragkraft herzustellen, der einfach verzahnte Träger dem verkeilten vorzuziehen sein. Die erhoffte Tragfähigkeit von allen verzahnten Balken hängt jedoch in erster Linie von deren korrekter Bearbeitung ab, eine solche aber ist äusserst schwer zu erreichen und gehört die Anfertigung von verzahnten Trägern mit zu den schwierigsten Aufgaben des Zimmermanns.

Aus diesen Gründen hat man die schwierig zu bearbeitende Verzahnung vielfach aufgegeben und beschränkt sich darauf, die betreffenden Balken mit einander zu verdübeln. Eine wirksame Verdübelung stellt die Fig. 116

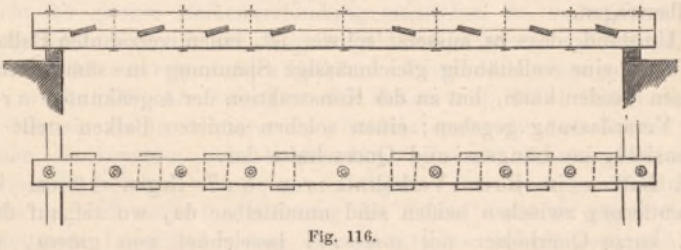


Fig. 116.

dar; hierbei sind die keilförmigen ziemlich breiten Dübel zahnartig in die zu verbindenden Balkenstücke eingetrieben, wobei die Keile, deren Holzfasern parallel mit denen der Balkenstücken laufen, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite eingetrieben werden. Bei einem solchen Träger*), welcher beim Bau der Kavalirbrücke zu Berlin Anwendung fand, wurden, um das Eintreiben zu erleichtern, zwischen die Hirnholzflächen Zinkblechstreifen eingelegt und die Keile selbst mit grüner Seife satt bestrichen. Den wenig verjüngten Keilen giebt man nahezu $^1/_{24}$ der Länge des ganzen Trägers, und lässt sie von beiden Seiten etwas vorstehen, um dieselben nach den Enden zu gehörig nachtreiben zu können; die zwischen den Keilen angeordneten Schraubenbolzen werden zuvor in die beiden Balkenstücken eingezogen und dann erst die Keile in die sauber ausgearbeiteten Keillöcher eingetrieben; durch sehr kräftiges Eintreiben erhalten die Träger eine geringe Krümmung nach oben, und wird ihre Tragfähigkeit durch eine solche Sprengung so bedeutend erhöht, dass solche Träger $^1/_{17}$ ihrer freiliegenden Länge hoch gemacht werden können, während bei den verzahnten Trägern dieses Mass in der Regel auf $^1/_{12}$ bis $^1/_{15}$ angenommen wird**).

Bei allen verzahnten oder verdübelten Trägern muss besonders auf die Verwendung von durchaus lufttrockenem Holz Rücksicht genommen werden. Die Anwendung künstlich verstärkter Holzträger möchte übrigens in gegenwärtiger Zeit eine äusserst beschränkte sein; in den meisten Fällen werden sie durch Eisenkonstruktionen ersetzt, die eine ungemein mannigfache Lösung

*) Notizblatt des Architektenvereins in Berlin 1840 S. 9.
**) Notizblatt des Architektenvereins in Berlin 1840 S. 9.

zulassen und die im dritten Bande dieses Werkes nähere Besprechung finden werden.

Ein über einem freien Raum von 10,0 m konstruirt gedachter, verzahnter Träger ist in Fig. 1 Tafel XII in der Vorder- und Seiten-Ansicht dargestellt; seine Stärke beträgt 50 bis 60 cm; seine Sprengung 10 cm; die auf der rechten Seite eingesetzten stark einzutreibenden Keile sind aus hartem Holz, besser aus Metall herzustellen.

Eine Variante für die verzahnte Trägerkonstruktion giebt die Fig. 2 Taf. X mit der Hauptansicht des Trägers und einem Querschnitte durch die Mitte ab; die Verzahnung beschränkt sich hierbei auf die beiden Enden des Balkens, wo je drei Zähne angeordnet sind; es genügt dies auch vollständig, die beabsichtigte Spannung im Träger zur Geltung zu bringen und möchte es weniger Mühe erfordern, eine geringe Anzahl von ineinander greifenden Zähnen durchaus genau passend zusammen zu arbeiten, als dies bei einer grösseren Anzahl der Fall ist. Eine hier vorkommende Ungenauigkeit kann leicht die ganze Spannung ungleichmässig und nur auf einige wenige Zähne, statt gleichmässig auf alle übertragen.

Der Umstand, dass es äusserst schwer ist, einen verzahnten Balken so zu arbeiten, dass eine vollständig gleichmässige Spannung in sämtlichen Zähnen angenommen werden kann, hat zu der Konstruktion der sogenannten armirten Balken Veranlassung gegeben; einen solchen amirten Balken stellt Fig. 3 in der Oberansicht, im Längen- und Querschnitt dar.

Zwei Balken in ihrem Verhältnis von 5 : 7 liegen 10 cm weit von einander entfernt; zwischen beiden sind unmittelbar da, wo sie auf der Mauer aufliegen, kurze Querhölzer mit $aaa\ldots$ bezeichnet von gutem, trockenen Eichenholz eingelassen, in welche sich zwei geneigt angeordnete Streben mit ihren Fussenden einsetzen; gegen die Mitte stemmen sich diese Streben in zwei gleichfalls in die Balken eingelassene Hölzer $bbb\ldots$, welche durch einen Keil auseinander getrieben werden können. Von dem kräftigen Eintreiben dieses Keiles wird die Tragfähigkeit der beiden Streben und damit auch die der ganzen Konstruktion wesentlich abhängig sein. Ein Träger, bei welchem sowohl eine Armirung als auch eine Verzahnung zur Anwendung gekommen ist, stellt Fig. 4 dar.

Bei dieser Konstruktion sind zu beiden Seiten eines Balkens starke Bohlen in mässig geneigter Richtung befestigt, die, je aus zwei Stücken bestehend, sich in der Mitte des Balkens so gegen einander legen, dass Hirnholz gegen Hirnholz hier seine Pressung ausübt; an den Fussenden, und zwar da, wo die Bohlen mit dem Balken in unmittelbare Berührung treten, sind sie mit dem Balken durch Verschränkung verbunden; einen weiteren innigen Zusammenhalt wird dem so armirten Balken durch mehrfache Verbolzung gegeben. Die Konstruktion ist durch Seiten-, Oberansicht und Querschnitt hinreichend erklärt.

In Fig. 5 ist ein Träger in Seiten-, Oberansicht und Querschnitt dargestellt, welcher aus einem Balken und zwei seitwärts angebrachten Verstärkungshölzern besteht. Die Fugen dieser drei Holzstücke sind in symmetrischen Verzahnungen an beiden Seiten des Hauptbalkens ausgearbeitet und nach seiner Höhenrichtung so geneigt, wie die Steinfugen in einem scheitrechten Bogen.

Die vorstehend mitgeteilten Konstruktionen sind alle von der Bedingung abgeleitet, dass ihre freie Länge das Mass von 10,0 m nicht überschreitet; von ihrer Tragfähigkeit aber wird es abhängen, wie viele solcher Träger notwendig sind, um die dazu gehörige Deckenkonstruktion sicher zu tragen.

Die Tragfähigkeit eines Balkens ist proportional der Breite und dem Quadrat der Höhe seines Querschnitts. Werden zwei oder drei Balken ohne gegenseitige Verbindung über einander gelegt, so ist ihre Tragfähigkeit das zwei- oder dreifache von der jedes einzelnen Balkens. Besteht ein Träger aus zwei solchen über einanderliegenden Balken, so wird bei der Beanspruchung auf Biegung ein Verschieben der Enden des oberen Holzes gegen die des unteren an der gemeinschaftlichen Berührungsfläche beider Hölzer in der Richtung von der Balkenmitte gegen das Auflager hin und eine Verschiebung der Enden des unteren Holzes gegen die des oberen in der entgegengesetzten Richtung aus den früher angegebenen Gründen stattfinden. Kann diese Bewegung vollständig aufgehoben werden, so wirken beide Hölzer wie ein einziger Balken, dessen Höhe gleich jener der Balkenverbindung ist und dessen Tragfähigkeit das vierfache und bei drei mit einander verbundenen gleich hohen Balken das neunfache der Tragfähigkeit eines einzelnen Balkens der Verbindung ist.

Das Verschieben der Balken in der Berührungsfläche, welche als neutrale Faserschicht der ganzen Balkenverbindung anzusehen ist, kann durch die Verzahnung oder Verdübelung aufgehoben werden, welche an der Berührungsfläche der zu verbindenden Balken im Verein mit einer guten Verbolzung hergestellt wird. Die Abmessungen der Zähne und Dübel haben dabei so zu erfolgen, dass sie die in der neutralen Schicht unter der betreffenden Belastung vorhandenen horizontalen Schubkräfte durch ihren Abscherungswiderstand an jeder Stelle aufzunehmen vermögen und ergiebt sich aus der Richtung dieser Schubkräfte zugleich auch die Richtung der Zähne, welche gegen die Balkenmitte ansteigende Lagerflächen und dazu senkrechte Stossflächen nach Fig. 115 haben müssen. Die Berechnung der Zähne und Dübel auf Druck und Abscheerung soll hier nicht gemacht werden, weil die Verbindung der Einzelbalken durch Zähne und Dübel nie so exakt und vollständig hergestellt werden kann, dass der Angriff gegen einen einzelnen Zahn oder Dübel den theoretisch zu berechnenden wirklich entspräche; es erscheint vollständig genügend, die Dimensionen der Praxis zu entnehmen. Den obigen Angaben fügen wir noch hinzu, dass vielfach beim verzahnten Balken die Zahnhöhe $\alpha = \frac{1}{10} h$, die Zahnlänge $\lambda = h$ gemacht wird, wenn h die Höhe des ganzen verzahnten Balkens bezeichnet. In der Balkenmitte, wo das Moment der biegenden Kräfte am grössten ist, braucht kein Zahn angebracht zu werden und sollte auch kein Bolzen vorhanden sein, da dort keine horizontalen Schubkräfte vorhanden sind, ein angebrachter Bolzen aber eine Verschwächung des Querschnitts an der gefährlichsten Stelle verursachen würde.

Besteht ein verzahnter Balken der Länge nach aus mehreren Stücken, so sollen die Stösse wechseln und müssen dabei die Hölzer im gezogenen Teil des Balkens eine gute Längsverbindung erhalten, während die oberen gedrückten Einzelbalken stumpf gestossen werden können.

Bei verdübelten Balken wählt man vielfach folgende Dimensionirung: Dübelhöhe $\delta = \frac{1}{6} h$, Dübelbreite $\beta = \frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4} h$, Entfernung der Dübel $\lambda = 2\,h$ bis $3\,h$ bei den in Fig. 117 (S. 114) angegebenen Dübelformen; $\delta = 0{,}1\,h$, $\beta = h$ und $\lambda = 2\,h$ bei den in Fig. 116 verwendeten Dübeln; unter h immer die ganze Trägerhöhe verstanden.

Die Tragfähigkeit des verzahnten oder verdübelten Trägers gemessen nach

seinem Widerstandsmoment liegt zwischen den Grenzen der Tragfähigkeit der einfach aufeinander gelegten Balken und derjenigen eines ganzen Balkens von gleichen Abmessungen, also zwischen den Werten

$$n \cdot \frac{b\,h_1^2}{6} \cdot k \text{ und } \frac{b \cdot n^2 h_1^2}{6} \cdot k .$$

Je vollkommener die Verbindung gearbeitet ist, desto mehr wird sich die effektive Tragfähigkeit des künstlich verstärkten Balkens dem zweiten Werte nähern. Gewöhnlich setzt man die Tragfähigkeit des verzahnten oder verdübelten Balkens gleich $^3/_4$ der Tragfähigkeit eines ganzen Balkens; es ist somit

$$W \cdot p = \frac{3}{4} \cdot \frac{b\,h^2}{6} \cdot p = M \max ,$$

woraus sich die Trägerhöhe ergiebt zu

$$h = 2{,}237 \sqrt[3]{\frac{M \max}{p}} .$$

Die Höhe der Einzelbalken ergiebt sich daraus für den verzahnten Balken $h_1 = \frac{h + \delta}{2}$; für den verdübelten Balken wird

$$h_1 = \frac{h}{2} .$$

Die Verdübelung verdient also auch insofern vor der Verzahnung den Vorzug, weil bei ihr nicht, wie beim verzahnten Balken, $\frac{1}{10}$ der gesamten Trägerhöhe für die Tragkraft verloren geht.

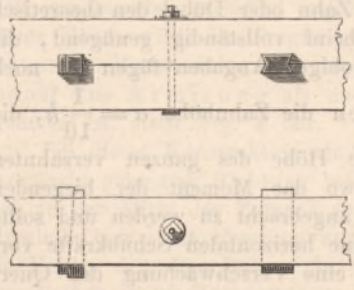


Fig 117.

Werden die Anforderungen an einen Träger bedeutend grössere, wie dies z. B. im Rathaussaale von Amsterdam der Fall war, wo die freie Länge des Trägers nach Fig. 6 Taf. XII das Mass von 14,35 m erreichte, so müssen selbstverständlich auch grössere konstruktive Anstrengungen gemacht werden und teilen wir hier diesen Träger sowohl in seiner Seiten- und Oberansicht, als auch im Querschnitte nach der Linie $l\,m$ mit. Dieser Tragbalken besteht, wie dies im Querschnitte deutlich ersichtlich ist, aus vier Trägern, deren jeder wieder aus zwei bezw. drei mit dem Schwalbenschwanz verbundenen Hölzern gebildet ist. Diese vier Träger sind vereinigt und zusammengehalten durch zwei Reihen vertikaler und zwei Reihen horizontaler Bolzen; ihre vertikale Zusammenfügung ist ausserdem durch Verzahnungen erwirkt, welche den Fugenschnitt eines aus Hausteinen hergestellten scheitrechten Bogens nachahmen. Die Schwalbenschwänze sind bei den vier Trägern symmetrisch derartig verteilt, dass jedes der beiden Holzstücke, woraus der Hauptträger besteht, aus einem Holze gebildet ist, dessen Länge die Hälfte der Deckenweite ist und aus drei andern, deren Länge nur ein Drittel beträgt.

Die vier mit einander durch Verzahnung und Verbolzung auf sinnreiche Art verbundenen Träger umschliessen vier innere Balken, deren Querschnitt im

Schnitte $l\,m$ deutlich ersichtlich ist, und von welchen zwei strebenartig in der Mitte der Trägerlänge zusammenstossen, die andern beiden von den Fussenden des Trägers ausgehen und auf ein Viertel der Trägerlänge in denselben eingreifen. Die oben erwähnten in Mitte des Balkens eingebetteten vier Streben sind in beiden Projektionen einpunktirt dargestellt. In Wirklichkeit sind an diesem Hauptträger noch Tragbalken angebracht, welche dazu bestimmt sind, die eigentlichen Deckenbalken auf sich aufzunehmen.

Das Unbeholfene und der grosse Aufwand an Holz eines so konstruirten Trägers haben schon frühzeitig das Streben erweckt, Träger nach dem System eines Hängewerkes zu konstruiren und stellt Fig. 7 einen solchen dar, wie ihn Emy in seinem so wertvollen, wenn auch veralteten Werke mitgeteilt hat; in Fig. 7 ist die Seiten- und Oberansicht des Trägers dargestellt, während die Querschnitte in den Linien $o\,p$ und $q\,r$ genommen sind.

Die Konstruktion besteht aus einem 9,5 m langen Zugbalken a, der an seinen beiden Kopfenden von je zwei Zangenhölzern $b\,b$ umfasst wird und mit diesen durch Verbolzung und Verschränkung aufs innigste verbunden ist; ein zweiter höher liegender Zugbalken mit $c\,c$ bezeichnet, der aus mehreren Stücken zusammengesetzt sein kann, bildet einen sogenannten Ueberzug (Rahmholz); diese beiden Konstruktionshölzer, der untere Zugbalken mit seinen Zangen und das oberhalb angeordnete Ueberzugsholz sind nun in gleichen Abständen mit einer Anzahl vertikaler Stiele $d\,d\,d$ mit einander verbunden, die seitlich von den Fussenden der Zangenhölzer aus, von einer gegen die Mitte aufsteigenden Strebe $e\,e$ teilweise umfasst werden; in der Mitte des Trägers befindet sich, diesen umfassend, eine doppelte Hängesäule f, in welche die Kopfenden der Streben eingreifen; ähnliche Doppelhölzer schliessen den Träger an beiden Enden ab und dienen kurze Strebhölzer $g\,g\,g$ dazu, die Konstruktion noch mehr zu versteifen.

Sämtliche Verbindungen, wie die Zapfen, Schwalbenschwanz-Verblattungen, Versatzungen etc. sind durch Verbolzungen der vielfachsten Art, wie solche aus der Darstellung hinreichend ersichtlich sind, aufs sicherste und innigste mit einander verknüpft.

Bei der Besprechung der künstlich konstruirten Träger kann das sogenannte Laves'sche System nicht unerwähnt bleiben; es bezweckt Holzersparnis und gehört zu den einfachsten Zimmerkonstruktionen. Fig. 9 stellt einen Laves'schen Träger über einer freien Weite von 10,00 m dar, der mit seinen Enden auf Schwellhölzern ruht. Bei dieser Konstruktion wird ein vorhandener Balken mit gegebenem Querschnitt in zwei Hälften a und b seiner Höhe nach auf die Strecke von d nach c durchsägt; die beiden Hälften werden dann durch Keile auseinander getrieben. In der Mitte der Länge wird ein kurzes Spreizholz zwischen a und b gebracht, so dass ein Zwischenraum gleich der $1\,^1/_2$fachen Dicke des ursprünglichen Balkens entsteht. Die Spreizen g und h werden in der Mitte der halben Länge des Sägeschnitts eingebracht und ergiebt sich deren Höhe durch ein Parabel- oder Kreissegment, dessen Spannweite in $d\,e$ und dessen Stichhöhe in $^1/_2\,f$ gegeben ist. An jedem Ende des Sägeschnitts wird ein Bolzen angebracht, um das weitere Spalten des Holzes zu verhindern; besser ist es jedoch, die beiden Enden der Balken durch Umlegen von eisernen Bändern gegen das Aufschlitzen zu sichern.

Laves gab unter Berücksichtigung der neutralen Axe dem oberen Balkenteil a etwas mehr Stärke als dem unteren b; im wesentlichen stützt sich diese Konstruktion auf die Grundsätze, nach welchen Träger von gleichem Widerstande wirksam sind.

Wie die Laves'schen Träger, werden auch die noch zu betrachtenden Sprengbalken als Träger gleicher Festigkeit konstruirt, d. h. als Träger, deren Gurtquerschnitte überall gleich stark, die oberen auf Druck, die unteren auf Zug beansprucht werden. Da die Biegungsmomente vom Auflager gegen die Trägermitte zunehmen, so muss bei konstantem Querschnitt der Gurten auch die Trägerhöhe gegen die Mitte hin anwachsen, d. h. die Entfernung der Gurtungsquerschnitte sich vergrössern. Für eine annähernde Berechnung des Trägers kann angenommen werden, die konstanten Widerstände S und S_1 der Gurten seien in den Schwerpunkten der bezüglichen Querschnitte f und f_1 konzentrirt und bei der geringen Sprengung der Balken die Faserspannungen senkrecht zu den vertikalen Querschnitten (Fig. 118). Alsdann erhält man für einen beliebigen Querschnitt in der Entfernung x vom Auflager, für welchen M das Biegungsmoment und y die Entfernung der Schwerpunkte der Gurten bezeichnet

$$M = y \,.\, S = y \,.\, S_1$$

für die Trägermitte, wo $M \max = M_0$ und $y \max = h$, wird

$$M_0 = h \,.\, S = h \,.\, S_1 \,.$$

Bezeichnet man die zulässige Spannung auf Zug und Druck mit s und p, so kann gesetzt werden:

$$S = s \,.\, f$$
$$S_1 = p \,.\, f_1 \,,$$

somit

$$M = s f \,.\, y = p f_1 \,.\, y$$
$$M_0 = s f \,.\, h = p f_1 \,.\, h \,,$$

hieraus ergiebt sich

$$\frac{y}{h} = \frac{M}{M_0} \,,$$

d. h. die Ordinaten der Kurve, welche die Trägerform darstellt, verhalten sich wie die entsprechenden Biegungsmomente. Bei gleichmässiger Belastung erhält man als Momentenlinie eine Parabel, in diesem Fall ist auch die gekrümmte Gurtung in einer Parabel gelegen, deren Axe eine Vertikale durch die Trägermitte ist und deren Pfeilhöhe $y \max = h$ ist. Hat der Träger nur eine gekrümmte Gurtung mit der Maximalordinate h, so heisst er Sprengbalken (Fig. 118), besteht er aus zwei Parabeln von der Pfeilhöhe $\frac{h}{2}$, so entsteht der Lavessche Balken (Fig. 119).

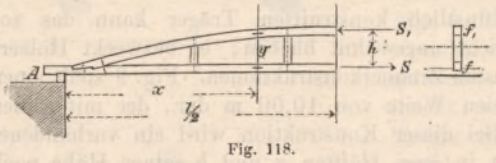


Fig. 118.

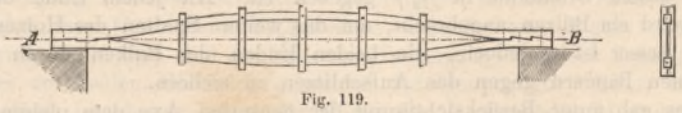


Fig. 119.

Bei gleichmässiger Belastung mit $q\,l = P$ erhält man für die Mitte des Trägers

$$M_0 = \frac{q\,l^2}{8}$$

somit besteht zwischen den Querschnittsflächen f und f_1 und der Belastung die Beziehung

$$\frac{q\,l^2}{8} = h\,.\,f\,.\,s = h\,.\,f_1\,.\,p$$

oder

$$P = q\,l = \frac{8\,f\,.\,s\,.\,h}{l} = \frac{8\,f_1\,.\,p\,.\,h}{l}\,.$$

Laves konstruirte die Träger so, dass die Beanspruchung der Gurtungen auf Zug und Druck gleich gross erfolgte; in diesem Fall muss, da $p = \frac{3}{4}\,s$ für Holz gesetzt werden kann,

$$s\,.\,f = \frac{3}{4}\,s\,.\,f_1\,, \text{ oder } f_1 = \frac{4}{3}\,f$$

sein, d. h. der Querschnitt des gedrückten Gurts ist $^4/_3$ mal so gross, wie derjenige des gezogenen anzunehmen. In diesem Falle liegt die neutrale Axe des Trägers nicht mehr in der halben Trägerhöhe, sondern näher an dem gedrückten Querschnitt; denn bezeichnen a_s und a_p die Entfernungen dieser Axe von dem Schwerpunkt der gezogenen bezw. gedrückten Gurtung, so muss

$$M = \frac{s}{a_s}\,t = \frac{p}{a_p}\,t,$$

oder

$$\frac{s}{a_s} = \frac{\frac{3}{4}\,s}{a_p},$$

somit

$$\frac{a_s}{a_p} = \frac{4}{3} \text{ sein.}$$

Den Querschnitt des dem Auflager zunächst liegenden Trägerteils berechnet man nicht aus der obigen Biegungsgleichung, welche hiefür Null ergeben würde, sondern aus dem Widerstand, welchen derselbe gegen Abscheren zu leisten hat.

Sind die Spannweiten, welche durch Laves'sche Träger überdeckt werden sollen, so gross, dass die Träger aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden müssen, so entstehen Schwierigkeiten, welche nur durch die allersorgsamsten Vorsichtsmassregeln überwunden werden können.

Andererseits ist die linsenförmige Balkenform der Konstruktion unserer Balkendecken nicht günstig, besonders dann nicht, wenn eine beiderseitige Raumausgleichung nach unten und nach oben für Decke und Fussboden notdig erscheint.

Aus diesen Gründen hat man es wohl vorgezogen, einen horizontal liegenden Balken dadurch tragfähiger zu machen, indem man über ihn weg einen gekrümmten Balken in Bogenform sprengte, wie dies auf Tafel XIII, Fig. 1 geschehen ist; wir werden auf diese Konstruktion später zurückkommen.

In neuester Zeit wird man mit vielem Vorteil sich auch in einzelnen Fällen des Hochbaues der sogenannten Fachwerksträger bedienen können, wie ein solcher in zwei Variationen in Fig. 8 Tafel XII dargestellt ist; dieselben lassen sich aus verhältnismässig sehr schwachen Hölzern herstellen. Die doppelten Gurtungshölzer nehmen vertikale Stiele, welche durch Andreaskreuze mit einander verstrebt sind, in sich auf, und werden dann fest zusammen verbolzt;

die vertikalen Stiele lassen sich jedoch auch durch vertikal eingezogene und verbolzte Eisenstäbe ersetzen, wie dies die beigegebene Zeichnung klar macht. Ihre Hauptanwendung finden die Fachwerks- und Gitterträger und zwar oft in grossartigem Massstabe in der Baukonstruktion für Ingenieure, auf die hier verwiesen wird *).

Die Beanspruchung der Gurtungen und Gitterstäbe des Fachwerks lässt sich graphisch und rechnerisch mit einer für die Praxis hinreichenden Genauigkeit bestimmen, wenn man nach ersterer Methode in den einzelnen Knotenpunkten die daselbst vorhandenen äusseren und inneren Kräfte (Stabspannungen) ins Gleichgewicht setzt, d. h. über jenen Kräften ein sich schliessendes Kräftepolygon zeichnet. Auf diese Weise kann unter n von einem Knotenpunkt auslaufenden Stäben die Spannung zweier derselben bestimmt werden, wenn die auf den Knotenpunkt wirkende äussere Kraft und die Inanspruchnahme der anderen $n - 2$ Stäbe bekannt ist. Auf rechnerischem Weg findet man die Stabspannungen durch die Rittersche Methode der statischen Momente: Man denkt sich das Fachwerk durch einen beliebigen Schnitt, welcher nicht mehr als 3 Stangen trifft, deren Spannungen unbekannt sind, in 2 Teile zerlegt, und an den Schnittstellen die Spannungen der betreffenden durchschnittenen Stangen angebracht; stellt dann für einen der beiden Teile die Momentengleichung auf und zwar wählt man zur Bestimmung der Spannung der einen Stange den Durchschnittspunkt der beiden andern als Momentenpunkt. Sämtliche Stabspannungen werden als Zugspannungen aufgefasst, so dass positiv sich ergebende Spannungen wirkliche Zugspannungen, negative dagegen als Druckspannungen zu betrachten sind.

Denkt man sich zunächst den ganzen Träger belastet und betrachtet ihn als einen festen elastischen Balken, so ergiebt sich sofort, dass die obere Gurtung immer gedrückt, die untere gezogen wird. Die Beanspruchung der Diagonalen ist verschieden, je nach der Neigung der Gitterstäbe. Das in Fig. 122 gegebene System Howe hat gegen die Trägermitte steigende Streben; auf ein beliebig durch eine Schnittebene $\alpha\,\beta$ (Fig. 120) abgetrenntes Stück wirkt eine aufwärts gerichtete Vertikalkraft, die Strebe wird folglich gedrückt. Bei dem System Mohnié mit fallenden Streben (Fig. 121) da-

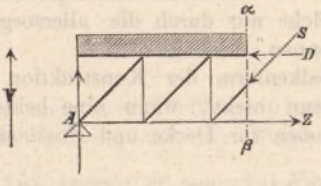


Fig. 120.

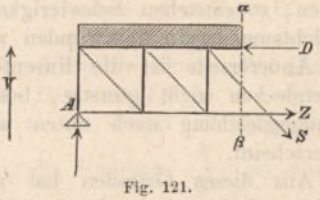


Fig. 121.

gegen ist das Umgekehrte der Fall, die Diagonalen werden gezogen. Eine Untersuchung der Vertikalstäbe führt zur Erkenntnis, dass dieselben im erstgenannten System gezogen, im letzteren gedrückt werden. In den Konstruktionsplänen werden gezogene Stäbe mit feinen, gedrückte Teile mit stärkeren Linien angedeutet. Von Einfluss auf die Grösse der Inanspruchnahme der Gurten und Stäbe des Fachwerks ist die Art und Weise, wie die Last angebracht ist, d. h. ob sie an Punkten der oberen oder unteren Gurtung wirkt, ferner die

*) Frauenholz, Becker etc.

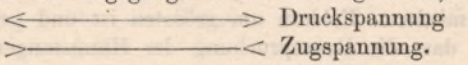
Art und Weise der Lastverteilung. Sind die Knotenpunkte allein belastet, so werden, eine charnierartige Verbindung der einzelnen Teile vorausgesetzt, die Fachwerksgurtungen nur gezogen oder gedrückt; ist eine Last auch zwischen den Knotenpunkten aufgelegt, so wird dieselbe durch die Festigkeit der Gurtung auf die Knotenpunkte übertragen, es erleidet dabei aber die Gurtung eine Beanspruchung auf Biegung neben jener auf Zug oder Druck. Die hierdurch hervorgerufenen Biegungsspannungen sind meist gering gegen die direkt aufzunehmenden Zug- und Druckbeanspruchungen und werden bei den Holzkonstruktionen wegen des hiebei anzuwendenden hohen Sicherheitsgrads gewöhnlich vernachlässigt.

Bei der graphischen Ermittelung der Spannungen in den Konstruktionsteilen eines Fachwerks geht man am besten von der Auflagerreaktion aus, die auf bekannte Weise aus der Belastung gefunden werden kann und beobachtet bezüglich der Zerlegung und Zusammensetzung der Kräfte folgende Regeln:

1. Ist eine äussere Kraft (wozu auch die Auflagerreaktionen zu rechnen sind) in innere Kräfte zu zerlegen, so mache man sie zur Schlusslinie des Kräftezugs, ohne vorher ihre Richtung umzukehren, da die inneren Kräfte als den äusseren Kräften entgegengesetzt wirkend angenommen werden.

2. Ist dagegen eine innere Kraft oder Kraftresultante wieder in innere, also gleichartige Kräfte zu zerlegen, so muss zuvor der Richtungspfeil der ersteren Kraft umgekehrt werden, damit sie zur Schlusslinie des Kräftezugs wird.

3. Um zu entscheiden, ob in einem Fachwerkstab Zug oder Druck herrscht, überträgt man die Pfeilrichtungen der Kräfte, wie sie sich aus dem Kräfteplan ergeben, so auf die zugehörigen Konstruktionsteile, dass sie dem Knotenpunkt, von welchem die Zerlegung ausgeht, zunächst liegen und setzt am anderen Ende des Stabes einen Pfeil in entgegengesetzter Richtung hinzu, dann bedeutet



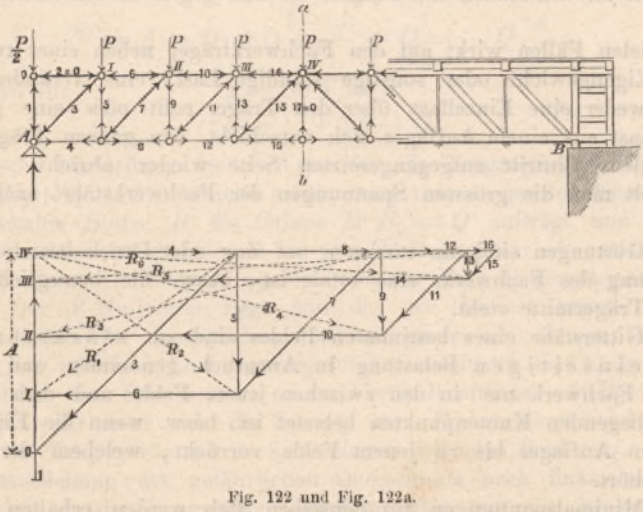


Fig. 122 und Fig. 122a.

In Fig. 122 ist die graphische Bestimmung der Stabspannungen eines einfachen Howeschen Fachwerks dargestellt, wobei die oberen Knotenpunkte

als belastet angenommen sind. Die Belastung jedes Feldes betrage P, dann ist $8\,P$ die gesamte Belastung der vorliegenden Träger, welche sich so verteilt, dass auf die mittleren Knotenpunkte je P und auf die beiden Endständer je $\frac{P}{2}$ entfällt. Der Vertikalständer 1. führt den Druck $\frac{P}{2}$ direkt auf den Auflagerpunkt A über. Die hier vorhandene Auflagerreaktion ist also

$$A\,(=B) = 4\,P - \frac{P}{2} = \frac{7}{2}\,P$$

und im Kräfteplan (Fig. 122a) als $0\,IV$ aufgetragen. Da im Knotenpunkt 0 nur ein vertikaler Druck vorhanden ist, so ergiebt sich sofort für das Gurtungsstück 2 die Spannung Null; im Auflagerpunkt A ist die dort vorhandene Reaktion des Widerlagers zu zerlegen in die Stabspannungen 3 und 4, wovon erstere Druck-, letztere Zugspannung ist. Im Knotenpunkt I erhält man sodann aus 3 und P die Resultante R_1 und durch deren Zerlegung nach horizontaler und vertikaler Richtung die Komponenten 5 und 6 wirkend in den gleichbezeichneten Gitterstäben. Die Zugspannung 5 vereinigt man in dem unbelasteten Knotenpunkt des ersten Vertikalstabs mit der Spannung 4 zur Resultirenden R_2, aus welcher die Stabspannungen 7 und 8 erhalten werden. Im Knotenpunkt II geben die Kräfte 6, 7 und P die Resultante R_3, aus welcher die Stabspannungen 9 und 10 hervorgehen, u. s. w. Setzt man in dieser Weise die Zerlegung der Kräfte fort bis zum mittleren Knoten IV, so erhält man die Spannungen aller Stäbe links der Mittellinie $a\,b$, zu welchen die Spannungen der rechten Hälfte symmetrisch sind. Die Anspruchnahme des mittleren Hängeisens ist Null, weil die Knotenpunktsbelastung P von den beiden in IV zusammenstossenden Streben direkt aufgenommen wird. Die graphische Darstellung der Spannungen in den Konstruktionsteilen des Fachwerks lässt ersehen, dass der Druck in der oberen sowie der Zug in der unteren Gurtung in den mittleren Feldern am grössten ist und gegen die Auflager hin abnimmt, sowie dass die Beanspruchung der Hängstangen und Hauptstreben am grössten an den Enden des Trägers ist und gegen die Mitte hin allmählich abnimmt.

In vielen Fällen wirkt auf den Fachwerkträger neben einer ruhenden Belastung (Eigengewicht oder sonstige ständige Last) eine veränderliche Last, indem entweder eine Einzellast über den Träger rollt oder eine gleichmässig verteilte Last aus einem Auflager sich vorschiebt, den ganzen Träger füllt und auf der dem Eintritt entgegengesetzten Seite wieder abzieht. In diesem Falle erhält man die grössten Spannungen der Fachwerkstäbe nach folgenden Sätzen:

Die Gurtungen sind am stärksten auf Zug oder Druck beansprucht, wenn die Belastung des Fachwerks eine totale ist, bezw. die bewegliche Einzellast über der Trägermitte steht.

Die Gitterstäbe eines bestimmten Feldes sind am stärksten bei einer gewissen einseitigen Belastung in Anspruch genommen und zwar dann, wenn das Fachwerk nur in den zwischen jenem Felde und dem entfernteren Auflager liegenden Knotenpunkten belastet ist, bezw. wenn die Einzellast vom entfernteren Auflager bis zu jenem Felde vorrückt, welchem der betrachtete Stab angehört.

Die Minimalspannungen für denselben Stab werden erhalten, wenn die oben genannten Knotenpunkte unbelastet, die übrigen aber belastet sind, bezw. die bewegliche Einzellast vom näheren Widerlager kommend bis zum betreffen-

den Trägerfeld vorgerückt ist. Die Untersuchung führt man am besten gesondert für die ständige und für die bewegliche Last durch, dann erhält man für jeden Fachwerksstab die Gesamtanspruchnahme, wenn jene Einzelbeanspruchungen addirt werden. Hiebei tritt, namentlich wenn die ruhende Last nicht sehr beträchtlich gegen die mobile ist, in gewissen Feldern des Trägers der Fall ein, dass die Minimalspannungen gezogener Stäbe negativ, gedrückter Stäbe positiv werden, in den betreffenden Stäben also ein Spannungswechsel stattfindet. Sind nun, wie dies bei Holzfachwerken der Fall ist, die Streben so konstruirt, dass sie nur eine Druck-, dagegen keine Zugspannung aufnehmen können, so müssen in den betreffenden Feldern Gegenstreben angeordnet werden. Dieselben sind zwischen jenen Querschnitten des Trägers notwendig, wo die Vertikalkräfte ihre Vorzeichen ändern, wenn einmal die bewegliche Last von der einen, das andere Mal von der entgegengesetzten Seite kommt, also innerhalb der Grenzen der 0-Punkte der Vertikalkräfte, welche sich mit Hülfe der Vertikalkraftslinien leicht bestimmen lassen.

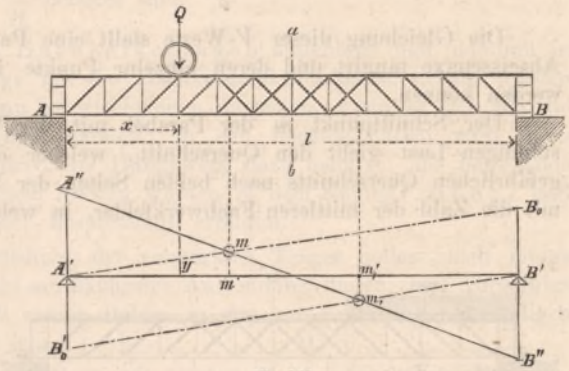


Fig 123.

Wir betrachten das (Howe-) Fachwerk (Fig. 123) als einen festen Träger, der durch eine gleichmässig verteilte Last beansprucht ist; die zugehörige Linie der Vertikalkräfte sei $A''B''$. Bewegt sich von A aus eine Last Q über den Träger, so erhält man die von dieser Last in einem beliebigen Querschnitt in der Entfernung x von A hervorgerufene Vertikalkraft in dem Momente, wo Q über jenem Querschnitte steht, zu

$$V = A - Q = Q\frac{l-x}{l} - Q = -Q\frac{x}{l}.$$

Es wird für $x = 0 : V = 0$

$x = l : V = -Q.$

Die graphische Darstellung der V-Werte für alle Trägerquerschnitte giebt eine Gerade $A'B_0$ (Fig. 123), die man erhält, wenn man an der dem Eintritt der Last entgegengesetzten Stütze B' die Grösse $B'B_0 = Q$ aufträgt und B_0 mit A' verbindet. In dem beliebigen um x vom Auflagerpunkt A entfernten Querschnitt giebt dann die Ordinate y die von der Last Q herrührende Vertikalkraft an. Der V-Nullpunkt liegt nun da, wo die als negativ anzusehenden Vertikalkräfte der beweglichen Last so gross wie die an der gleichen Stelle von der ständigen Last hervorgerufenen positiven sind, also im Querschnitt, welcher dem Schnittpunkt m der Vertikalkraftlinien $A'B_0$ und $A''B''$ entspricht. Denkt man sich die Last Q über B hereinkommend, so erhält man einen zur Trägermitte mit m symmetrisch liegenden Punkt m_1, welcher die grösste Ausweichung des gefährlichen Querschnitts nach links angiebt. Ein Zeichenwechsel in den Spannungen der Gitterstäbe tritt also in jenen Feldern ein, welche zwischen den Querschnitten m' und m_1' liegen. In diesen Feldern sind Gegenstreben anzubringen.

Ist die über den Träger sich bewegende Last gleichmässig verteilt, Fig. 124, und bis zu einem Querschnitt vorgerückt, der um x von A absteht, so ist die derselben entsprechende Vertikalkraft

$$V = A - qx = qx\frac{2l - x}{x} - qx$$

$$= -\frac{qx^2}{2l}.$$

Für $x = 0$ wird $V = 0$

$x = l$ wird $V = \frac{ql}{2}$.

Die Gleichung dieser V-Werte stellt eine Parabel dar, welche in A' die Abscissenaxe tangirt und deren einzelne Punkte in bekannter Weise erhalten werden können.

Der Schnittpunkt m der Parabel mit der Vertikalkraftslinie $A''B''$ der ständigen Last giebt den Querschnitt, welcher die grösste Ausweichung des gefährlichen Querschnitts nach beiden Seiten der Mitte ab bezeichnet und damit die Zahl der mittleren Fachwerkfelder, in welchen Gegenstreben angeordnet werden müssen. Obwohl die in den Figg. 123 und 124 angegebenen Streben vollständig für die Festigkeit des Fachwerkträgers genügen würden, so werden doch gewöhnlich aus konstruktiven Gründen (um die Füsse der Streben gegen Verschieben zu sichern) in allen Feldern Gegenstreben angeordnet.

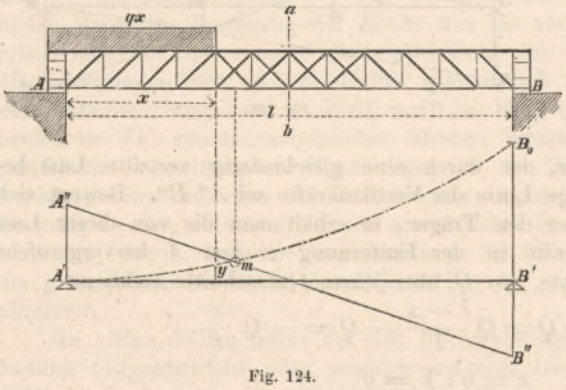


Fig. 124.

Verhältnismässig noch kleinere Holzstärken als bei den einfachen Fachwerkträgern lassen sich bei den mehrfachen oder zusammengesetzten Trägersystemen (Fig. 125) anwenden. Dieselben entstehen, wenn in ein ursprüngliches Hauptsystem zwei oder mehrere Systeme so eingeschoben werden, dass die Gitterstäbe der

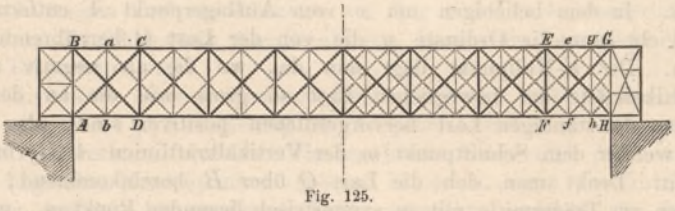


Fig. 125.

letzteren diejenigen des Hauptsystems in gleichen Entfernungen durchkreuzen. Je nachdem ein Stab des ursprünglichen Trägersystems in 2, 3 ... n Teile durch die Zwischenstäbe geteilt wird, hat man es mit einem 2, 3 ... $n$fachen Fachwerkträger zu thun. Fig. 125 stellt 2- und ein 3faches System dar. Die

zusammengesetzten Systeme werden in ihren Holzstärken oft nur in Bohlen hergestellt und gehen bei grösserer Engmaschigkeit in die Gitterträger über.

Die Berechnung solcher zusammengesetzter Träger geschieht am einfachsten dadurch, dass man den Träger in seine Einzelsysteme zerlegt, die Spannungen der Teile der letztern ermittelt und die Inanspruchnahmen sich deckender Teile summirt. Die Beanspruchung der Gitterstäbe lässt sich einfach auch dadurch bestimmen, dass man für das ursprüngliche Hauptsystem die Spannungen feststellt und die Spannungen der Glieder der Zwischensysteme nach einer stetigen Reihe zwischen jene einschaltet. Beträgt die Belastung eines Feldes des ursprünglichen Systems P, so kann man annehmen, dass die Knotenpunkte des n-fachen Systems mit je $\frac{P}{n}$ belastet sind.

Decken, welche den Dachbalkenlagen angehören und dadurch in unmittelbarem Zusammenhange mit der Dachkonstruktion selbst stehen, werden in ihrer Ausführung nur dann Schwierigkeiten darbieten, wenn es sich um die Anordnung sehr grosser Räume handelt; in den meisten Fällen wird dann das einfache, doppelte oder dreifache Hängewerk dazu benutzt, die betreffende Decke aufzuhängen. Dergleichen Decken werden in dem Kapitel „Häng- und Sprengwerke“ eine nähere Besprechung erfahren.

Zum Schluss der Besprechung der verstärkten Träger sollen noch einige Bolzenformen, wie sie wohl am häufigsten Anwendung finden, hier vorgeführt werden. Die Tafel XII stellt solche Bolzen in den zur Erklärung notwendigen Projektionen dar, und zwar ist:

Fig. 10 ein cylindrischer Bolzen mit rundem Kopf, an seinem Ende befindet sich ein Schlitz ausgeschnitten, um einen Splint in sich aufzunehmen.

Fig. 11 zeigt denselben Bolzen mit Splint und Scheibe, welch' letztere zwischen das Holz und den Splint gelegt wird, damit dieser sich nicht ins Holz eindrücken kann; der Splint soll hierbei stets als Keil wirken können, wie dies in den zwei Projektionen ersichtlich ist.

Fig. 12 ist ein cylindrischer Schraubenbolzen mit viereckigem Kopf; Fig. 14 ist derselbe Bolzen mit einer Mutter und Scheibe; der viereckig geformte Kopf ist dazu bestimmt, seiner ganzen Höhe nach ins Holz eingelassen zu werden.

Fig. 13 stellt einen cylindrischen Bolzen mit sechseckigem Scheibenkopf und sechseckiger Schraubenmutter dar. Diese Scheiben sind hier sowohl mit dem Kopfe, wie mit der Mutter verbunden, damit die Ecken des Sechsseits sich nicht in das Holz eindrücken. Durch breite und starke Scheiben werden die Flächen, durch welche der Druck auf das Holz ausgeübt wird, vergrössert, und kann man in solchen Fällen den Bolzenköpfen und den Muttern kleinere Durchmesser geben.

Fig. 15 ist ein Bolzen mit cylindrischem Kopf und kegelförmiger Mutter; derselbe findet Verwendung, um Eisenbeschläge, die in das Holz eingelassen sind und über dessen Oberfläche nicht vorstehen dürfen, zu befestigen; der Kopf und die Mutter werden versenkt.

Fig. 16 cylindrischer Bolzen mit konischem Kopf und einer runden eingekerbten Mutter.

Fig. 17 ist ein Bolzen, der im grössten Teil seines Schaftes cylindrisch und der nur in der Nähe seines flachrunden Kopfes quadratisch gemacht wird. Dieser Bolzen findet Anwendung, wenn dessen Kopf sich auf Eisenbeschläge

stützen soll, in welchen der Bolzenschaft dann ein viereckiges Loch findet und darin unverrückbar ist.

Fig. 18 stellt eine Verbolzung dar, die zugleich eine Art Verankerung bildet.

Praktische Ausführung der Balkenlagen.

Die Konstruktion eines Zwischengebälkes giebt die Tafel XI in Fig. 1 bei gegebenem Grundriss; in der Regel werden die Balken nach der Tiefe des Gebäudes angeordnet und sind nur mit ihren Köpfen (Auflagern) auf Mauerlatten aufgekämmt. In erster Linie sind sämtliche Streichbalken mit *a a a* ... bezeichnet in den Plan einzutragen, dann sämtliche Wechsel, mit *b b b* ... bezeichnet, für die Rauchableitungsröhren, sowie für die etwa vorhandenen Treppen. Zwischen sämtliche, durch bestehende Mauern oder notwendige Wechsel bedingte Balken sind schiesslich, am besten in gleichmässiger Entfernung, die andern Balken zu verteilen. Eine durchaus gleiche Verteilung der Balken ist keineswegs erforderlich; unter Umständen können Unterschiede von vielen Centimetern notwendig werden; lassen sich Auswechselungen vermeiden, so gewinnt dadurch die Balkenlage an Sicherheit.

Zur Solidität eines jeden Gebäudes trägt, wie schon erwähnt, eine nicht zu sparsam vorgenommene Verankerung besonders bei und ist es von Vorteil, den Gebäudeecken eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Bei der Verankerung der Giebelwände erscheint es zweckmässig, den sogenannten Ortbalken mit dem nächstliegenden durch eine starke Bohle und angeschnittenen Schwalbenschwanzblättern zu verbinden, wodurch auch die Befestigung der hier angeordneten Balkenanker solider hergestellt werden kann.

Zur weiteren Erklärung der hier vorgeführten Balkenlage dienen die Durchschnittsfiguren 2, 3 und 4.

In Fig. 5 und 6 sind die Etagen-Balkenlagen von unregelmässig gestalteten Grundrissen dargestellt; man befolgt bei solchen Balkenlagen als Hauptregel, dass die Balken rechtwinkelig auf die vordere Frontmauer zu liegen kommen, jedoch mit Ausnahme der Giebelbalken, welche mit der Giebelmauer parallel und unmittelbar daran gelegt werden. Bei tiefen Räumen, wie z. B. bei Sälen, weicht man wohl von dieser Regel wieder ab und legt die Balken den kürzeren Weg, wie dies in Fig. 6 geschehen ist. Uebrigens können bei den unendlichen Variationen, die bei der Gestaltung von Grundrissen möglich sind, Fälle vorkommen, die nach dem jedesmaligen Ermessen des Bauausführenden zu lösen sind, für die von vornherein bindende Regeln nicht gegeben werden können.

Auf Tafel XIII ist in den Figuren 1—4 eine Deckenkonstruktion dargestellt, ähnlich, wie eine solche von Leo v. Klenze in dem sogenannten Königsbau in München in dem Jahre 1840 aufgeführt wurde. Die im allgemeinen nicht schwierige Aufgabe einer reichen Plafondbildung erhielt durch die besonderen Lokalverhältnisse und dadurch eine erhöhte Bedeutung, dass die kostbare und aufs kunstreichste ausgestattete Kassettendecke oberhalb durch eine grössere Anzahl von Orangeriebäumen nebst verschiedenen anderen Gewächsen in Kübeln, belastet werden musste. Hierdurch ergab sich nicht nur eine ganz ausserordentliche Belastung, sondern auch eine oftmalige, wenn auch momentane Erschütterung durch das unvermeidliche Umstellen und den Transport dieser schwerfälligen, 300 bis 500 kg wiegenden Orangeriebäume. Die Breite des Saals beträgt 10,74 m im lichten, weshalb eine einfache Balkenlage, wenn auch von ausserordentlicher Höhe, den hier gestellten Anforderungen

auch dann nicht entsprochen haben würde, wenn auch unterhalb unterstützende Verspannungsvorrichtungen hätten angebracht werden können; hier erschien es daher geboten, den oberen stark belasteten und durch Stoss alterirten Fussboden von der reich mit Stuck und Malerei ausgestatteten Kassettendecke vollständig zu isoliren, und hierzu wurden mit bestem Erfolge die oben erwähnten sogenannten „Bogengesprenge“ verwendet.

Dieselben bestehen nach Tafel XIII aus einem Zugbalken *a* und einem gebogenen Tragbalken *b*, welcher an seinen Enden mittelst doppelter Versatzung in ersteren eingreift, und hier weiters durch Schraubenbolzen aufs innigste verbunden ist; drei zwischen beide Konstruktionshölzer eingesetzte und mit Eisenbändern in gesicherter Stellung erhaltene Spreizhölzer *c c c* geben dem oberen, bogenförmigen Balken seine unveränderliche tragende Form.

Diese Bogengesprenge wurden nun so nebeneinander gestellt, dass abwechselungsweise das eine niedriger, das andere höher zu stehen kam, so dass die erstern den Plafond zu tragen hatten, die anderen den oberen Fussboden. Die höher liegenden Bogengesprenge wurden dann durch aufgepasste Hölzer *e e e* horizontal abgeglichen, um dann zur Bildung eines sogenannten Fehlbodens *c' c' c'* (Fig. 9) und des oberen Fussbodens zu dienen; die unteren Bogengesprenge erhielten selbstverständlich keinerlei Auffutterung, sondern wurden da, wo es leicht geschehen konnte, durch einfache Verspannungen gegen allenfallsige seitliche Bewegungen gesichert, weil sie erst später durch die Konstruktionsteile der Kassettendecke ihre definitive Versicherung erhielten.

Sämtliche Sprengbalken kamen auf Bohlenstücke zu liegen, die wieder, wo es nötig schien, entweder auf trockenen Hausteinen oder auf gefirnisste Bleiplatten zu liegen kamen. Fig. 4 stellt die Art und Weise dar, wie der versatzte Bogensprengbalken mit dem Zugbalken noch weiters in seiner Verbindung durch ein umgelegtes Eisenband da gesichert wurde, wo zu befürchten war, dass durch grosse Hitze (durch Ueberheizung des Raumes) ein Schwinden des Holzes eintreten könne.

In dem Grundriss Fig. 3 sind nur die Plafondträger *a' a' a'*, nicht die Fussbodenträger eingezeichnet und haben dieselben ihre Anordnung unter Berücksichtigung der Kassetteneinteilung erhalten; diese Träger dienen mit ihren Tragbalken dazu, schwalbenschwanzförmige 1,5 cm tief eingelassene, aus Bohlen geschnittene Träger *f f f* ... in sich aufzunehmen; *g g g* ... sind Querlatten zur Befestigung der Stuckaturlatten.

Zuerst befestigt man die Träger *f f f* nicht der Länge der Balken nach, sondern senkrecht auf diese Richtung; hat eine Reihe solcher Träger ihre herabhängende Stellung, so werden die Schalbretter (*h* und *k*) darangenagelt; damit ein Schwinden dieser Schalung verhindert werde, macht man sie aus nur 15 cm breiten Brettstücken. Hierauf werden die Schalungslatten (*i* und *l*) in die Schalbretter eingelassen und mit schräg eingeschlagenen Nägeln so befestigt, dass sie sich bei den späteren Arbeiten nicht verrücken können. Diese Latten bilden den Grund für alle horizontalen Flächen, während die Schalbretter den für die vertikalen Flächen bilden.

Die Schallatten werden von 45 bis 45 cm Entfernung, oder um etwas enger oder weiter angebracht, und in dem Falle, als die Länge einer solchen Schalungslatte bis zu 2,0 oder 2,4 m nötig werden würde, müssen sie durch Kreuzverspannungen oder durch Unterziehen haltbar gemacht werden.

Ist die Zimmermannsarbeit vollendet und vollständig ausgetrocknet, so werden sämtliche von unten sichtbaren Flächen mit beiläufig 4 cm breiten und 1 cm dicken Stuckaturlatten bekleidet und dann sorgfältig berohrt.

Die hier mitgeteilte Konstruktion soll vor allen Dingen ein Bild davon geben, mit welchen Faktoren man in früherer Zeit zu rechnen hatte, um die schon im Altertum so beliebte Kassettendecke zur Ausführung zu bringen. Sehr beliebt waren solche Decken auch in der Renaissancezeit und wurden dieselben oft mit den reichsten Stuckatur-Arbeiten und Malereien ausgestattet; eine besondere Berühmtheit hat der Architekt Sebastian Serlio in bezug auf Deckenkonstruktionen sich erworben; in dem I. Buche seiner D'Architectura giebt er ein sehr einfaches Mittel an, Decken aus kurzen Balken, die nicht von einer Mauer zur anderen reichen, zu verfertigen, indem er sie abwechselnd auf der Mauer und in der Mitte jedes Stückes ruhen lässt; durch dieses Mittel lassen sich die verschiedensten Deckenfelder gewinnen, die besonders in grossen Sälen eine effektreiche Wirkung machen. Rondelet teilt eine solche Deckenkonstruktion in seinem bekannten Werke mit*), während Serlio uns verschiedene Zeichnungen von sehr reichen Felderdecken hinterlassen hat, unter welchen sich besonders die des Plafonds in der prächtigen Loge zu Fontainebleau auszeichnet, welche in den Zeiten des Königs Franz I. unter den Augen jenes geschickten Architekten ausgeführt worden ist. Dieser Plafond, welcher mit Recht für eines der schönsten Werke dieser Art gehalten wird, existirt noch im vollkommensten Zustande **).

IV. Von den Dächern.

Allgemeines.

Unter Dach versteht man im allgemeinen die oberste, mehr oder weniger durch geneigte Flächen gebildete Begrenzung unserer Gebäude, welche dazu dient, das Dachdeckungsmaterial aufzunehmen und dem Gebäude Schutz gegen die Witterung zu bieten. Als wesentlich verschiedene Bestandteile hat man hierbei zu unterscheiden, die äussere Dachfläche mit ihrem Deckungsmaterial und das darunter sich befindliche Dachgerüste.

Die Form der Dächer ist eine äusserst verschiedene, teils bestimmt durch die Form des Grundrisses und durch das zur Disposition stehende Deckmaterial, teils durch Rücksichten auf den betreffenden Baustil; mehr oder weniger spielt aber auch die Willkür, ja selbst die Mode hierbei eine grosse Rolle.

Eine der wesentlichsten Abmessungen der Dächer, ihre Höhe im Verhältnis zur Tiefe hat zu verschiedenen Benennungen Anlass gegeben: beim altgotischen Dache (Fig. 126, S. 127) ist die Höhe grösser als die Tiefe des ganzen Gebäudes; das altdeutsche Dach (Fig. 127, S. 127) besitzt dieselbe Höhe als das Gebäude tief ist; beim altfränkischen Dach (Fig. 128, S. 127) ist die Tiefe des Gebäudes gleich der Sparrenlänge. Alle diese Dächer entstanden zu jenen Zeiten, wo vorherrschend das Ziegeldach sich geltend machte; der Gedanke, das atmosphärische Wasser so schnell wie möglich abzuleiten, hatte die Anwendung der gegenwärtig immer mehr verschwundenen Hohlsteine (Haken und Preis) zur folge. Das neudeutsche Dach oder das Winkel-

*) Rondelet, l'art de bâtir Pl. 88 pag. 63.

**) Regote generali di architectura di Sebastiano Serlio, Bolognese: Libro quarto pag. 71, 72. Venecia 1562.

dach (Fig. 129) hat die halbe Tiefe des Gebäudes zur Höhe; es ist dies die am häufigsten verwendete Form bei der Ziegelbedeckung; bei vorzüglich gut gebranntem oder glasirtem Material, ebenso bei Anwendung von Falzziegeln wählt man wohl für die Höhe das Mass zu $^1/_3$ der Tiefe als Minimum, oder man nimmt die mittlere Höhe zwischen einem Winkeldach und dieser letzteren Dimension (Fig. 130). Flache (italienische) Dächer, bei welchen

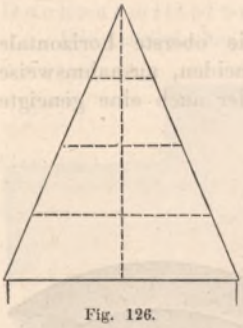


Fig. 126.

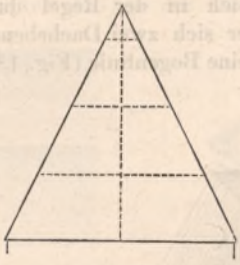


Fig. 127.

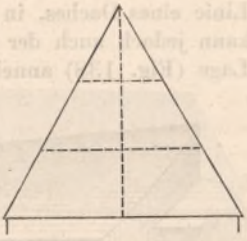


Fig. 128.

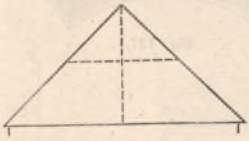


Fig. 129.

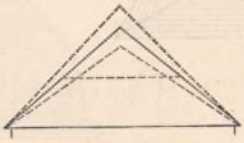


Fig. 130.

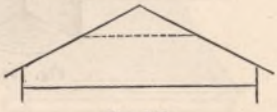


Fig. 131.

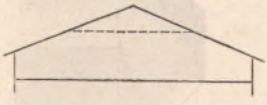


Fig. 132.

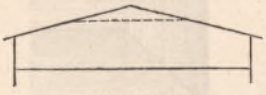


Fig. 133.

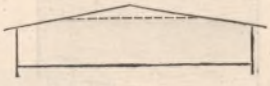


Fig. 134.

man sehr witterungsbeständige Deckmaterialien, wie Schiefer, Metall, unter Umständen auch Glas etc. wählt, erhalten zu ihrer Höhe $^1/_4$ bis $^1/_{12}$ der Tiefe. Die Figuren 131 und 132 stellen die Formen von Schieferdächern dar mit $^1/_4$ bezw. $^1/_5$ ihre Tiefe zur Höhe; Metalldächer mit $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ der Tiefe zur Höhe sind in den Figuren 133 bezw. 134 dargestellt, während Fig. 135 die Form eines Daches von $^1/_{20}$ der Tiefe zur Höhe veranschaulicht, welche sich zu Asphalt- oder Theerdächern etc. eignet. Bei den meisten flachen Dächern wird, wie dies die beigegebenen Figuren weiters erklären, um den Raum unter dem Dache benützen zu können, ein sogenannter Kniestock notwendig, der um so höher gemacht werden muss, je flacher die Dachneigung gewählt wird; dem entsprechend benötigt ein Schieferdach mit $^1/_4$ seiner Tiefe zur Höhe unter Umständen nur einen niederen Kniestock (Fig. 131), ein Theer- oder Asphaltdach mit $^1/_{20}$ seiner Tiefe zur Höhe einen hohen (Fig. 135).

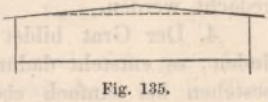


Fig. 135.

Die niedrigste Neigung erhalten endlich diejenigen Dächer, welche mittelst flüssiger Theere oder geschmolzenem Asphalts hergestellt sind; ihrer geringen Neigung wegen nennt man sie Plattform- oder Altandächer.

Bei allen Dächern lassen sich unterscheiden:

1. die mit Deckmaterial belegten Dachflächen; dieselben sind mehr oder weniger geneigte Ebenen, oder bestehen aus Flächen, die dem Cylinder, dem Kegel, der Kugel oder selbst einem Ringe angehören; windschiefe Flächen sucht man ihrer schwierigen Ausführung wegen zu vermeiden. In Fig. 136 ist ein Dach dargestellt, in welchem neben den gewöhnlichen, geraden Flächen eine cylinderförmige, eine kugelförmige, und eine windschiefe Dachfläche zur Darstellung gekommen ist.

2. Der First bildet sich in der Regel durch die oberste horizontale Linie eines Daches, in welcher sich zwei Dachebenen schneiden, ausnahmsweise kann jedoch auch der First eine Bogenlinie (Fig. 137), oder auch eine geneigte Lage (Fig. 138) annehmen.

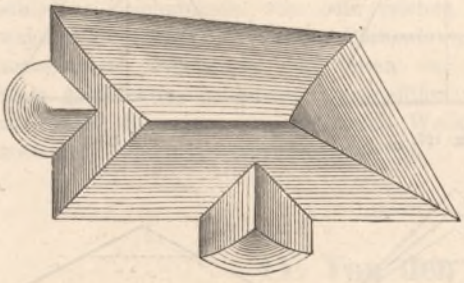


Fig. 136.

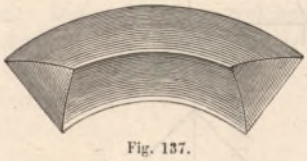


Fig. 137.

Fig. 138.

Fig. 139.

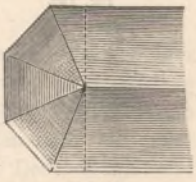


Fig. 140.

3. Die Traufe, welche die unterste Begrenzungslinie der Dachflächen bildet und in der Regel mit der Ableitung des Traufwassers im Zusammenhange steht, verhält sich in ihrem Wesen ähnlich dem Firste und kann in gerader horizontaler Richtung, in Bogenform oder endlich im abfallender Lage gedacht werden.

4. Der Grat bildet sich da, wo zwei Dachflächen seitliche Begrenzung finden; es entsteht dadurch eine nach aussen vorspringende Kante. Die Gräte bestehen bei einfach ebenen Dachflächen vorherrschend aus geraden Linien, bei gekrümmten Dachflächen erhalten sie aber eine Krümmung, die sich dann sowohl in der Horizontalprojektion, wie auch im Aufrisse geltend macht; solche gekrümmte Gratbildungen bei cylinderförmigen und windschiefen Dachflächen lässt Fig. 136 deutlich erkennen.

5. Die Kehle entsteht durch seitliche Begrenzung zweier Dachflächen mit einspringendem Winkel und verhält sich im übrigen analog der Gratlinie.

6. Der Anfall oder Anfallspunkt liegt im Dachfirst da, wo drei oder mehrere Dachflächen sich gemeinschaftlich schneiden; dieser Punkt hat insofern eine hervorragende Bedeutung, als in ihn das sogenannte Anfallsgebinde zu liegen kommt; die Figuren 139 und 140 machen dies deutlich.

Die Verfallung ist streng genommen der oberste Teil einer durch eine andere Fläche unterbrochenen Gratlinie und verbindet dann eine höher gelegene Firstlinie mit einer tiefer liegenden; sie entsteht, wie dies in Fig. 141 sichtbar ist, nur beim Ineinandergreifen hoher und niedriger Dachflächen. Bei einfachen Grundformen ist die Ermittelung von First- und Trauflinien, von den Gräten und Kehlen sehr einfach, es kann dies aber unter Umständen und zwar bei komplizirten Grundrissen äusserst schwierig werden; wir haben es dann mit den Dachausmittelungen zu thun, welche später Besprechung finden.

Hinsichtlich der äusseren Form der Dächer unterscheidet man:

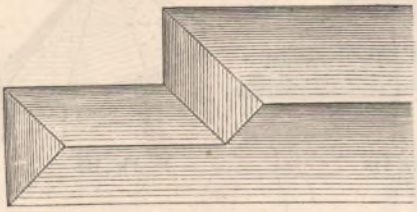


Fig. 141.

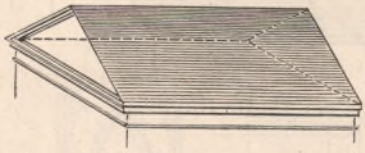


Fig. 142.

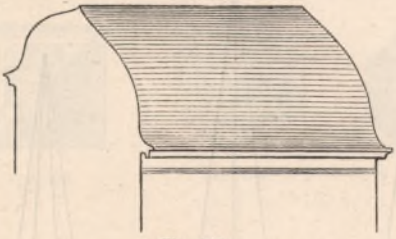


Fig. 143.

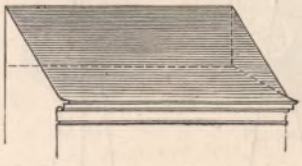


Fig. 144.

Fig. 145.

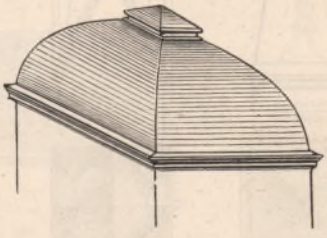


Fig. 146.

1. Satteldächer (Fig. 142); sie bestehen aus zwei sich gegenüberliegenden, geraden, unter Umständen auch gebogenen Dachflächen, die der Tiefe des Gebäudes nach durch senkrecht stehende Giebelmauern begrenzt sind. Bei gebogenen Dachflächen, wie sie beispielsweise bei den Bohlendächern vorkommen, ergiebt sich die in Fig. 143 dargestellte Form.

2. Pultdächer (Fig. 144) (Flug- oder Halbdach) besitzen nur eine Dachfläche, welche sich an eine senkrechte Wand anlehnt, während an beiden Schmalseiten halbe Giebel entstehen.

3. Die Walmdächer (Fig. 145) (Schopfdach) haben keine Giebel, wie die Satteldächer, sondern fallen nach allen Seiten hin ab; die so an den Schmalseiten des Daches sich bildenden Dachflächen werden Walme genannt; Fig. 146 stellt ein abgewalmtes Bohlendach dar. Werden auf der Schmalseite

in der halben Höhe des Daches Giebel aufgeführt, so entsteht nach Fig. 147 der Halbwalm oder der Krüppelwalm.

4. Die Zeltdächer (Fig. 148) besitzen keinen First und bilden der Hauptform nach Pyramiden mit den verschiedensten Höhenverhältnissen; sie werden vorherrschend von quadratischer, regelmässiger Vieleck- oder Kreisform verwendet; das Zeltdach über einem regelmässigen, achtseitigen Raum stellt Fig. 149 dar. Ist die Höhendimension der Zeltdächer sehr bedeutend,

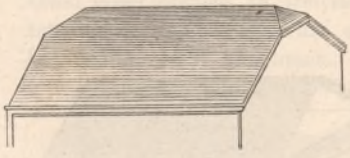


Fig. 147.

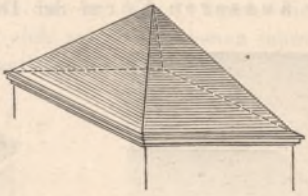


Fig. 148.

Fig. 149.

Fig. 150.

Fig. 151.

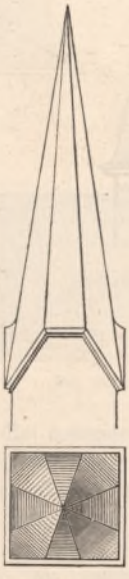


Fig. 152.

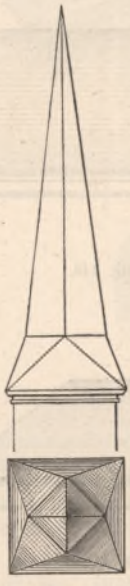


Fig. 153.

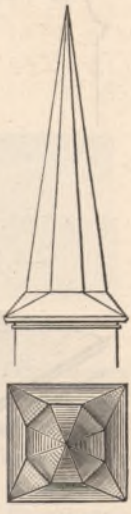


Fig. 154.

so werden sie Pyramiden- oder Turmdächer genannt, die je nach ihrer Grundrissform und ihrer mehr oder weniger reichen Erscheinung sehr verschiedene Gestaltung erhalten können. Die am häufigsten vorkommenden Formen sind in den Figg. 150 bis 159 dargestellt.

5. Mansardendächer bilden im Querschnitte ein Dach mit gebrochenen Dachflächen, wie dies Fig. 160 (S. 131) veranschaulicht; sie lassen sich auch nach Fig. 161 (S. 131) als Walmdächer behandeln. Diese Dächer sind französischen Ursprungs und tragen ihren Namen vom Architekten Mansard (1625 bis 1708), dem Erbauer des Versailler Schlosses.

6. Das Kuppeldach hat in der Regel die Form einer Halbkugel

oder die eines halben Ellipsoides; Kuppeldächer über regelmässige Vielecke gesetzt, erhalten, wie dies Fig. 162 zeigt, nach aussen hin vorspringende Gräte und können auch in Spitzbogenform ausgeführt werden.

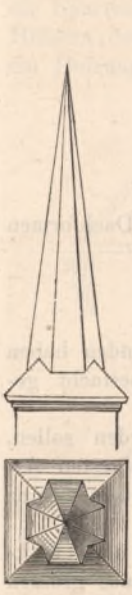


Fig. 155.

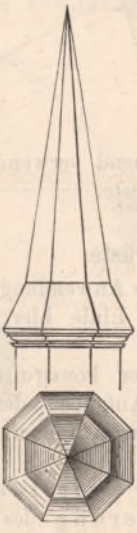


Fig. 156.

Fig. 157.

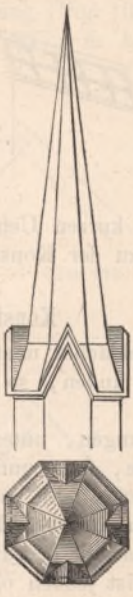


Fig. 158.

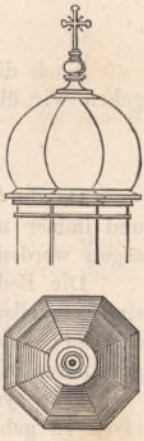


Fig. 162.

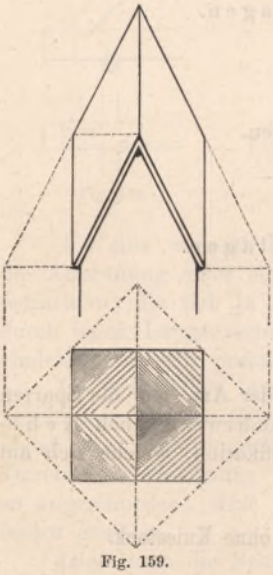


Fig. 159.

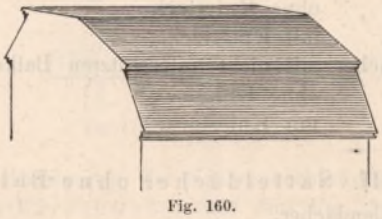


Fig. 160.

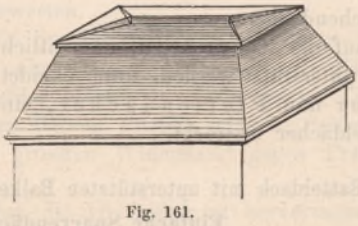


Fig. 161.

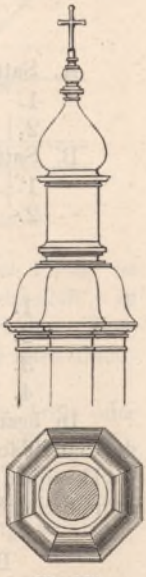


Fig. 163.

7. Geschweifte Dächer mit zusammengesetzt-gekrümmten Dachflächen, wie in Fig. 163, werden ihrer speziellen Form nach auch wohl Glocken-, Zwiebel- und Kaiserdächer genannt.

8. Shed-Dächer (Fig. 164) (Sägedach), namentlich zur Bedachung grösserer Werkstättengebäude geeignet, bestehen aus einer Anzahl von ungleichschenkligen Satteldächern, deren meist gegen Norden gerichteten Dachflächen verglast werden.

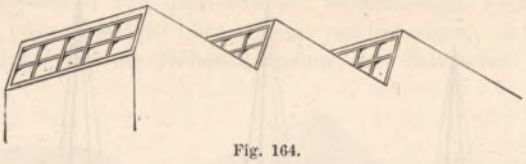


Fig. 164.

Nach dieser kurzen Uebersicht der vorherrschend verwendeten Dachformen gehen wir über zu der Konstruktion der Dachgerüste.

Konstruktion der Dachgerüste.

Da die Satteldächer unstreitig die verbreitetste Anwendung gefunden haben und immer noch finden, so sollen sie in erster Linie hier in betracht gezogen werden.

Die Bedingungen, unter welchen Satteldächer konstruirt werden sollen, sind so vielseitige, dass unter Umständen sich Aufgaben der leichtesten Art ergeben; keineswegs fehlt es aber auch an solchen Aufgaben, die eines ganz gewandten Konstrukteurs bedürfen.

Eine systematisch geordnete Entwickelung der Satteldachkonstruktion zu geben, ist jedoch ohne eine Zergliederung des überaus grossen Materials nicht gut möglich. Obwohl mit Schwierigkeiten verknüpft, soll eine Klassifikation, die bisher ganz fehlte, hier versucht werden.

I. Satteldächer mit Balkenlagen.

A. Satteldächer mit unterstützten Balkenlagen.
   1. „ ohne Kniestock.
   2. „ mit Kniestock.

B. Satteldächer mit nicht unterstützten Balkenlagen.
   1. „ ohne Kniestock.
   2. „ mit Kniestock.

II. Satteldächer ohne Balkenlagen.

1. Bohlendächer.
2. Polygonaldächer (Ardandsche).
3. Hallendächer.
4. Kirchendächer.

In bezug auf die Konstruktion, namentlich nach der Art, wie die Sparren der Satteldächer unterstützt werden, unterscheidet man anderweitig auch Kehlbalkendächer und Pfettendächer, eine Modifikation, welche sich auf sämmtliche Satteldächer erstreckt.

Das Satteldach mit unterstützten Balkenlagen ohne Kniestock.

Einfache Sparrendächer.

Das einfachste von allen Dächern entsteht durch das Einsetzen von zwei gleich langen Hölzern mit rechtwinkligem Querschnitt in je einen horizontal liegenden Dachbalken, so dass sich ein gleichschenkeliges Dreieck

bildet, wie dies beispielsweise die nebenstehende Figur 165 darstellt. Die schräg gestellten beiden Hölzer nennt man die Dachsparren oder schlechtweg Sparren und die ganze Verbindung ein Gebind. Im First erhalten die Sparren bei schwachen Hölzern eine Verblattung (Fig. 166); bei stärkeren Hölzern den Schlitz und den Schlitzzapfen (Fig. 167); in beiden Fällen hält ein Holznagel die Verbindung fester zusammen.

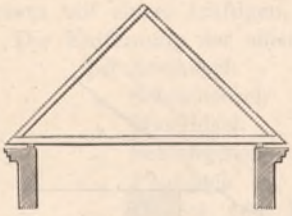


Fig. 165.

Fig. 166.

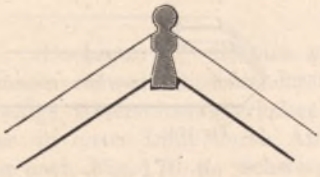


Fig. 168.

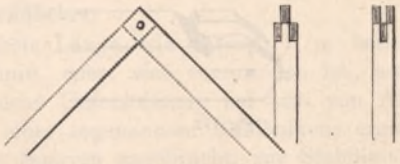


Fig. 167.

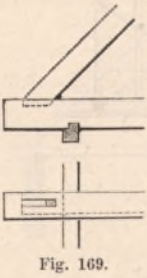


Fig. 169.

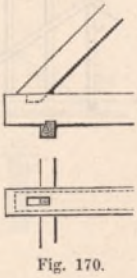


Fig. 170.

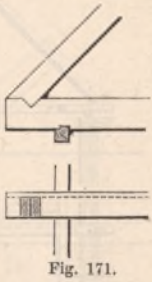


Fig. 171.

Als eine wesentliche Verbesserung der Sparrenverbindung am Firste ist die Anordnung einer eigenen Firstbohle, wie dies Fig. 168 darstellt, zu betrachten; die sich in die Firstbohle versatzenden Dachsparren erhalten hierdurch einen Längenverband, und lässt sich die Firstbohle selbst bei allen Dacheindeckungen sehr praktisch verwerten.

In den Balken greifen die Sparren mit dem schrägen (Fig. 169) oder geächselten Zapfen (Fig. 170) ein, besser noch mit der Klaue (Fig. 171), wobei die Berührungsfläche beider Hölzer in zwei gleiche Teile geteilt wird. Durch diese Anordnung wird am Balken sowohl, als am Sparren das Hirnholz so angeschnitten, dass es den grössten Widerstand gegen Pressung der Holzfasern gewährt.

Lässt man die Sparren über die Gebäudefront hervorragen, so sind die Verbindungen nach den Figg. 172 und 173 (S. 134) sehr empfehlenswert. Eine wesentliche Sicherheit gewinnt die Sparrenstellung am Fussende durch das Anbringen einer Sicherheitsschwelle, die nach Fig. 174 (S. 134) angeordnet werden kann.

Lässt man das oben besprochene Gebinde in gleichen Abständen sich wiederholen, wie dies in Fig. 175 geschehen ist, so entsteht ein sogenannter einfacher oder leerer Dachstuhl, bei dem allenfalls die Balken je zwischen dem 3. oder 4. Gebinde fortgelassen werden können; hiebei unterscheidet man dann wohl das Bundgespärre vom Leergespärre, bei dem jedoch ein Wechsel eingelegt sein muss, um den Stichbalken für das Leergespärre aufnehmen zu können.

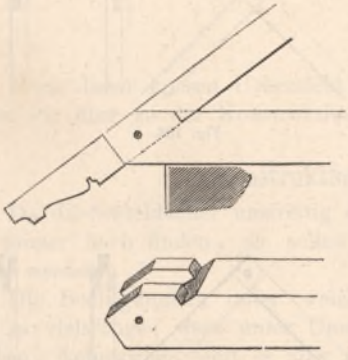


Fig 172.

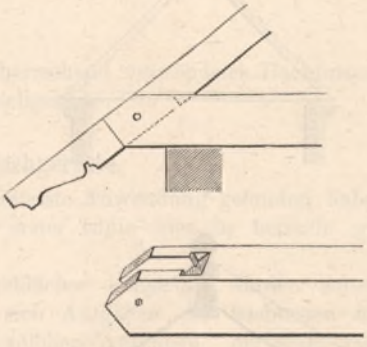


Fig 173.

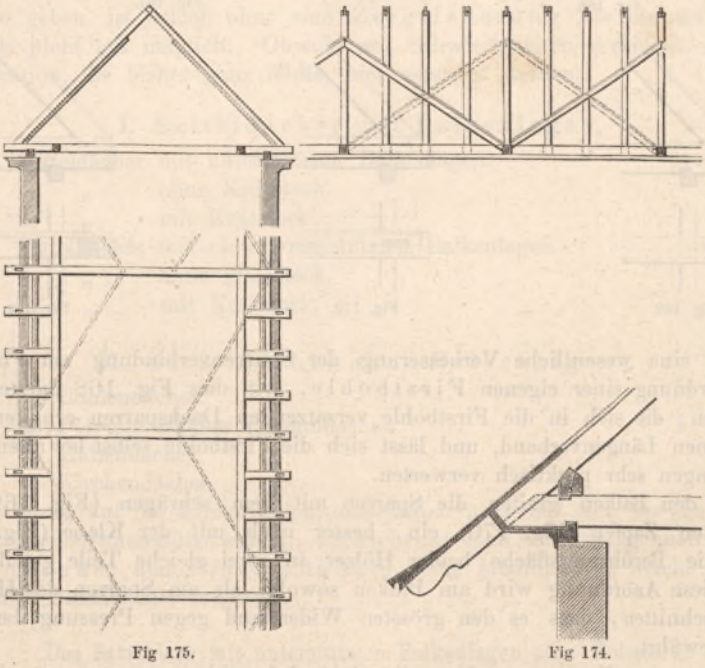


Fig 175.

Fig 174.

Bringt man noch unmittelbar unter die Sparren eine sogenannte Windrispe an, die gleichfalls in Fig. 175 dargestellt ist, so hat man für die einfachsten Fälle eine Dachkonstruktion von hinreichendem Widerstande. Da man die Sparren bei kleinen Dächern meistenteils 13 cm hoch, 10 cm breit,

bei grösseren Dächern 16 cm hoch und 13 cm breit wählt, so können im ersteren Falle dieselben 4 m, im letzteren Falle 5 m frei liegen, d. h. ohne besondere Unterstützung bleiben.

Den Windrispen (Strebeschwert, Schwertschwarte) wird bei einer Länge bis zu 5,0 m eine Dicke von 6 bis 9 cm und eine Breite von 12 bis 18 cm gegeben; mit der Breitseite sind sie den Sparren zugekehrt und mit denselben etwas verkämmt; es genügt aber auch die Befestigung eines jeden Sparrens mit einem kräftigen, eisernen Nagel.

Die Entfernung der einzelnen Gebinde von einander wählt man:

bei	Strohdach	= 1,50 m
„	Schindeldach	= 1,5 bis 2,2 m
„	Metalldach	= 1,25 m
„	Schieferdach	= 1,0 bis 1,25 m
„	Pappdach	= 1,2 m
„	Doppel- oder Kronendach . .	= 1,0 bis 1,1 m
„	gewöhnlichem Ziegeldach . .	= 1,0 bis 1,25 m.

Kehlbalkendächer.

Dachsparren, die eine grössere, freie Länge wie 4 resp. 5 m besitzen, müssen entweder bedeutenderen Querschnitt, oder, was vorzuziehen ist, anderweitige Unterstützung erhalten; eine solche Unterstützung hat sich von Alters her in erster Linie durch Anbringung eines sogenannten Kehlbalkens ergeben, der nach Fig. 176 im Schwerpunkte der Sparren angebracht, zur Stabilität der

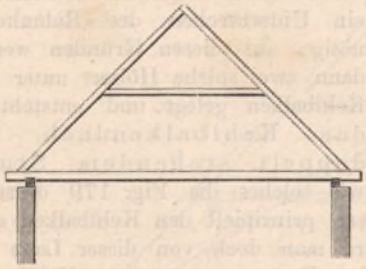


Fig. 176.

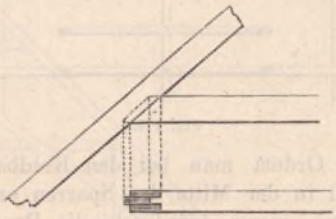


Fig. 177.

Verbindung beizutragen hat; dieser Kehlbalken erhält nahezu denselben Querschnitt, wie die Sparren, und verbindet sich mit denselben durch den einfachen, schrägen Zapfen mit Holznagel, wie dies Fig. 177 angiebt.

Nimmt der Kehlbalken jedoch eine Länge an, die leicht durchbiegbar ist, so muss ihm durch zweckmässig angeordnete, anderweitige Konstruktionsmittel die gehörige Widerstandsfähigkeit erteilt werden und dies geschieht am einfachsten durch ein sogenanntes Rahmholz (Dachrahm), welches im Hauptgespärre durch eine senkrecht stehende Stütze getragen werden kann. Die nebenstehende Fig. 178 (S. 136) stellt eine solche Konstruktion eines Kehlbalkendaches mit einfachstehendem Stuhl in den drei Projektionen dar. Das Rahmholz ist hierbei mit den Kehlbalken verkämmt und erhält die Stuhlsäule unten und oben einen kurzen Zapfen, mit dem sie einerseits in den Balken, andererseits in das Rahmholz eingreift. Für das Dachrahm kommen die Erwägungen in betracht, welche bei den Unterzügen bereits Besprechung fanden; ihre Stärke in der Regel zu 15/18 cm (bei grösseren Dächern zu 18/21 cm) gewählt, gestattet eine freie Länge von 18×18 cm = 3,24 m, so dass die Hauptbinder unter

Anwendung von sogenannten Kopfbändern (die unter 45° anzubringen sind) sich in Entfernungen von 4,00 m wiederholen. Die Kopfbänder werden mit kurzen, schrägen Zapfen in die Stuhlsäulen und Rahmhölzer eingesetzt.

Bei nicht notwendigem Dachgebälke könnten auch im Leergebinde die Hauptbinderbalken fortfallen und giebt eine solche Anordnung für das Leergebind die Darstellung in Fig. 178. Zur klaren Darstellung ist ein Werksatz (Zulage) notwendig (vergl. S. 138).

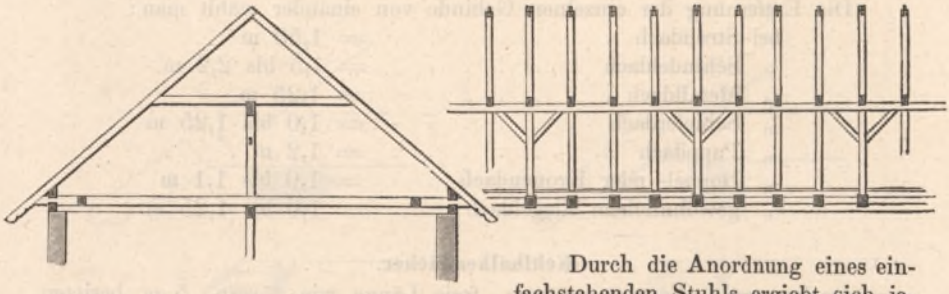


Fig. 178.

Durch die Anordnung eines einfachstehenden Stuhls ergiebt sich jedoch eine Beengung des brauchbaren Dachraums und die Uebertragung der Dachlast auf die Mitte des Balkens; häufig machen auch die in der Mitte des Gebäudes liegenden Schornsteine ein Unterbrechen des Rahmholzes nötig, aus diesen Gründen werden dann zwei solche Hölzer unter den Kehlbalken gelegt und entsteht so das Kehlbalkendach mit doppelt stehendem Stuhl, wie solches die Fig. 179 darstellt.

Ordnet man bei den Kehlbalkendächern prinzipiell den Kehlbalken auch wohl in der Mitte der Sparren an, so wird man doch von dieser Lage absehen, wenn hierdurch die Benützung des Raumes unter dem Kehlbalken beeinträchtigt werden würde. Sollte beispielsweise der Dachraum zu Dachzimmern benützt werden, so schreiben die meisten baupolizeilichen Vorschriften hiefür eine Höhe von wenigstens 2,20 m vor, nach welcher Höhe

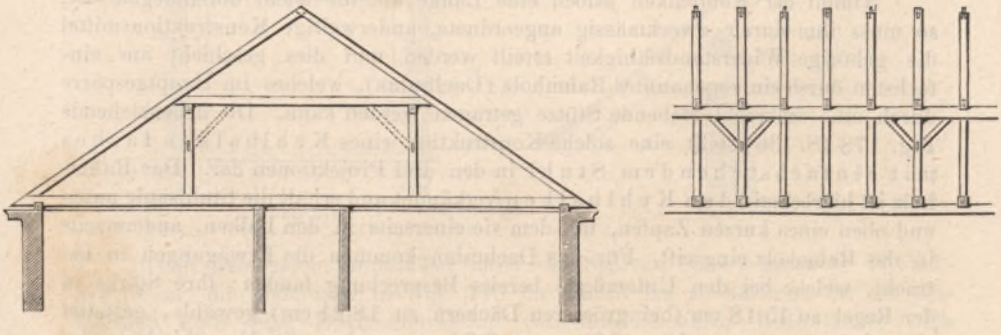


Fig. 179.

dann der Kehlbalken anzuordnen ist, und in welchem Falle er auch die Funktion eines Gebälkes übernimmt und einen Fehlboden zwischen seine Felder aufzunehmen hat.

Der Kehlbalken, der das 18fache seiner Höhe frei liegen kann, erhält seine Anordnung entweder nach Fig. 180 oder nach 181, wobei beide Hölzer, Kehlbalken und Rahmholz, verkämmt werden.

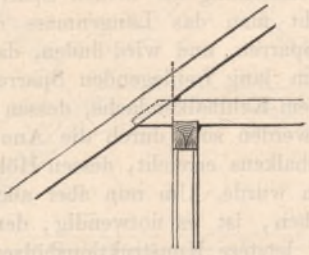


Fig. 180.

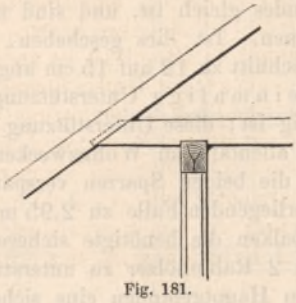


Fig. 181.

Nimmt der Kehlbalken eine so bedeutende Länge an, dass er eine dritte Unterstützung benötigt, so haben wir es mit einem Kehlbalkendach mit dreifachstehendem Stuhl zu thun, und wird dann in der Regel noch die Anordnung eines sogenannten Hahnen- oder Hainbalkens notwendig, welcher die Sparren in der Nähe des Firstes zu verspannen hat. (Fig. 182.)

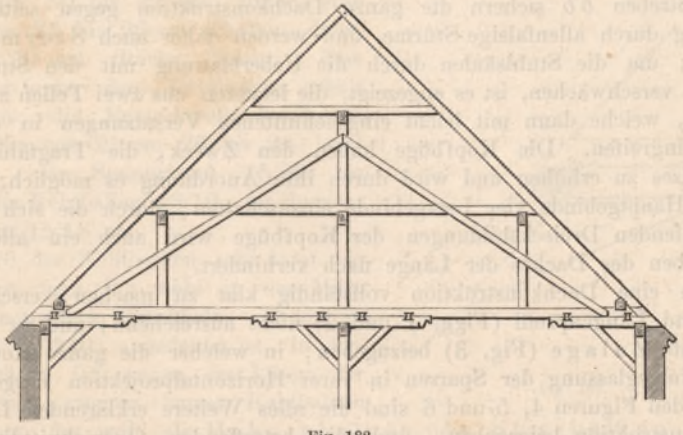


Fig. 182.

Die Dachkonstruktionen mit stehendem Stuhl haben hinsichtlich ihrer Einfachheit, dann ihrer Leichtigkeit, mit der sie bearbeitet und „gerichtet" werden können und ihrer grossen Solidität wegen die vielfachste Anwendung erfahren, und beherrschen noch heute so zu sagen diese Situation.

Bei der Wichtigkeit einer so allgemein verbreiteten Konstruktion ist für die genaue Darstellung eines Kehlbalkendaches mit doppeltstehendem Stuhl ein Uebungsbeispiel auf Tafel XIV, Fig. 1 bis 6 beigegeben. An diese Aufgabe ist die Bedingung geknüpft, dass das betreffende Dach mit Dachplatten eingedeckt werden soll; die eine der äusseren Gebäudewände ist in Fachwerk, die andere aus Backsteinen ausgeführt und die Balkenlage als sicher durch Zwischenwände unterstützt gedacht.

Die Fachwerkswand ist durch einen stark übertretenden Sparren gegen die Einwirkung des Regens zu schützen, auf der anderen Seite genügt die Anlage eines nur mässig weit ausladenden Gesimses, das durch die vorspringenden, unten und vorne verkleideten Balkenköpfe gebildet wird.

Die Forderung, dass das Dach mit Dachplatten gedeckt werden soll, bedingt eine Höhenlage des Firstes, die nahezu der halben Tiefe des ganzen Gebäudes gleich ist, und sind nach dieser Feststellung die beiden Sparren anzuordnen. Ist dies geschehen, so untersucht man das Längenmass der im Querschnitt zu 12 auf 15 cm angenommenen Sparren, und wird finden, dass hier eine einmalige Unterstützung der 8,30 cm lang freiliegenden Sparren notwendig ist; diese Unterstützung wird bei einem Kehlbalkendache, dessen Dachraum allenfalls zu Wohnzwecken verwendet werden soll, durch die Anordnung eines die beiden Sparren verspannenden Kehlbalkens erreicht, dessen Höhenlage im vorliegenden Falle zu 2,95 m angenommen wurde. Um nun aber auch dem Kehlbalken die benötigte sichere Lage zu geben, ist es notwendig, denselben durch 2 Rahmhölzer zu unterstützen, welch' letztere Konstruktionshölzer dann in den Hauptgebinden eine sichere Stütze durch zwei stehende Stuhlsäulen erhalten. Diese Stuhlsäulen übertragen einen grossen Teil des Dachdruckes auf die durchaus widerstandsfähig gedachte Dachbalkenlage.

In dem vorliegenden Uebungsbeispiele sind, was stets empfehlenswert ist, sogenannte Sicherheitsschwellen *a a* angeordnet; die Sparren mit ihren Fussenden behalten dadurch eine gesicherte Stellung, selbst dann, wenn die Zapfen, mit welchen die Sparren in die Balkenköpfe eingreifen, abfaulen sollten. Die beiden Streben *b b* sichern die ganze Dachkonstruktion gegen seitliche Verschiebung durch allenfalsige Stürme, und werden daher auch Sturmstreben genannt; um die Stuhlsäulen durch die Ueberblattung mit den Sturmstreben nicht zu verschwächen, ist es angezeigt, die letzteren aus zwei Teilen zusammenzusetzen, welche dann mit leicht eingeschnittenen Versatzungen in die Stuhlsäulen eingreifen. Die Kopfbüge haben den Zweck, die Tragfähigkeit des Rahmholzes zu erhöhen und wird durch ihre Anordnung es möglich, zwischen je zwei Hauptgebinde vier Leergebinde einzuschalten; durch die sich mehrfach wiederholenden Dreiecksbildungen der Kopfbüge wird auch ein allenfallsiges Verschieben des Daches der Länge nach verhindert.

Um eine Dachkonstruktion vollständig klar zu machen, erscheint das Quer- und Längenprofil (Figg. 1 und 2) nicht ausreichend, und ist stets eine sogenannte Zulage (Fig. 3) beizugeben, in welcher die ganze Konstruktion unter Hinweglassung der Sparren in ihrer Horizontalprojektion dargestellt ist.

In den Figuren 4, 5 und 6 sind die alles Weitere erklärenden Details für diese Konstruktion beigegeben, und die betreffenden Querschnittdimensionen der einzelnen Verbandhölzer eingeschrieben; die Anwendung der Dachrinnen und der Dachdeckung werden einer späteren Besprechung vorbehalten.

In der Absicht, einen recht geräumigen freien Boden zu gewinnen, wurde lange Zeit hindurch der liegende Stuhl von den Zimmermeistern mit grosser Vorliebe zur Verwendung gebracht; hierbei liegen die Stuhlsäulen unmittelbar unter den Sparren und nehmen die die Kehlbalken tragenden Dachrähme teilweise in sich auf, wie dies Fig. 183 (S. 139) erkennen lässt. Um die schräg stehenden Stuhlsäulen beim Aufstellen (Richten des Daches) festzustellen, wird ein besonderer Spannriegel notwendig, der wieder durch Strebebänder unterstützt wird. Die liegenden Stuhlsäulen stehen auf einer eigens angebrachten Stuhlschwelle, und dienen zur kräftigen Längenverbindung lange Strebebänder, die zu beiden Seiten der Stuhlsäulen sowohl in die Stuhlschwelle

als auch in das Dachrahm eingreifen; im Längenschnitt des beigegebenen Holzschnittes sind die sich kreuzenden Strebebänder sichtbar.

So einfach die einzelnen Verbindungen beim Kehlbalkendach mit stehendem Stuhle sind, so komplizirt werden dieselben beim liegenden Stuhle, und

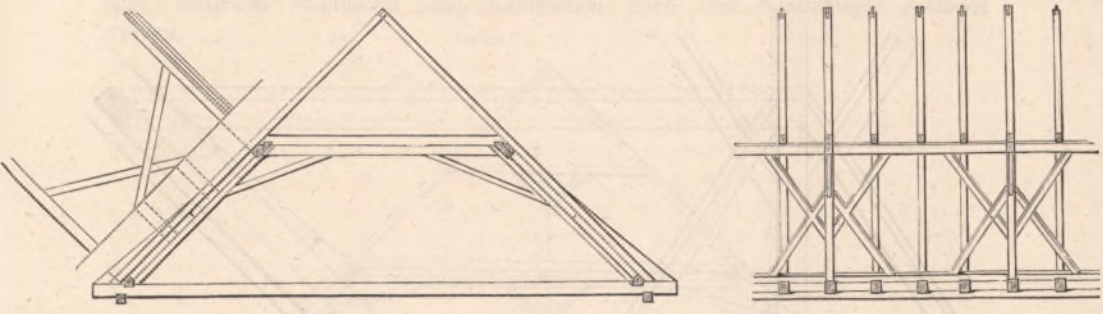


Fig. 183.

erfordern ungemein starke Hölzer. Fig. 184 stellt die Verbindung zwischen Sparren und Kehlbalken, Rahmholz, Stuhlsäule und Spannriegel, Fig. 185 (S. 140) die von Balken, Sparrenfuss, Schwelle und Stuhlsäule in grösserem Massstabe dar, und ersieht man daraus, dass hier Stuhlsäulen notwendig werden, die in ihrem oberen Teile eine Breite von 30 bis 32 cm, unten eine solche von 24 bis 26 cm erhalten, dabei 16 bis 20 cm Stärke haben. Das Rahmholz unter dem Kehlbalken erhält 16/21 cm; die Fussschwelle wird bei einer Höhe von 21 cm 26 bis 28 breit gemacht, der Spannriegel 15/20 bis 18/21; der Kehlbalken 13/16; die Sparren 13/16 bis 15/18 cm.

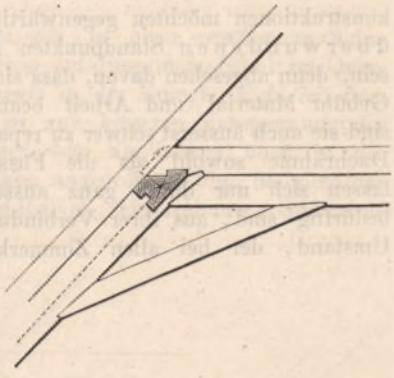


Fig. 184.

Wird der Kehlbalken sehr lang, so unterstützt man ihn wohl in der Mitte durch ein weiteres Rahmholz, wie dies in Fig. 186 (S. 140) angedeutet ist, in derselben Figur ist wegen der Länge der Sparren ein zweiter kurzer Kehlbalken angeordnet, der wohl als Hahnenbalken oder Spitzbalken bezeichnet wird. Bei grösseren Spannweiten als 16 m ist es notwendig, in die Mitte noch eine stehende Stuhlsäule einzusetzen, so dass ein Dachstuhl entsteht, der aus dem liegenden und stehenden Stuhl kombinirt erscheint; einen solchen Fall erklärt die Fig. 187 (S. 141); bei den hier gegebenen Dimensionen erfordern die Dachsparren eine zweimalige Unterstützung und entstehen bei Anordnung von Kehlbalken zwei benützbare Bodenräume übereinander.

Der untere Kehlbalken erfordert seiner Länge entsprechend drei Stützpunkte, der obere Kehlbalken nur einen; diesen Bedingungen wurde in früherer Zeit meistenteils durch eine Kombination von liegendem und stehendem Stuhl entsprochen, wie dies die beigegebene Figur hinreichend erläutert. Wir haben es hier mit einem Kehlbalkendache mit liegendem und einfach stehendem Stuhl zu thun und soll hier nicht unerwähnt bleiben, dass bei

noch tiefer gedachten Gebäuden der einfach stehende Stuhl zum doppelten und selbst zum dreifach stehenden Stuhl werden kann, und man dann in Gemeinschaft mit dem liegenden Stuhle die betreffende Aufgabe zu lösen hat, wobei drei und selbst vier Dachböden übereinander entstehen würden.

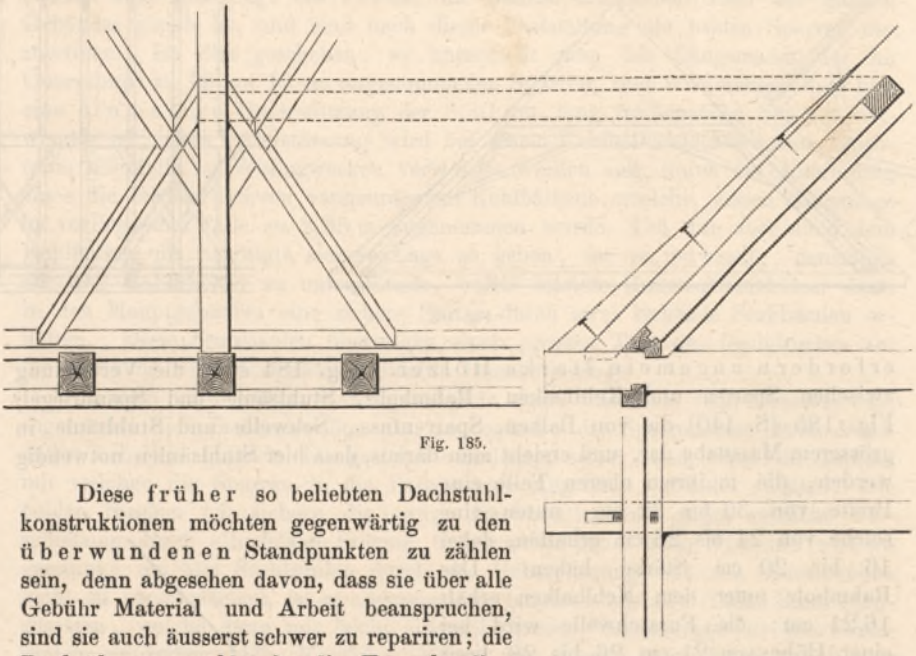


Fig. 185.

Diese früher so beliebten Dachstuhlkonstruktionen möchten gegenwärtig zu den überwundenen Standpunkten zu zählen sein, denn abgesehen davon, dass sie über alle Gebühr Material und Arbeit beanspruchen, sind sie auch äusserst schwer zu repariren; die Dachrähme sowohl als die Fussschwellen lassen sich nur durch ganz ausserordentliche Mittel, wenn sie reparaturbedürftig sind, aus ihrer Verbindung herausnehmen und wieder ergänzen, ein Umstand, der bei allen Zimmerkonstruktionen berücksichtigt werden sollte.

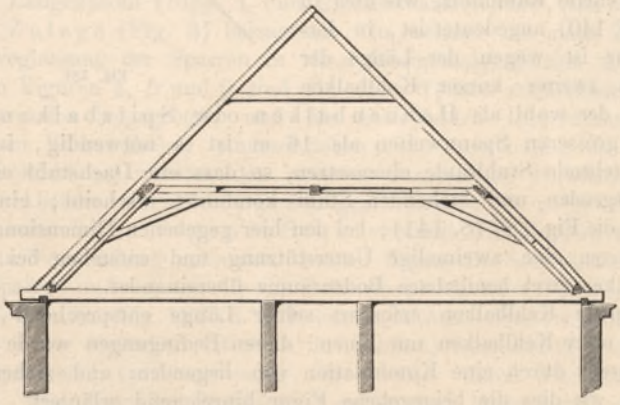


Fig. 186.

Viel weniger starkes Holz würde eine modifizirte Konstruktion beanspruchen, welche durch Fig. 188 im Detail dargestellt ist.

Bei dieser Konstruktion hat das Rahmholz seine sichere Lage durch eine an die Stuhlsäule mit Versatzung und Vernagelung befestigte Knagge erhalten; ferner ist die Fussschwelle entbehrlich und könnte unter Anordnung eines Kopfbugs zwischen Stuhlsäule und Kehlbalken auch der Spannriegel entbehrt werden.

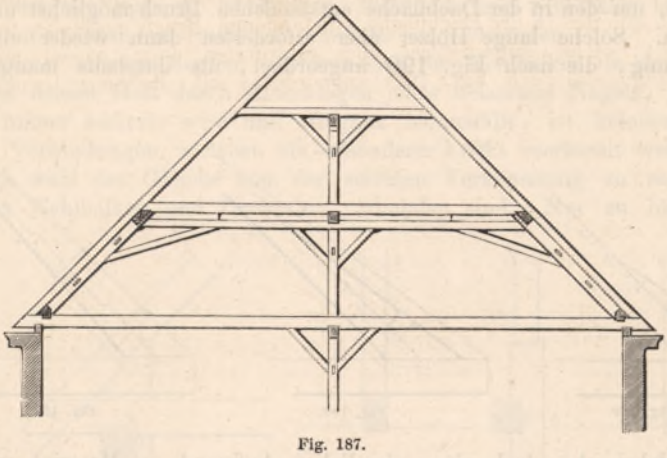


Fig. 187.

Auf Tafel XVI Fig. 5 (linke Seite) ist die in oben erwähntem Sinne besprochene Modifikation eines Kehlbalkendaches mit liegendem Stuhl im Quer- und Längenschnitt (Fig. 5a und Fig. 6a), sowie in der Zulage (Fig. 7a) dargestellt; in dem oberen Teile des Daches ist zur besseren Verspannung der 8,60 m lang freiliegenden Dachsparren ausser dem Kehlbalken noch in der Nähe des Firstes ein sogenannter Hahnenbalken angeordnet. Fig. 8a giebt das Detail der Verbindung zwischen Sparren, Kehlbalken, Dachrahmen, Stuhlsäule und Spannriegel. Das Dachrahmholz ist einerseits mit der Stuhlsäule durch einen kurzen Zapfen verbunden, andererseits wird es durch eine Knagge unterstützt, welche mit der Stuhlsäule zu versatzen und zu vernageln ist. Die des Längenverbandes wegen angeordneten (in der Zeichnung einpunktirten) Kopfbänder sind durch Schwalbenschwanzblätter mit der liegenden Stuhlsäule verbunden. Die Querschnittstärken der Verbandhölzer sind in der Detailsdarstellung eingeschrieben.

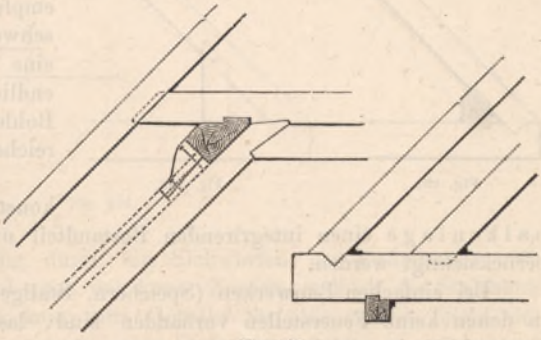


Fig. 188.

Bei fast allen älteren Dachstühlen findet man die Sparren nicht an das vordere Ende des Balkens eingesetzt und wurden dann zur Ableitung des Traufwassers sogenannte Aufschieblinge notwendig, wie diese schon in

Fig. 185 angegeben wurden; andererseitig bestehen die Aufschieblinge meistens aus schwachen Hölzern, die nach Fig. 189 nur durch Nagelung an den Sparren und Balken befestigt werden; nicht unbedeutende Schwierigkeiten verursacht bei solcher Anordnung die Dacheindeckung mittelst Ziegel oder Schiefer, da die entstandene gebrochene Fläche sich nur mit Hülfe von Blech sicher gegen das Eindringen von Regenwasser eindecken lässt; stand Metallblech nicht zur Verfügung, so wurde man genötigt, sehr lange Aufschieblinge zu verwenden, um den in der Dachfläche entstandenen Bruch möglichst unschädlich zu machen. Solche lange Hölzer aber erforderten dann wieder eine eigene Unterstützung, die nach Fig. 190 angeordnet, als durchaus mangelhaft er-

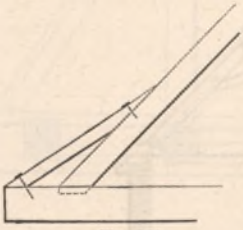


Fig. 189.

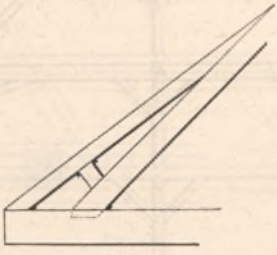


Fig. 190.

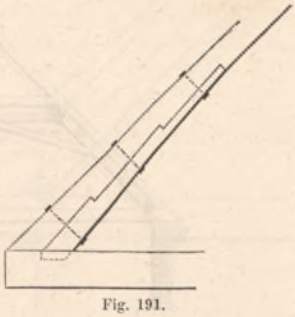


Fig. 191.

scheint; dabei aber doch einen ziemlichen Aufwand an Material und Arbeit erheischt. Es möchte somit die Verwendung von Aufschieblingen ganz zu verwerfen sein; und gilt dasselbe von den sogenannten Unterschieblingen, die man häufig in älteren Dachstühlen antrifft und von denen Fig. 191 eine Erklärung giebt.

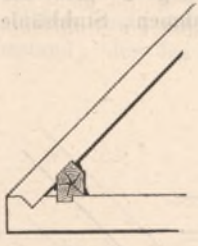


Fig. 192.

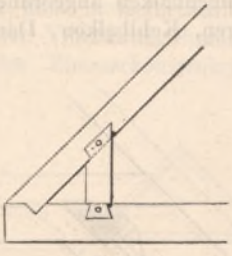


Fig. 193.

Um dem Fussende der Sparren eine gesicherte Stellung zu geben, auch dann, wenn der Balkenkopf von Fäulnis ergriffen wird, ist es empfehlenswert, eine Sicherheitsschwelle nach Fig. 192 anzubringen; eine gesicherte Stellung lässt sich endlich auch durch ein angeblattetes Bohlenstück nach Fig. 193 erreichen.

Bei den hier vorgeführten Dachkonstruktionen bildet die Dachbalkenlage einen integrirenden Bestandteil und muss dies beim Entwerfen berücksichtigt werden.

Bei einfachen Bauwerken (Speichern, Stallgebäuden), besonders in solchen, in denen keine Feuerstellen vorhanden sind, lassen sich die Dachbalken und Dachgebinde in gleicher Entfernung von einander anordnen; in Gebäuden aber, in welchen mehrfache Scheidemauern, mit oder ohne Feuerungsanlagen, dann Treppen vorhanden sind, muss die Balkenlage sich diesen Verhältnissen unterordnen, wobei es dann nur selten möglich sein möchte, eine durchaus gleiche Einteilung der Dachgespärre einzuhalten. In solchen Fällen ist es notwendig, dass man zuerst diejenigen Balken legt, deren Lage die Grundrissordnung bedingt, dann die, welche als Binderbalken dienen sollen, wozu am zweck-

mässigsten ganze Balken zu wählen sind. Die Zwischenbalken teilt man alsdann so ein, wie es nach Massgabe ihrer Entfernung unter Berücksichtigung von Deckmaterial und Fussboden bedingt erscheint.

Wirft man einen Rückblick auf die Verbindungen, welche bei den vorbesprochenen Dachstuhlkonstruktionen Anwendung finden, so kann man denselben eine grosse Widerstandsfähigkeit nicht zusprechen; ganz besonders ist dies hervorzuheben von den Verbindungen, welche man bisher fast ausnahmslos anwendete, um den Sparren, Kehlbalken, Rahmholz und Stuhlsäule beim Kehlbalkendach mit stehendem Stuhl mit einander zu verknüpfen.

Der kurze, schräge Zapfen, mit dem sich der Kehlbalken in den Sparren einsetzt und dessen Halt durch Einschlagen eines hölzernen Nagels, der nach und nach immer lockerer wird und oft ganz herausfällt, ist keineswegs eine von jenen Verbindungen, welchen ein besonderer Effekt zuerkannt werden kann und möchte wohl das Gleiche von der seichten Verkämmung zu sagen sein, mit welcher Kehlbalken und Dachrahm verbunden sind. Nur zu häufig wird

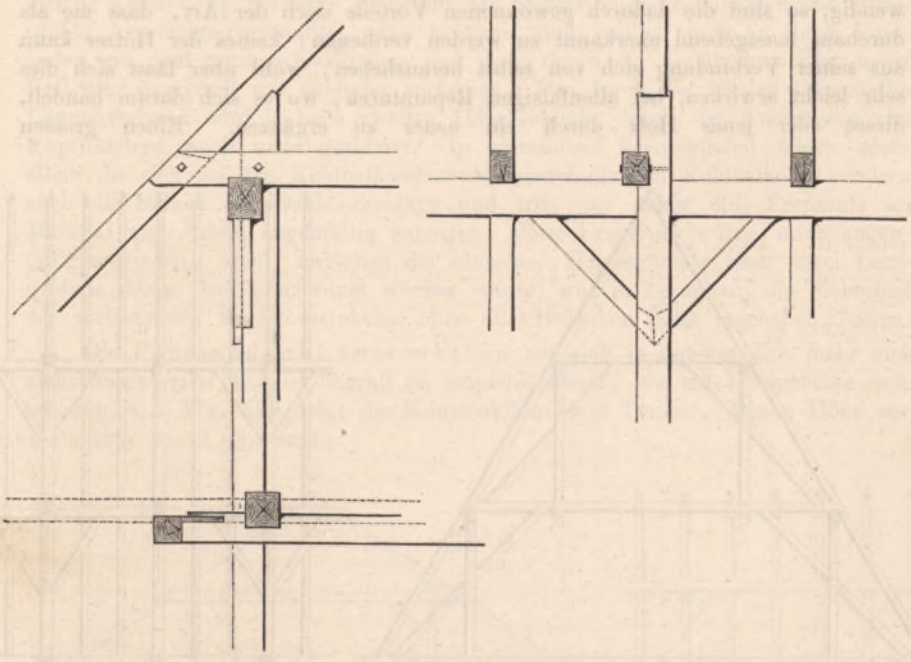


Fig. 194.

in Wirklichkeit diese Verbindung durch ein Sichwerfen des Rahmholzes vollständig illusorisch gemacht, und auch der kurze Zapfen, welcher die Stuhlsäule mit dem Dachrahmen verbindet, kann eine Gewähr für eine nur zu leicht eintretende Trennung nicht bieten. Aus diesen Gründen möchte es wünschenswert sein, und wurde dies schon seiner Zeit von Moller angeregt, in dem oben besprochenen Falle nur solche Verbindungen zu wählen, welche wirklich eine dauernde und sichere Verknüpfung erwarten lassen.

Solche Verbindung ist in Fig. 194 dargestellt; hierbei greift die stehende Stuhlsäule unmittelbar mittelst einer gering eingeschnittenen Versatzung unter den Sparren ein, während der Kehlbalken an den Sparren mit verdecktem

Schwalbenschwanz, und an die Stuhlsäule mit geringem Ausschnitte sich ankämmt. Der Dachrahmen findet dabei sein unverrückbares Lager zwischen dem etwas ausgeschnittenen Kehlbalken und der Stuhlsäule. Hierbei liegt das 15/18 cm starke Rahmholz auf der Stuhlsäule über die Hälfte seiner Breite auf, indem sowohl der Dachrahm als auch die Stuhlsäule an der Verbindungsstelle je um 4 cm eingeschnitten sind; die Anordnung der Kopfbänder erfolgt einerseits durch kurze Zapfen und Versatzung, andererseits durch Anblatten auf den Schwalbenschwanz. Zu inniger Verbindung von Sparren und Kehlbalken dient ein dünner runder Schraubenbolzen mit Unterlagsscheiben. In den Leergebinden können dann die bisher üblich angewendeten Zapfen und Kämme Platz greifen.

Bei der Wichtigkeit einer solchen verbesserten Dachstuhlkonstruktion ist dieselbe auf Tafel XIV und zwar in den Figuren 7, 8 und 9 im Quer- und Längenschnitt, sowie in der Zulage spezieller dargestellt, und durch das beigegebene mit eingeschriebenen Massen versehene Detail (Fig. 10) näher erläutert.

Macht eine solche Anordnung auch ein Mehr an sorgfältiger Arbeit notwendig, so sind die dadurch gewonnenen Vorteile doch der Art, dass sie als durchaus massgebend anerkannt zu werden verdienen; keines der Hölzer kann aus seiner Verbindung sich von selbst herausheben, wohl aber lässt sich dies sehr leicht erwirken, bei allenfalsigen Reparaturen, wo es sich darum handelt, dieses oder jenes Holz durch ein neues zu ergänzen. Einen grossen

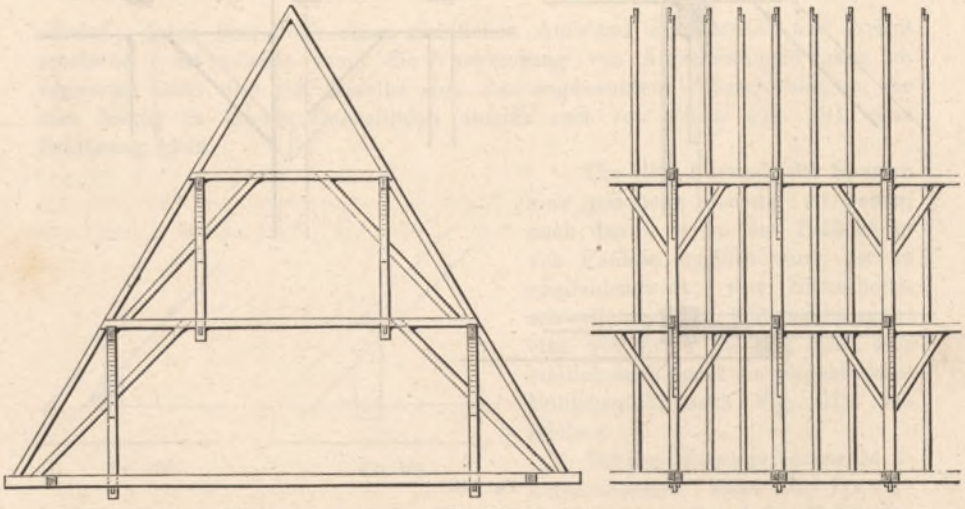


Fig. 195.

Vorteil gewährt die Konstruktion auch durch den Umstand, dass die Stuhlsäule unmittelbar unter den Sparren eingreift und so den grössten Teil des sonst am Balkenkopfe wirkenden Schubes auf den als fest zu betrachtenden Balken überträgt.

Will man darauf verzichten, den Raum unter einem hohen Dache zu Wohn- oder anderen Zwecken nutzbar zu machen, wie dies, nahezu ausnahmslos, bei Kirchendächern der Fall sein möchte, so kann man zur Sicherung der Sparren die Pfettendachkonstruktion in der Weise in Anwendung bringen, wie dies die nebenstehend Fig. 195 darstellt.

Pfettendächer.

Die hier mitgeteilte äusserst interessante Dachkonstruktion stammt aus dem Mittelalter und gehört einer Kirche an; die im First nur verblatteten Dachsparren, welche ihrer Länge nach einer zweimaligen Unterstützung bedürfen, sind direkt durch sogenannte Pfetten getragen und befinden sich nur stets im dritten Gebinde je vier stehende Stuhlsäulen mit den dazu gehörenden Kehlbalken und Sturmstreben.

In den Leergebinden fehlen die durchgehenden Dachbalken und sind die Sparren hier in kurzen Stichbalken eingezapft, welch' letztere zwischen die Doppelbalken der Hauptgebinde eingewechselt sind. Die beiden Stuhlsäulen der unteren Dachabteilung durchsetzen die doppelten Balken mittelst eines nach unten verlängerten Zapfens und sind hier durch einen Holzkeil aufs innigste mit den Balken verknüpft; die Kehlbalken zeigen nicht die gewöhnliche Verzapfung, sondern sind an die Sparren schwalbenschwanzförmig angeblattet. Die gleiche Verbindung hat auch zwischen den Sturmstreben, Kehlbalken und Stuhlsäulen Anwendung gefunden. Die letzteren sind endlich auch an ihren Fussenden mit dem unteren Kehlbalken und zwar durch ein verlängertes Blatt nebst Keil sehr energisch mit einander verfestigt. Der durch die Pfetten hergestellte Längenverband wird je beim zweiten Hauptgebinde durch die Anordnung von Kopfbändern noch mehr gesichert. In sämtlichen Leergebinden fehlen nicht allein die sich bei den Kehlbalkendächern wiederholenden Kehlbalken, sondern auch die Balken der Dachbalkenlage und tritt uns daher eine Ersparnis an Material und Arbeit augenfällig entgegen; diese Ersparnis würde noch augenfälliger werden, wenn zwischen die einzelnen Hauptgebinde statt zwei Leergebinde deren drei angeordnet worden wären, was in bezug auf die Sicherheit der vorliegenden Dachkonstruktion ohne alles Bedenken hätte geschehen können.

Die Pfettendachkonstruktion hat sich in neuerer Zeit mehr und mehr ausgebreitet und ist überall da empfehlenswert, wo ein Kehlgebälke entbehrlich ist. Fig. 196 zeigt die Konstruktion eines Daches, dessen Höhe zur Tiefe sich wie 1 : 3 verhält.

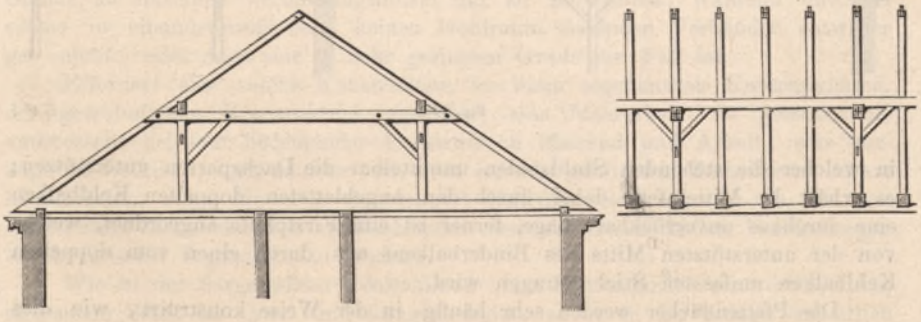


Fig. 196.

Die hier verwendeten Sparren benötigen eine einmalige Unterstützung, welche am zweckmässigsten in deren Schwerpunkt (in ihrer Mitte) durch Anordnung einer Pfette erfolgt; in den Hauptgebinden sind die Pfetten bei der Annahme einer durchaus fest unterstützten Balkenlage durch stehende Stuhlsäulen getragen, während zwei doppelte Kehlbalken sich an dieselben anblatten, einen

Ausschnitt für die Sparren erhalten und dazu dienen, unter Anordnung von Kopfbändern einen energischen Querverband zu vermitteln. Auch lässt sich bei der hier vorgeführten Dachkonstruktion durch Anordnung von Kopfbändern die Tragfähigkeit der Pfette so verstärken, dass zwischen je zwei Hauptgebinde ohne Anstand 3 bis 4 Leergebinde eingeschaltet werden können; auch die Anordnung eines kurzen Sturmbandes, welches auch zur Verstärkung für zu langfreiliegende Kehlbalken dienen kann, ist leicht durchführbar.

Fig. 197 stellt die Verbindung zwischen Sparren und doppeltem Kehlbalken, Pfette, stehender Stuhlsäule, den Kopfbügen und dem Sturmbande dar.

Empfehlenswerter möchte die in Fig. 198 dargestellte Konstruktion sein,

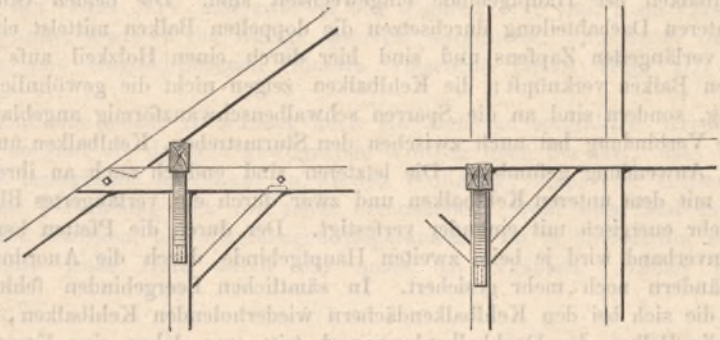


Fig. 197.

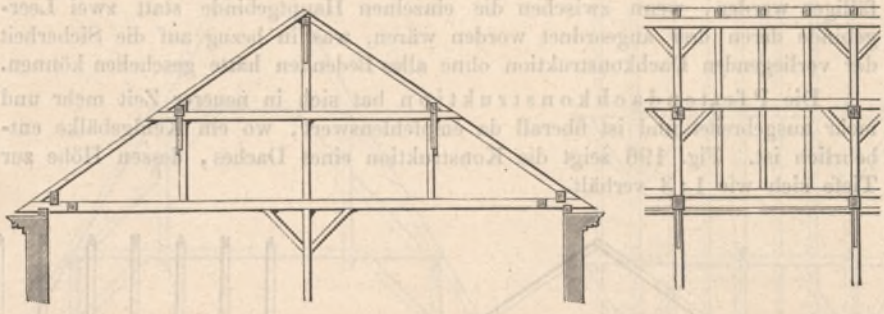


Fig. 198.

in welcher die stehenden Stuhlsäulen unmittelbar die Dachsparren unterstützen; es erhält die Mittelpfette dabei durch den angeblatteten doppelten Kehlbalken eine durchaus unverrückbare Lage, ferner ist eine Firstpfette angeordnet, welche von der unterstützten Mitte des Binderbalkens aus durch einen vom doppelten Kehlbalken umfassten Stiel getragen wird.

Die Pfettendächer werden sehr häufig in der Weise konstruirt, wie dies auf Tafel XV in den Figuren 1, 2 und 3 spezieller dargestellt ist.

Die hier mitgeteilte Dachkonstruktion stellt ein Winkeldach über einem Fachwerksgebäude mit freivortretenden Sparrenköpfen dar; die 8,10 cm lang freiliegenden Sparren erhalten ihre gesicherte Lage durch eine Pfette, die nahezu in der Mitte des Sparrens anzuordnen ist; eine Fusspfette trägt dazu bei, dem Fussende des Sparrens eine gesichertere Stellung zu verschaffen; als Querverbindung dient ein Kehlbalken, der mit der Pfette ver-

kämmt und mit dem Sparren verzapft ist; um vier Leergebinde zwischen die Hauptgebinde einschalten zu können, sind zur Unterstützung der Tragpfetten Kopfbüge angebracht, die zugleich dazu dienen, den Längenverband im Dache wirksamer zu machen.

Die Detailverbindungen der eben vorgeführten Konstruktion sind in den Figg. 4 und 5 mit den eingeschriebenen Massen dargestellt. Die in diesen Figuren beigegebene Dachgesimsbildung und Dachdeckung wird spätere Erörterung erfahren.

Bei dem gewöhnlichen Kehlbalkendache mit stehendem Stuhl wurde bereits darauf aufmerksam gemacht, wie wenig die dort gebräuchlichen Spezialverbindungen dazu beitragen, der ganzen Konstruktion eine erhöhte Widerstandsfähigkeit und damit auch grössere Solidität zu geben; ganz dasselbe lässt sich von dem eben besprochenen Pfettendache mit stehendem Stuhl sagen, und ist es äusserst empfehlenswert, bei dessen Konstruktion so zu verfahren, wie es in den Figg. 6, 7, 8 und 9 dargestellt ist. Hier greifen die stehenden Stuhlsäulen unmittelbar mit kurzen, versatzten Zapfen in die Dachsparren ein, während der Kehlbalken seitlich an die Stuhlsäulen angeblattet ist und auch den Sparren seitlich in sich aufnimmt. Die Pfette erhält durch eine Verkämmung, welche zur Hälfte in die Stuhlsäule, zur Hälfte in die Pfette eingeschnitten ist, ferner durch ihre Lage zwischen Sparren und Kehlbalken, mit welchen sie sich gleichfalls mit wenig vertieften Kämmen verbindet, eine so vollständig unverrückbare Lage, dass die hierdurch gewonnene Verbindung als ein festgeschürzter Knoten zu betrachten ist, dem durch Verwendung von dünnen Schraubenbolzen ein noch höherer Wert der Unzertrennbarkeit zuerkannt werden muss. Durch die an die Stuhlsäulen sich schwalbenschwanzförmig anblattenden Winkelbänder, welche mit kurzen Zapfen in die Pfette eingreifen, wird endlich auch ein Längenverband erzielt, welcher diese Konstruktion schliesslich zu einer äusserst empfehlenswerten stempelt. Selbstverständlich ist es, dass überhaupt alle Holzverbindungen nur dann ihren wahren Zweck erfüllen, wenn sie in der exaktesten Weise gearbeitet sind, eine Bedingung, die leider nur äusserst selten mehr anzutreffen ist. Ungenau passende (schlotterige) Blätter, Kämme, Zapfen etc. sind im Stande, die einzelnen Verbindungshölzer nur zu schwächen, während dies bei scharf in einandergreifenden, keinen Hohlraum lassenden Verbänden entweder gar nicht, oder doch nur in sehr geringem Grade der Fall ist.

Erfordert eine solche Konstruktion in ihren sogenannten Knotenpunkten, der gewöhnlichen Konstruktion gegenüber, eine Mehrarbeit, so gestattet sie andererseits bei sehr bedeutender Ersparnis an Material und Arbeit, eine vorzügliche Solidität, und möchte von allen unseren gebildeten Technikern darauf hinzuarbeiten sein, die sich eingebürgert habenden Schlendereien in den gewöhnlichen Zimmerarbeiten zu bekämpfen und alle zweifelhaften Verbindungen durch rationell begründete zu ersetzen.

Wie in der dargestellten Konstruktion eines Pfettendaches mit verbessertem, stehendem Stuhl im Quer- und Längenschnitt, sowie in der Zulage ersichtlich ist, sind zwischen je 2 Hauptgebinden 4 Leergebinde eingeschaltet, was bei der Anordnung von Kopfbügen sehr wohl geschehen kann, da die betreffenden Pfetten nur das 15fache ihrer Höhe frei liegen und daher eine durchaus sichere Unterstützung gewähren.

In den Figg. 9 und 10 sind die Spezialverbindungen von Balken, Sparren und Fusspfette einerseits, andererseits die von Sparren, Pfette, Kehlbalken und Stuhlsäule nebst den dazu gehörenden Kopfbügen gegeben; die hier ebenfalls

dargestellten Details über Dachdeckung, Gesimsbildung und Wasserableitung werden später Besprechung finden.

Die Pfettendächer lassen sich aber auch sehr wohl in der Weise konstruiren, dass ihre Dachbodenräume von stehenden Stuhlsäulen nicht beengt werden; in solchen Fällen entstehen die Pfettendächer mit liegendem Stuhl; eine solche Anordnung ist auf Tafel XVI in den Figg. 5b, 6b und 7b (auf der rechten Seite) zur Darstellung gebracht.

Die Art und Weise, in welcher bei dieser Konstruktion am zweckentsprechendsten die Sparren unmittelbar von den Pfetten getragen werden und zwar unter Anordnung von doppelten Spannkehlbalken, welche beiderseits die Stuhlsäule umfassen und mit derselben verkämmt sind, giebt das in Fig. 8b beigegebene Detail; auch die Kopfbänder, die zur soliden Längsverstrebung aller Dachstühle nützliche Dienste leisten, sind in der betreffenden Figur genau eingezeichnet.

Anstatt bei Pfettendächern die Pfetten durch besondere Stuhlsäulen (stehende oder liegende) zu stützen, verwendet man zu diesem Zwecke mit grosser Vorliebe, wie dies in Fig. 199 geschehen ist, auch die sogenannten Trag-

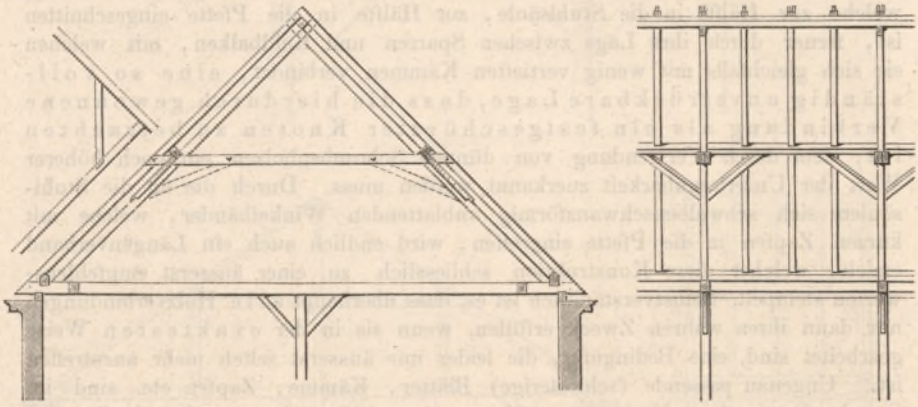


Fig. 199.

sparren, von anderen wohl auch Hauptsparren genannt, welche ohne viele Umstände die Anordnung einer Firstpfette gestatten. Prinzipiell sollte ein solches Verbandholz bei keinem Dache fehlen, weil die unmittelbar im Firste durch eine Pfette gestützte, charnierartige Sparrenverbindung als eine durchaus feste angesehen werden kann, welche den sonst vorhandenen Horizontalschub nahezu aufhebt.

In Fig. 200 (S. 149) ist die Detailverbindung zwischen dem Sparren, der Pfette, dem Haupttragsparren, dem doppelten Spannkehlbalken, den Kopfbändern und der kurzen Schubstrebe in mehreren Projektionen genau dargestellt.

In Fig. 1 auf Tafel XVI wurde ein einfaches Pfettendach mit Tragsparren zur Darstellung gebracht; die 8,35 m langen Sparren erfordern je eine einmalige Unterstützung, welche am geeignetsten in deren Mitte anzuordnen ist; ferner ist ausser einer Fusspfette zur Sicherung des Sparrens auch noch eine Firstpfette vorhanden, und handelt es sich dann darum, der Firstpfette sowohl, als auch der Mittelpfette eine durchaus gesicherte Lage zu geben.

Dies lässt sich aber am einfachsten durch zwei Tragsparren erreichen, welche im Hauptgebinde, parallel zu den Sparren, unten mit kurzem versatzten

Zapfen in den Balken eingreifen, während sie sich im Firste mit den Dachsparren gegenseitig überblatten; sämtliche Verblattungen erhalten entweder Holznägel oder noch besser leicht gearbeitete Schraubenbolzen. Die grosse Länge des Tragsparrens erfordert dann noch da eine kräftige Unterstützung, wo die Mittelpfette denselben zu zerbrechen droht, und lässt sich eine solche im vorliegenden Falle am wirksamsten durch die Anordnung eines doppelten Spannkehlbalkens erreichen, welcher beiderseits an die Hauptsparren angeblattet und verbolzt wird, und zugleich die Sparren der Hauptgebinde durch sich durchgreifen lässt.

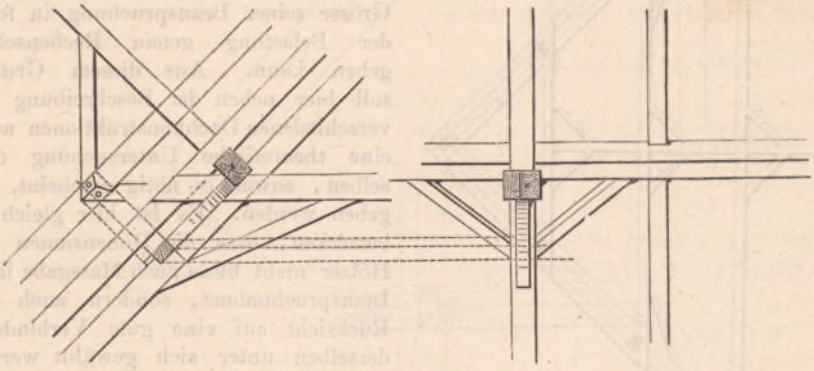


Fig. 200.

Bei dieser Konstruktion wird man jedoch meistenteils auf die wirksame Anordnung von Kopfbändern verzichten müssen; nur bei vorhandenen Giebelwänden lassen sich vom Giebelgebinde aus Kopfbänder für den Langverband des Daches anbringen. Bei solchen Dächern können jedoch zwischen je 2 Hauptgebinde nur 3 Leergebinde eingeschaltet werden.

Fig. 4 Tafel XVI giebt ein Detail, wie die Firstpfette am zweckmässigsten mit den Tragsparren und den Hauptbindersparren zu verbinden ist.

Macht eine grössere Länge des Dachsparren, ausser der Anordnung von Fuss- und Firstpfetten, noch weitere zwei Mittelpfetten notwendig, wie dies in Fig. 201 (S. 150) angenommen ist, so lässt sich gleichfalls durch die Verwendung von Haupttragsparren und doppelten Spannkehlbalken die Stabilität der betreffenden Dachstuhlkonstruktion in einfachster Weise herstellen und erscheint es nur noch geboten, die allenfalls zu weit freiliegenden doppelten Kehlbalken in ihrer Funktion zu sichern. Im vorliegenden Beispiele ist dies erreicht, teils durch einen stehenden in der Mitte des Daches angeordneten Tragstiel, welcher durch beide Doppelkehlbalken hindurchgreift, teils durch die Anordnung mehrfacher Kopfbänder und Streben.

Um die Pfetten sicherer, besonders beim Aufschlagen der Dächer, auf die Tragsparren aufzubringen und zu verfestigen, verwendet man wohl die sogenannten Knaggen, kurze Holzstücke, welche auf den Tragsparren versatzt und dann genagelt werden; eine solche Anordnung ist in Fig. 202 (S. 151) im Detail dargestellt.

In Fig. 203 (S. 151) wird eine Pfettendachanordnung mitgeteilt, bei welcher die Sparren von drei Mittelpfetten getragen werden; wie hierbei den Tragsparren unter Anwendung von Spannkehlbalken und Strebebändern eine gesicherte Stabilität gegeben wurde, möge die betreffende Figur selbst erläutern.

Obwohl für die Dimensionenbestimmung der Dachstühle aus Holz die vielfach vorhandenen und oben sowie im folgenden angegebenen praktischen Regeln in den meisten Fällen ausreichend erscheinen dürften, so ist es doch andererseits für die rationelle Anordnung und richtige Dimensionirung der Dachstühle unerlässlich, dass man sich sowohl über die Art und Weise der Wirksamkeit jedes Konstruktionsholzes, sowie über die Grösse seiner Beanspruchung in folge der Belastung genau Rechenschaft geben kann. Aus diesem Grunde soll hier neben der Beschreibung der verschiedenen Dachkonstruktionen auch eine theoretische Untersuchung derselben, soweit es nötig erscheint, gegeben werden. Es ist hier gleich zu bemerken, dass die Dimensionen der Hölzer nicht bloss nach Massgabe ihrer Inanspruchnahme, sondern auch mit Rücksicht auf eine gute Verbindung derselben unter sich gewählt werden müssen. Die letztere Rücksicht erfordert oft eine bedeutende Vergrösserung des theoretisch notwendigen Querschnitts, welche namentlich dann immer notwendig wird, wenn Holzquerschnitte aus Zugbeanspruchungen berechnet werden. In solchen Fällen ist dann die Holzstärke immer den in der Praxis üblichen Massen entsprechend anzunehmen.

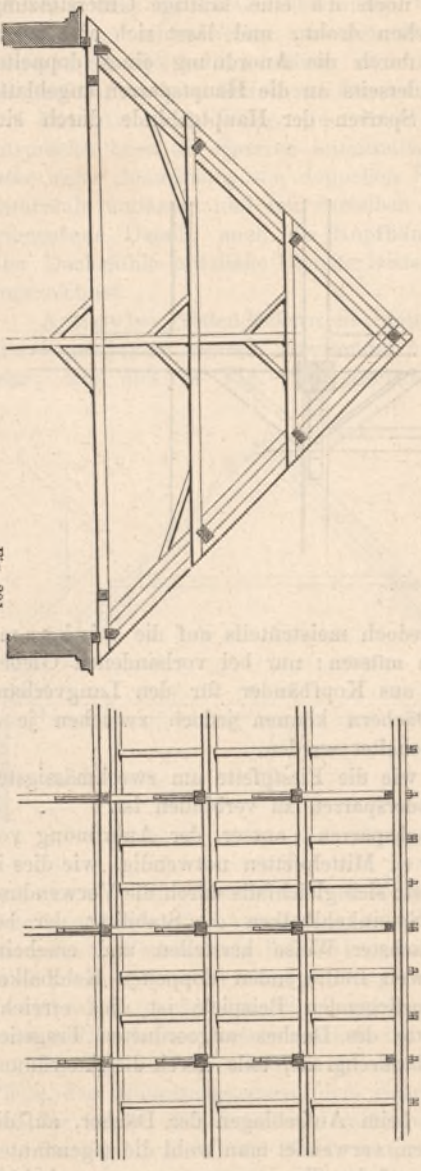


Fig. 201.

Statische Berechnung der Dachstühle.

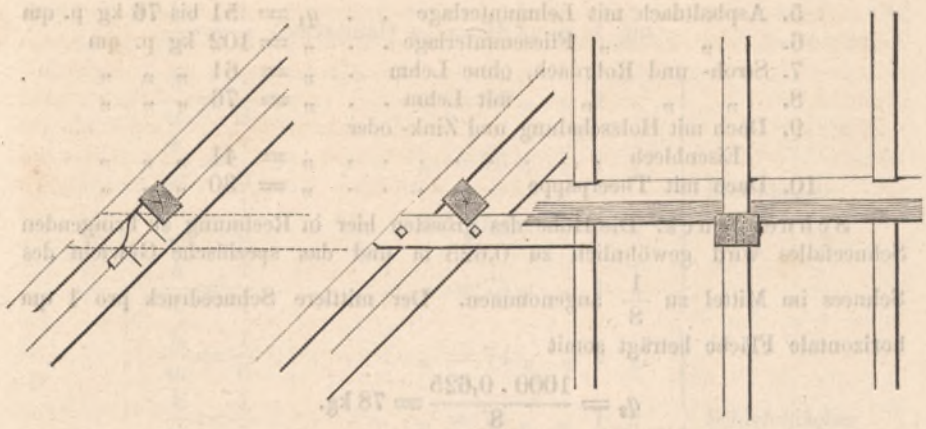
Bestimmung der Belastung. Die gesamte Belastung eines Daches setzt sich zusammen aus dem Eigengewicht desselben und dem voraussichtlich grössten auf dasselbe wirkenden Schnee- und Winddruck. Ist e die Entfernung der Gebinde, l die Sparrenlänge, so kann man die Belastungsfläche eines Sparrens annehmen zu

$$f = l \cdot e,$$

deren Horizontalprojektion $A_1\ C_1\ H_1\ F_1$ (Fig. 204, S. 152) ist. Multiplizirt man diesen Flächeninhalt mit dem Einheitsdruck q der Belastung, so giebt

$$Q = q \cdot l \cdot e$$

die Belastung in Kilogrammen für einen Sparren an.



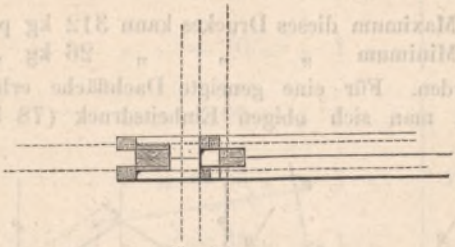


Fig. 202.

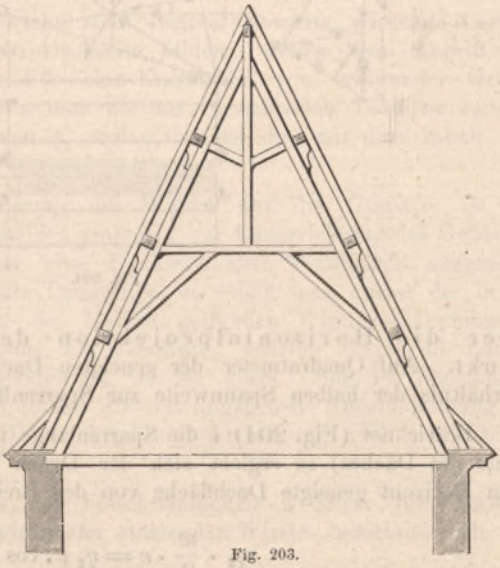


Fig. 203.

Eigengewicht der Dächer. Man bringt dasselbe am besten pro Quadratmeter Dachfläche in Rechnung und begreift darunter das Gewicht des Deckmaterials inkl. Lattung, bezw. Schalung und Eigengewicht der Sparren.

Nach Heinzerling*) erhält man für die verschiedenen Eindeckungsarten folgende Koeffizienten

1. Doppeldach und Kronziegeldach . . $q_1 = 127$ kg p. qm
2. Einfaches Ziegeldach . . . . . „ = 102 „ „ „
3. Gewöhnliches Schieferdach . . . . „ = 76 „ „ „
4. Dornsches Dach . . . . . „ = 61 bis 67 kg p. qm

*) Die angreifenden und widerstehenden Kräfte etc. pag. 56.

5.	Asphaltdach mit Lehmunterlage . .	q_1 =	51 bis 76	kg p. qm
6.	„ „ Fliesenunterlage . .	„ =	102	kg p. qm
7.	Stroh- und Rohrdach, ohne Lehm .	„ =	61	„ „ „
8.	„ „ „ mit Lehm . .	„ =	76	„ „ „
9.	Dach mit Holzschalung und Zink- oder Eisenblech	„ =	41	„ „ „
10.	Dach mit Theerpappe	„ =	30	„ „ „

Schneedruck. Die Höhe des grössten hier in Rechnung zu bringenden Schneefalles wird gewöhnlich zu 0,625 m und das spezifische Gewicht des Schnees im Mittel zu $\frac{1}{8}$ angenommen. Der mittlere Schneedruck pro 1 qm horizontale Fläche beträgt somit

$$q_2 = \frac{1000 \,.\, 0{,}625}{8} = 78 \text{ kg}.$$

Als Maximum dieses Druckes kann 312 kg pro 1 qm,
„ Minimum „ „ „ 26 kg „ 1 „
angenommen werden. Für eine geneigte Dachfläche erhält man die Schneebelastung, wenn man sich obigen Einheitsdruck (78 kg) gleichmässig

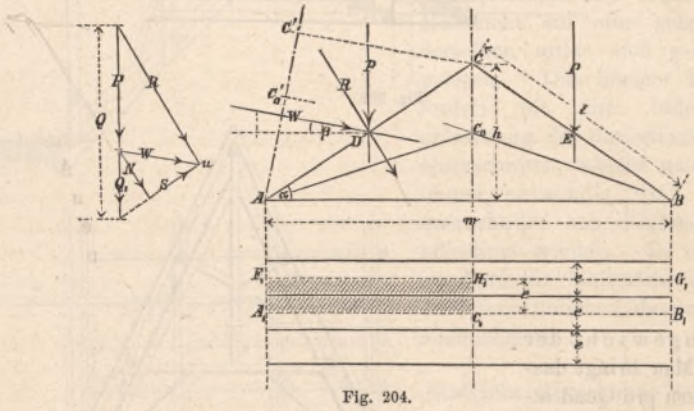


Fig. 204.

über die Horizontalprojektion des Daches ausgebreitet denkt. Auf Quadratmeter der geneigten Dachfläche bezogen ist also q_2 im Verhältnis der halben Spannweite zur Sparrenlänge zu reduziren.

Bezeichnet (Fig. 204) l die Sparrenlänge und w die Gebäudetiefe (Spannweite des Daches) so ergiebt sich der Druck auf eine unter dem Winkel α zum Horizont geneigte Dachfläche von der Breite e zu

$$q_2 \cdot \frac{w}{2} \cdot e = q_2 \, l \,.\, \cos \alpha \,.\, e$$

oder der Einheitsdruck q_2' pro Quadratmeter geneigter Dachfläche

$$q_2' = q_2 \,.\, \cos \alpha.$$

Für die verschiedenen Dachneigungen erhält q_2' die nachfolgenden Werte. Es wird für:

$\frac{h}{w} = \frac{1}{8}$ (horizontal)	$q_2' = 78$ kg p. 1 qm	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{10}$	„ = 77 „ „ 1 „	Blechdächer
$\frac{h}{w} = \frac{1}{9}$	„ = 76 „ „ 1 „	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{8}$	„ = 75,5 „ „ 1 „	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{7}$	„ = 75 „ „ 1 „	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{6}$	„ = 74 „ „ 1 „	Schieferdächer
$\frac{h}{w} = \frac{1}{5}$	„ = 73 „ „ 1 „	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{4}$	„ = 70 „ „ 1 „	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{3}$	„ = 65 „ „ 1 „	Ziegeldächer.
$\frac{h}{w} = \frac{1}{2}$	„ = 55 „ „ 1 „	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{1}$	„ = 35 „ „ 1 „	

Schneedruck und Eigengewicht sind vertikal abwärts wirkende Lasten, welche die Belastung derjenigen Dachseite bilden, welche dem Angriff des Windes nicht ausgesetzt ist. Für eine Dachfläche von bestimmter Grösse erhält man diese Belastung, wenn man die aus vorstehenden Tabellen zu entnehmenden bezüglichen Werte von q_1 und q_2' addirt und mit dem Inhalt der Dachfläche multiplizirt.

Winddruck. Die Wirkung des Windes auf die Gespärre ist am grössten, wenn die Richtung desselben senkrecht zur Längsrichtung des Gebäudes steht. In diesem Fall ist nur eine Dachseite dem Winddruck ausgesetzt. Wirkt der Wind schief gegen die Langseiten, so erhält man ausser der in der Normalebene zur Längsrichtung des Daches gelegenen Winddruckkomponente auch eine solche in der Richtung der Firstlinie, welcher durch die Längsverbindung des Daches entgegengewirkt werden muss. Bei der Berechnung von Dachkonstruktionen werden immer die erst angegebene Angriffsrichtung des Windes angenommen und die Hölzer der Längsverspannung nach empirischen Regeln bestimmt.

Der Druck W eines mit der Geschwindigkeit v Meter pro Sekunde normal auf eine Fläche F Quadratmeter stossenden Windes berechnet sich aus der Formel:

$$W = 0{,}127\, v^2 . F,$$

also für die Flächeneinheit (1 qm)

$$W_1 = 0{,}127\, v^2 .$$

Nimmt man als grösste Windgeschwindigkeit die eines Sturmes mit 30 m

pro 1 Sekunde an, so wird der hier in Rechnung zu bringende Belastungskoeffizient für den Winddruck

rd. $q_3 = 115$ kg p. 1 qm senkrecht getroffene Dachfläche.

Für eine unter φ^0 gegen die Windrichtung geneigte Dachfläche ergiebt sich hieraus der Druck pro Quadratmeter zu

$$q_3' = q_3 \cdot \sin \varphi.$$

Die Richtung des Windes wird in der Regel so angenommen, dass sie mit der Horizontalen einen Winkel von $\beta = 10^0$ (tang $\beta = 0{,}176$) einschliesst. Eine unter dem Winkel α geneigte Dachfläche AC (Fig. 204) trifft also der Wind unter dem Winkel $\alpha + \beta = \alpha + 10^0$ und der auf diese Fläche ausgeübte Druck entspricht dem einer Fläche AC', welche die Projektion von AC auf die Normale zur Windrichtung bildet, dieselbe Tiefe, wie AC hat und vom Windstoss normal getroffen wird. Bezeichnet wieder e die Entfernung der Gebinde, so ist der pro Sparren treffende Winddruck

$$W = \overline{AC'} \cdot e\, q_3 .$$

Ist P die vertikale, aus Eigengewicht und Schneelast zusammengesetzte Last für das in Rede stehende Gebind, so stellt die Resultante R aus W und P (Fig. 204), welche wie jene Kräfte als gleichmässig über die ganze Dachfläche AC verteilt zu betrachten ist, die Gesamtbelastung der dem Windstoss ausgesetzten Seite AC des Daches dar.

Es ist in vielen Fällen bequem, statt der unsymmetrischen Belastung des Dachprofils durch die Kräfte P und R eine gleichförmige Belastung des Daches der Rechnung zu grunde zu legen. Dies tritt namentlich dann ein, wenn die Figur des Hauptgebindes oder Dachbinders keine unverschiebliche Figur bildet und die Berechnung doch in einfacher statischer Weise (unter Annahme einer charnierartigen Verbindung der Konstruktionsteile in den Knotenpunkten des Binders) erfolgen soll. Das Binderprofil ist im allgemeinen immer als unverschieblich anzusehen, wenn es aus lauter Dreiecken zusammengesetzt erscheint, oder, was dasselbe ist, wenn die Anzahl seiner Konstruktionsteile gleich der doppelten Anzahl der Knotenpunkte weniger 3 ist*); in diesem Falle sind auch die Beanspruchungen der Konstruktionsteile statisch vollkommen bestimmt. Ist die Anzahl der Konstruktionsteile um $\varkappa$ grösser als eben angegeben, so können mit den Sätzen der Statik die Spannungen in $\varkappa$ Konstruktionsteilen nicht gefunden werden; diese sind überflüssige Konstruktionsteile, welche man sich so angebracht denkt, dass die Beanspruchungen derselben Null sind. Beträgt die Anzahl der Konstruktionsteile um $\varkappa$ weniger als die angegebene Zahl, so können in die Konstruktion noch $\varkappa$ Konstruktionsteile mit bestimmbaren Spannungen eingefügt werden; bleiben letztere weg, so besteht eine gewisse Abhängigkeit der Figur des Binders von den äusseren Kräften; der Binder bildet eine verschiebbare Figur. In einem solchen Fall addirt man zu der aus dem Eigengewicht und der Schneelast resultirenden lothrechten Belastung P noch einen lothrechten Winddruck Q_1, welcher der Vertikalkomponente des gesamten Winddrucks W entspricht, wenn letzterer nach der Richtung AC der Dachfläche und der Vertikalen in die Komponenten S und Q_1 zerlegt

*) Vgl. Bauschinger, Graph. Statik, pag. 182.

wird, und legt dann $P + Q_1 = Q$ als eine lothrechte das ganze Dach gleichmässig belastende Kraft der Berechnung zu Grunde; die parallel der Dachneigung wirkende Seitenkraft S aber wird vernachlässigt. Diese Annahme kann um so eher gemacht werden, weil bei der Berechnung der Holzkonstruktionen der angewendete Sicherheitskoeffizient ein sehr hoher ist und hier immer die grösstmöglichsten Belastungen als gleichzeitig wirkend angenommen werden, was praktisch wohl nur sehr selten eintreten wird.

Die Grösse der lothrechten Winddruckkomponente hat pro Quadratmeter geneigter Dachfläche für verschiedene Dachneigungen nachfolgende Werte: Es ist für

$\frac{h}{w} = \frac{1}{10}$ .. $q_3'' = 15{,}5$ kg pro qm		$\frac{h}{w} = \frac{1}{5}$ .. $q_3'' = 34{,}5$ kg pro qm	
$\frac{h}{w} = \frac{1}{9}$	$= 17{,}2$ „ „ „	$\frac{h}{w} = \frac{1}{4}$	$= 46{,}0$ „ „ „
$\frac{h}{w} = \frac{1}{8}$	$= 19{,}6$ „ „ „	$\frac{h}{w} = \frac{1}{3}$	$= 66{,}0$ „ „ „
$\frac{h}{w} = \frac{1}{7}$	$= 23{,}0$ „ „ „	$\frac{h}{w} = \frac{1}{2}$	$= 109{,}0$ „ „ „
$\frac{h}{w} = \frac{1}{6}$	$= 27{,}6$ „ „ „	$\frac{h}{w} = \frac{1}{1}$	$= 235{,}7$ „ „ „

Addirt man die Belastungskoeffizienten aus Eigengewicht, Schneegewicht und vertikalem Winddruck, so erhält man nachfolgende Werte:

Lothrechte Gesamtdachlast (inkl. Schnee- und Winddruck) in kg pro qm Dachfläche.

Art der Dächer	Dachneigung $\frac{h}{w} =$									Durchschnitt
	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	
Einfaches Ziegeldach	—	—	—	—	—	—	215	230	260	235
Doppeltes „	—	—	—	—	—	—	240	255	285	260
Schieferdach . . .	—	—	—	—	—	180	190	205	235	205
Theerpappendach . .	120	120	125	125	130	135	145	160	190	140
Metalldach	130	130	135	135	140	145	155	170	200	150

Die Verteilung der Dachlast auf die einzelnen Unterstützungspunkte der Sparren fällt verschieden aus, je nachdem der Sparren als kontinuirlicher Träger betrachtet wird und hieraus die Stützendrucke ermittelt werden, oder ob man sich den Sparren in den Knotenpunkten durchschnitten denkt (charnierartige Verbindung), in welchem Falle die Belastungen der Unterstützungspunkte wie beim freiaufliegenden Träger ermittelt werden. Wegen der bei den Holzkonstruktionen ausreichenden annäherungsweisen Berechnung und bei dem Umstande, dass die früher für den kontinuirlichen Balken angegebenen Auflagerdrücke bedeutend anders ausfallen, wenn die Stützpunkte in folge des Sichsetzens der Konstruktion nicht genau mehr in einer geraden Linie bleiben, wird hier die Lastverteilung nach der zweiten Art angenommen werden. Bei grösseren Dachkonstruktionen ist

auch das Eigengewicht der Dachbinder zu berücksichtigen, welches entweder zur Last der Dachfläche addirt, oder in entsprechender Weise auf die belasteten Knotenpunkte verteilt werden kann. Man nimmt dasselbe auf Grund approximativer Schätzung der Holzstärken des Binders an und versichert sich zum Schluss, dass das Resultat der Berechnung nicht zu viel von der gemachten Annahme abweicht. Im Nachfolgenden sollen für einige typische Dachkonstruktionen die Beanspruchungen der einzelnen Konstruktionsteile ermittelt werden.

1. Das einfache Sparrendach. Das Schema desselben zeigt Fig. 205, in welcher AC, BC die Mittellinien der Sparren und AB die

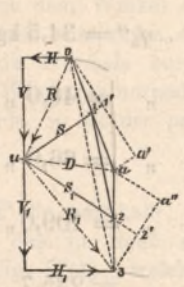


Fig 205a.

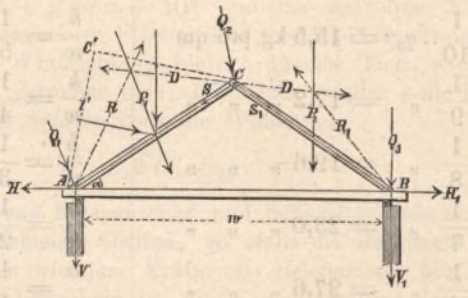


Fig. 205.

Oberkante des Sparrens vorstellen mögen. Das Dachprofil bildet eine unverschiebliche Figur (Dreieck), welche bei der vorausgesetzten charnierartigen Verbindung der Sparren unter sich und mit dem Balken auch bei einseitiger Belastung sich im Gleichgewicht befinden kann.

Ist e die Entfernung der Gespärre, so ist die auf 1 Sparren treffende vertikale Last aus Eigengewicht und Schneedruck

$$e\left(\overline{AC}\cdot q_1 + \frac{w}{2}\cdot q_2\right) = P_2\,,$$

welche auf den Sparren BC wirke; die Belastung des Sparrens AC erhält man dann, wenn mit P_2 der Winddruck

$$e\cdot\overline{AC}\cdot q_3$$

zur Resultante P_1 vereinigt wird. P_1 und P_2 sind im Kräfteplan Fig. 205a durch die Strecken $0a$ und $a3$ dargestellt. Jeder Sparren ist als ein an beiden Enden unterstützter Balken zu betrachten, der gleichmässig durch die Kraft P_1 bezw. P_2 belastet ist. Die Belastung der Stützpunkte ist also gleich den Hälften jener Lasten. Die ganze Belastung des Daches verteilt sich also so auf A, B und C, dass in A die Kraft $Q_1 = \frac{P_1}{2} = 01$, in C die Resultante aus $\frac{P_1}{2} = 1a$ und $\frac{P_2}{2} = a2$, nämlich $Q_2 = 12$ und in B die Kraft $Q_3 = 23$ wirkt. Die Kräfte Q_1 und Q_3 werden direkt auf den Balken übertragen, während Q_2 durch das Gespärre ACB aufgenommen wird.

Beanspruchung der Sparren. Der Sparren AC erhält im Stützpunkte A von dem Balken und im First C von dem Gegensparren BC Reaktionen R und D, welche mit der Belastung P_1 desselben im Gleich-

gewicht stehen müssen; die Richtungen der drei Kräfte D, P_1 und R schneiden sich also in einem und demselben Punkte.

Die Reaktion D des Sparrens BC ergiebt sich, wenn die Einwirkung auf letzteren im Punkte C bestimmt und diese Kraft in entgegengesetzter Richtung an AC angebracht wird. Die äussere Kraft Q_2 erzeugt in den Sparren AC und BC die Axialdrücke S und S_1; denkt man sich den Sparren BC hinweggenommen, so muss in C eine Kraft substituirt werden, welche der Wirkung der Kräfte $2u = S_1$ und $a2 = \frac{P_2}{2}$ gleichkommt, also die Resultante D aus diesen Kräften. Dieser Kraft D gleich, aber entgegengesetzt, ist die Einwirkung des Sparrens AC gegen BC. Die Reaktion R des Balkens ergiebt sich als Resultante aus der Sparrenkraft S und dem Lastteil Q_1; ähnlich findet man für die rechte Dachseite die Reaktionen D und R_1 gegen den Sparren BC.

Unter der Wirkung der Kräfte R, D und der gleichmässig verteilten Last P_1 ist der Sparren AC im freien Gleichgewicht (Fig. 206). Die Last P_1 kann in eine normal zum Sparren wirkende Komponente N und eine in der Sparrenaxe wirkende Seitenkraft S_0 zerlegt werden. Es sei l die Sparrenlänge, φ der Winkel der Kraft P_1 mit der Normalen zur Sparrenrichtung; dann ist

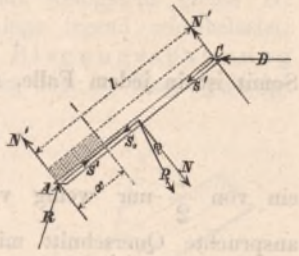


Fig. 206.

$$N = P_1 \cdot \cos\varphi$$

die Normalbelastung des Sparrens; oder wenn $p_1 = \frac{P_1}{l}$ die Last pro Längeneinheit bezeichnet

$$N = p_1 \cdot \cos\varphi \cdot l.$$

Diese Normalbelastung ruft in A und C zwei Auflagerdrücke N' und N'' (die Normalkomponenten von R und D)

$$N' = N'' = \frac{p_1 \cos\varphi \cdot l}{2}$$

und in einem Querschnitt in der Entfernung x von A eine Biegungsspannung

$$\sigma_1 = \frac{p_1 \cos\varphi \cdot x\,(l - x)}{2\,F \cdot \varepsilon}$$ hervor;

(hierbei ist mit F der Sparrenquerschnitt und mit ε dessen Kernweite bezeichnet).

Die Axialkomponente

$$S_0 = p_1 \sin\varphi \cdot l$$

erzeugt in A und C Auflagerkräfte S' und S'', deren algebraische Summe

$$S' - S'' = S_0$$

ist, und in dem betrachteten Querschnitt in der Entfernung x vom Fusspunkt A eine Druckspannung

$$\sigma_2 = \frac{S' - p_1 \sin\varphi \cdot x}{F}.$$

Die Gesamtspannung in den äussersten Fasern des betrachteten Querschnitts ist somit

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{p_1 \cos\varphi \,.\, x\,(l-x)}{2\,F\,.\,\varepsilon} + \frac{S' - p_1 \sin\varphi \,.\, x}{F}.$$

Diese Spannung wird ein Maximum für

$$\frac{d\,\sigma}{d\,x} = \frac{p_1 \cos\varphi\,(l-2\,x)}{2\,F\,.\,\varepsilon} - \frac{p_1 \sin\varphi}{F} = 0,$$

woraus

$$x_0 = \frac{l}{2} - \varepsilon \operatorname{tang}\varphi.$$

Die Kernweite ε beträgt für den rechteckigen Querschnitt:

$$\varepsilon = \frac{h}{6}.$$

Somit ist in jedem Falle, selbst bei steilen Dächern

$$x_0 = \frac{l}{2} - \frac{1}{6}\,h \operatorname{tang}\varphi$$

ein von $\frac{l}{2}$ nur wenig verschiedener Wert und kann der am meisten beanspruchte Querschnitt mit dem Sparrenmittel zusammenfallend angenommen werden. Dann hat man also

$$x_0 = \frac{l}{2} \text{ und}$$

die Maximalspannung im Bruchquerschnitt:

$$\sigma = \frac{p_1\, l^2 \,.\, \cos\varphi}{8\,F\,\varepsilon} + \frac{S' - \frac{1}{2}\,p_1\, l \sin\varphi}{F}.$$

Diese Gleichung liefert durch Ausprobiren auch die Grösse der Querschnittsfläche F, wenn die Belastung und die zulässige Spannung als bekannt angesehen werden. Die Normalkomponente $p_1\, l \,.\, \cos\varphi$ ist im Kräfteplan durch die Strecke $0\,1'$, die Axialkomponente $S' - p_1 \frac{l \,.\, \sin\varphi}{2}$ durch $u\,1 = S$ dargestellt und kann auf dem Massstab, in welchem der Kräfteplan gezeichnet ist, die Grösse der Strecken abgelesen werden.

Aehnlich lässt sich die Beanspruchung des Sparrens $B\,C$ bestimmen; derselbe wird durch die Normalkomponente $3\,a''$ auf Biegung und durch die Axialkraft $S_1 = u\,2$ auf Druck, bezw. Knickung beansprucht; aus dieser Beanspruchung ergiebt sich wie vorhin der erforderliche Querschnitt; je ein Gespärre erhält natürlich gleichen Querschnitt und ist hierbei der grössere der für $A\,C$ und $B\,C$ erhaltenen Querschnitte zu nehmen.

Im Firste C wirken die beiden Sparren mit der Kraft D gegeneinander, welche sich in eine horizontale und eine vertikale Komponente zerlegen lässt; mit ersterer pressen sich beide Sparren horizontal gegeneinander, während letztere eine Verschiebung der Sparrenenden in vertikaler Richtung anstrebt; Diesem Bestreben muss durch Verbohren des Schlitzzapfens in C entgegengearbeitet werden.

Beanspruchung des Balkens. Der Balken $A\,B$ (Fig. 205) empfängt von den Dachsparren die schrägen Kräfte R und R_1, thätig in den Verbindungsstellen dieser Hölzer. R sowohl als R_1, lässt sich zerlegen in eine

horizontale Komponente H bezw. H_1, welche der Sparrenschub heisst, und eine vertikale Nebenkraft V oder V_1, welche von den die Unterstützung der Balkenköpfe bildenden Mauerlatten meistens direkt aufgenommen werden und in diesem Falle bei der Berechnung des Balkens ausser Acht gelassen werden können. Die Beanspruchung des Balkens durch die Dachkonstruktion besteht also lediglich in exzentrischem Zug, erzeugt durch H und H_1, welche im ungünstigsten Fall an der oberen Balkenkante wirkend gedacht werden müssen. Die Differenz $H_1 - H$ in der Horizontalspannung des Balkens muss durch die Mauerlatten aufgenommen werden, welche einer Verschiebung des Balkens in horizontaler Richtung durch Reibung entgegenwirken, die von den Vertikalkräften V und V_1 zwischen Mauerlatte und Mauerwerk erzeugt wird. Die Verteilung der Differenz $H_1 - H$ auf A und B lässt sich nicht bestimmen; innerhalb $A\,B$ wirkt im Balken eine Horizontalkraft wenigstens gleich H, höchstens gleich H_1. Ist ausserdem die Dachbalkenlage irgend wie belastet, so kommt zur Längsspannung des Balkens noch eine Biegungsspannung hinzu, welche in jedem speziellen Fall nach dem früher über die Biegungsfestigkeit der Hölzer Mitgeteilten leicht zu bestimmen ist.

Die Verbindung des Sparrenfusses mit dem Balken durch Verzapfung oder Versatzung etc. muss so erfolgen, dass der Sparrenschub H von derselben aufgenommen werden kann. Die abscherende Wirkung dieses Schubs bedingt eine gewisse Länge λ des Balkenkopfes vor jener Verbindung, welche sich nach der in Fig. 207 eingeführten Bezeichnung ergiebt aus

$$\mathfrak{s} \cdot \lambda\,(\beta + 2\,\delta) = H,$$

wenn $\mathfrak{s}$ den zulässigen Koeffizienten der Abscheerungsfestigkeit des Holzes bezeichnet. Die Kraft R hat bei diesen Dächern immer eine solche Richtung, dass ein Ausheben des Zapfens oder der Versatzung nicht denkbar ist, weshalb hier der Zapfen immer unverbohrt bleiben kann; nur bei sehr steilen Dächern wird zur Sicherung der Verbindung zuweilen eine Verklammerung oder Verblattung nach Fig. 193 hergestellt.

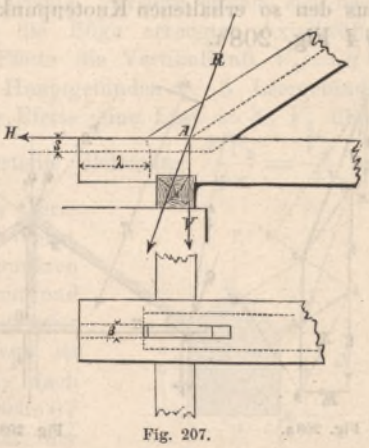


Fig. 207.

Die Aufgabe, die Dimensionen der Dachkonstruktionen zu ermitteln, kommt häufig in der Form vor, dass die Hauptanordnung und die Sparrenstärken gegeben sind und gefragt wird, wie weit der Sparren unter der gegebenen Belastung frei gelegt werden kann. Führt man unter Zugrundelegung der früher angegebenen Belastungskoeffizienten diese Bestimmung durch, so ergeben sich nachstehende Resultate:

Bei einer Sparrenstärke von 12/15 cm und einer Sparrenentfernung gleich 0,90 m von Mitte zu Mitte beträgt die grösste freitragende Länge des Sparrens l, wenn die Beanspruchung 70 bis 80 kg pro Quadratcentimeter nicht überschreiten soll:

beim Theerpappendach . $\left(\frac{h}{w} = \frac{1}{8}\right)$ $l = 4{,}50 - 5{,}0$ m $(w = 8{,}7 - 9{,}7$ m)

„ Metalldach . . . $\left(\frac{h}{w} = \frac{1}{8}\right)$ $l = 4{,}40 - 4{,}80$ m $(w = 8{,}5 - 9{,}3$ m)

beim Schieferdach . . . $\left(\frac{h}{w}=\frac{1}{4}\right)$ $l=3{,}90—4{,}20$ m ($w=7{,}0—7{,}5$ m)

„ einfachen Ziegeldach $\left(\frac{h}{w}=\frac{1}{2}\right)$ $l=3{,}80-4{,}1$ m ($w=5{,}4—5{,}8$ m)

„ doppelten Ziegeldach $\left(\frac{h}{w}=\frac{1}{2}\right)$ $l=3{,}60-3{,}90$ m ($w=5{,}1—5{,}50$ m)

Unter gleichen Voraussetzungen und einer Sparrenstärke von 13/16 cm kann für das

Metalldach (und Theerpappendach) $l=4{,}90—5{,}20$ m ($w=9{,}5—10{,}0$ m)
Schieferdach . . . . . $l=4{,}30—4{,}70$ m ($w=7{,}6—8{,}4$ m)
doppelte Ziegeldach . . . . . $l=4{,}0—4{,}40$ m ($w=5{,}7—6{,}3$ m)
höchstens angenommen werden.

Sparrendach mit Firstpfette (Fig. 208). Durch die Anordnung einer Firstpfette im einfachen Sparrendach gestaltet sich die Beanspruchung der Dachkonstruktionsteile wesentlich anders als im vorigen Fall. Zur Ermittlung derselben verteile man die Gesamtlasten P_1 und P_2 der Sparren AC und BC in der bekannten Art auf die Unterstützungspunkte A, B und C und zeichne aus den so erhaltenen Knotenpunktsbelastungen Q_1, Q_2 .. Q_4 das Kräftepolygon $0\,4$ Fig. 208a.

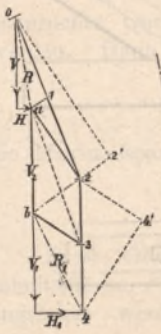


Fig. 208a.

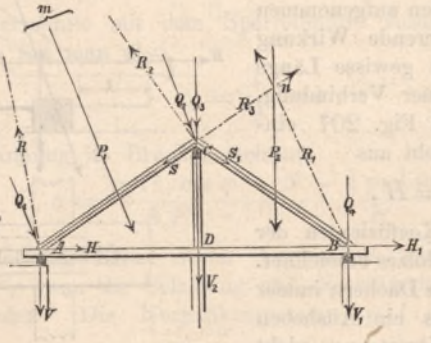


Fig. 208.

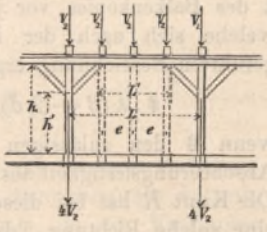


Fig. 208b.

Die Einwirkung der Sparren gegen die Firstpfette, oder umgekehrt die Reaktion der letzteren gegen die Sparren ist hauptsächlich abhängig von der Art und Weise der Verbindung der Hölzer in C. Der Fig. 208 liegt die Annahme zu Grunde, dass die Sparren AC und BC nur einfach auf der Pfette aufliegen und eine Aufkämmung der Sparren nicht vorhanden, oder wenigstens nicht wirksam ist. In diesem Falle können die Reaktionen der Pfette offenbar als normal zu den Sparren gerichtet angenommen werden, wenn von dem geringen Betrag der Reibung zwischen der Auflagerfläche abgesehen wird. Betrachtet man den Sparren AC für sich allein, so ergeben sich zunächst aus Q_2 die Kräfte $R_2=2a$ und $R=1a$, wenn Q_2 nach den Richtungen AC und einer dazu Senkrechten in 2 Komponenten zerlegt wird. Bei symmetrischer Belastung des Daches ergeben sich für jedes Gespärre die Pfettenreaktionen R_2 und R_3 gleich gross und symmetrisch zur Mittellinie CD wirkend und lassen sich in vertikale Kräfte zusammenfassen, welche von dem Stuhl CD aufgenommen werden können. Ist dagegen, wie in Fig. 208, das Dach unsymmetrisch belastet, so sind die auf den Stuhl übertragenen Kräfte schräg gerichtet und von ihren Komponenten in horizontaler und vertikaler

Richtung werden nur die vertikalen aufgenommen, während die Horizontalkomponenten in den Gegensparren, welche den kleineren Auflagerdruck R_3 hervorbringen, $(A\,B)$ einen Schub S_1 erzeugen, welcher der Grösse nach erhalten wird, wenn man in Fig. 208a die Resultante $a\,3$ in $b\,3 \parallel B\,C$ und $a\,b \parallel C\,D$ zerlegt. $V_2 = a\,b$ ist dann der von jedem Sparrenpaar auf die Firstpfette übertragene senkrechte Druck, sowie $b\,2 = R_3$ die Reaktion der Pfette gegen den Sparren $B\,C$, welche Kraft mit P_2 und der Resultirenden R_1 aus S_1 und Q_4 im Gleichgewicht stehen muss. Die im First C vorhandenen äusseren und inneren Kräfte Q_2, Q_3, S, S_1 und V_2 sind nach Fig. 208 im Gleichgewicht: das aus denselben gezeichnete Kräftepolygon $1\,2\,3\,b\,a\,1$ schliesst sich.

Beanspruchung der Sparren. Der Sparren $A\,B$ wird wieder auf Biegung und Druck beansprucht: auf Biegung durch die Normalkomponente $0\,2'$ der Kraft P_1, welche als eine über die Sparrenlänge gleichmässig verteilte Last anzusehen ist, auf Druck, bezw. Knickung durch die Axialkraft $S = 1\,a$; der Sparren $B\,C$ wird durch die Kraft $4\,4'$ auf seine Biegungs- und durch $S_1 = b\,3$ auf seine Knickfestigkeit beansprucht. Selbstverständlich bestimmt man den Querschnitt des Gebinds nach der grösseren der beiden Inanspruchnahmen.

Beanspruchung der Firstpfette und Stuhlsäule. Erstere ergiebt sich nach Seite 107 unter Berücksichtigung der durch die Büge erzeugten Axialkräfte. In jedem Leergebind wirkt senkrecht zur Pfette die Vertikalkraft $V_2 = a\,b$. Liegen zwischen den aufeinanderfolgenden Hauptgebinden je 3 Leergebinde, so wird zwischen zwei Stuhlsäulen auf die Pfette eine Last $= 4 \,.\, V_2$ übertragen, statt welcher eine gleichmässig verteilte Belastung $\frac{4\,V_2}{4\,e} = \frac{V_2}{e}$ pro laufenden Meter eingesetzt werden darf. Der Querschnitt der Pfette ergiebt sich sodann in der Weise, dass man die Pfette an den Unterstützungspunkten (durch die Kopfbüge) durchschnitten annimmt und einen freiaufliegenden Träger von der Stützweite L' berechnet. Der Querschnitt der Firstpfette ist entweder rechteckig, oder häufiger fünfeckig nach Fig. 209. Im ersteren Fall giebt die Tabelle Seite 67 das Widerstandsmoment desselben an. Ist der Querschnitt der Pfette fünfeckig, so betrachte man denselben als aus dem Rechteck $A\,B\,C\,D$ und dem Dreieck $C\,D\,E$ bestehend. Bei lotrechter Belastung sind die Symmetrieaxe $O\,Y$ und die durch den Schwerpunkt O gezogene Horizontale $O\,X$ Hauptträgheitsaxen des Querschnitts. Die Entfernung der neutralen (Schwerpunkts-) Axe von der Basis $A\,B$ berechnet sich zu

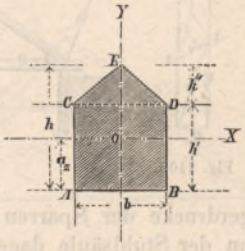


Fig. 209.

$$a_z = \frac{1}{3}\,\frac{h^2 + h\,h' + h'^2}{h + h'}.$$

Das Trägheitsmoment der Figur $A\,B\,C\,D\,E$ besteht aus den beiden Trägheitsmomenten t_1 des Dreiecks $C\,D\,E$ und t_2 des Rechtecks $A\,B\,C\,D$. Beide bezogen auf die Gerade $C\,D$ sind:

$$t_1 = \frac{b\,h''^3}{12}; \quad t_2 = \frac{b\,h'^3}{3},$$

somit das hier in Frage kommende Trägheitsmoment des Fünfecks bezogen auf $O\,X$: wenn F die Querschnittsfläche

$$t = t_1 + t_2 + F\,.\,(h' - a_z)^2 = \frac{b}{3}\left(\frac{h''^3}{4} + h'^3\right) + F\,(h' - a_z)^2.$$

Die Widerstandsmomente des Querschnitts ergeben sich hieraus zu

$$W_1 = \frac{t}{a_z}; \quad W_2 = \frac{t}{h - a_z}.$$

Die Berechnung der Stuhlsäulen hat für eine zerknickende Kraft gleich $4\,V_2$ und eine Knickungslänge h' oder h zu erfolgen, je nachdem man die Kopfbüge als die Firstpfette mit unterstützend, oder bloss den Längsverband des Daches bewirkend annimmt. Im letzteren Falle wäre dann auch die Pfette für die grössere Länge L, Fig. 208b, zu berechnen.

Beanspruchung der Balken. Die Beanspruchung eines Balkens im Leergebind ergiebt sich aus den Kräften R und R_1 (von welchen wieder nur ihre horizontalen Komponenten in betracht kommen, da die vertikalen V und V_1 direkt von der Mauerlatte aufgenommen werden) und aus der etwa vorhandenen Belastung des Dachraumes. Im Bundbalken tritt zu diesen Kräften noch der vertikale von der Stuhlsäule ausgeübte Druck $4\,V_2$, welcher eine Unterstützung der Balkenlage in der Mitte sehr wünschenswert erscheinen lässt.

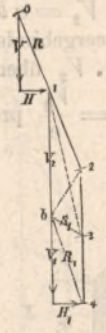


Fig. 210a.

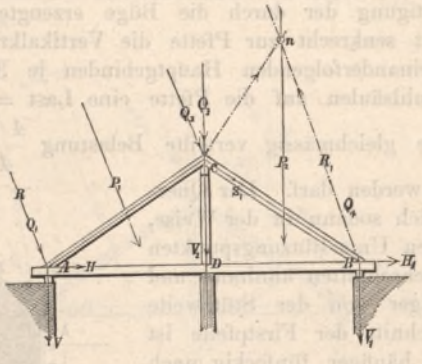


Fig. 210.

Fig. 210 stellt die statischen Verhältnisse desselben Dachstuhles unter der Annahme dar, dass die Sparren als mit der Firstpfette fest verkämmt angenommen werden dürfen. In diesem Fall kann die Reaktion der Pfette gegen den Sparren eine beliebige Richtung haben; es werden also die Kräfte Q_2 und Q_3, welche die Auflagerdrucke der Sparren AC und BC in C vorstellen, direkt aufgenommen. Von der Stuhlsäule dagegen kann gegen die Pfette nur ein lotrechter Druck ausgeübt werden. Die horizontale Resultante der Last Q_{2-3} muss wieder vom Sparren BC aufgenommen werden, wenn, wie hier vorausgesetzt, am Sparrenfusspunkte A keine feste Verbindung zwischen Balken und Sparren vorhanden ist, der letztere also einen Zug nicht aufnehmen kann. In diesem Fall erhält der Sparren BC einen Druck S_1 längs seiner Axe, den man findet, wenn man Q_{2-3} nach den Stabrichtungen CD und CB in V_2 und S_1 zerlegt, während im Sparren AC gar keine Axialkraft vorhanden ist, derselbe also lediglich auf Biegung beansprucht wird. Die Beanspruchung der einzelnen Konstruktionsteile lässt sich im Uebrigen in analoger Weise wie vorhin finden.

In den beiden Fällen hat sich ergeben, dass durch die Anordnung einer Firstpfette ein bedeutend geringerer Sparrenschub als beim einfachen Sparrendach zum Vorschein kommt. Bei symmetrischer Belastung wird sogar in zuletzt betrachteten Falle der Schub in beiden Sparren gleich Null, die Sparren nur durch die gleichen Lasten P_1 und P_2 auf Biegung auf ihre freiliegende Länge beansprucht. Auf eine feste Verbindung zwischen Sparren und Pfetten ist also haupt-

sächlich in jenen Fällen zu dringen, wo man den Schub der Sparren ganz beseitigen will (Kniestockdächer).

Kehlbalkendach. Das Schema des Kehlbalkendaches zeigt Fig. 211. Wenn die zur einfachen Berechnung der Dachstühle bisher gemachte Voraus-

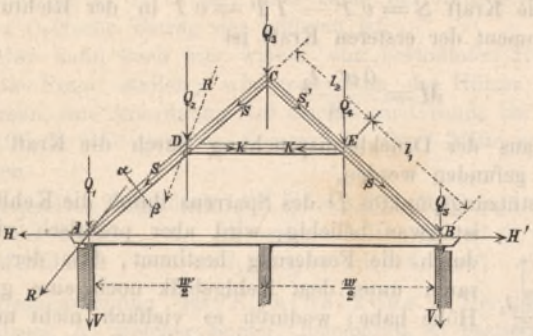


Fig. 211.

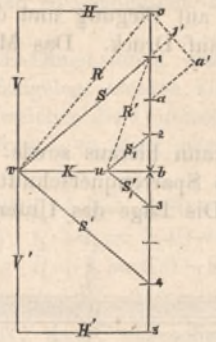


Fig. 211a.

setzung, dass die Hölzer in den Knotenpunkten scharnierartig verbunden sind, beibehalten werden soll, so kann bei diesem Dache nur eine symmetrische Belastung angenommen werden, da das Gebind desselben keine unverschiebliche Figur bildet.

In Wirklichkeit bringt eine einseitige Belastung eine elastische Durchbiegung der Sparren nach Fig. 212 zum Vorschein, welcher dadurch am einfachsten begegnet werden kann, dass man das Trapez $A\,B\,D\,E$ durch Anordnung einer Diagonalen $A\,E$ unverschieblich macht. Um die Beanspruchung der Konstruktionsteile eines solchen Kehlbalkendaches in einfacher Weise bestimmen zu können, nehmen wir, was aus früher angegebenen Gründen auch geschehen kann, eine symmetrische Belastung des Daches an, nach Massgabe der in der Tabelle auf pag. 155 enthaltenen Belastungskoeffizienten. Unter der Voraussetzung, dass die Sparren in D und E diskontinuirlich sind, verteilt sich dann die auf einen Sparren treffende Gesamtlast so, dass in A die halbe Belastung der Dachfläche $A\,D$, in D die Last von $\frac{1}{2}\,(A\,D + D\,C)$, in C die Last von $\frac{1}{2}\,(D\,C + C\,E)$ etc. anzubringen ist. Die respektiven Grössen dieser Einzellasten seien in Fig. 211a zum Kräftepolygon $0\,5$ aneinandergereiht.

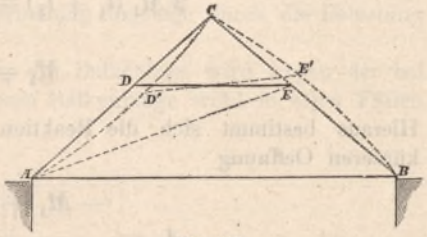


Fig. 212.

Die im First C wirkende Kraft Q_3 zerlegt sich zunächst in die beiden Sparrenkräfte S_1 und S_1'; im Knotenpunkt D giebt S_1 mit Q_2 die Resultante R', welche im Kehlbalken und unteren Teil des Sparrens die Druck-Kräfte K und S hervorruft. S und Q_1 vereinigen sich in A zur Resultante R, deren Komponenten in horizontaler und vertikaler Richtung H und V sind. Wegen der Symmetrie der Belastung ist auch die Kräftewirkung symmetrisch zur Mittellinie des Dachprofils.

Die Berechnung des Sparrens hat nach dem unteren Teil

desselben zu geschehen, da derselbe meistens die grössere freitragende Länge besitzt und auch hier der Axialdruck am grössten ist. Derselbe kann als ein beiderseits in A und D frei aufliegender durch das Gewicht $q \cdot l_1$ belasteter Balken angesehen werden. Auf den Querschnitt $\alpha\beta$ in der Mitte von AD wirken die Normalkomponenten der Last der Dachfläche AD ($0a'$ im Kräfteplan) auf Biegung und die Kraft $S = v1' - 11' = v1$ in der Richtung der Axe auf Druck. Das Moment der ersteren Kraft ist

$$M = \frac{\overline{0a'} \cdot l_2}{8}$$

und kann hieraus sowie aus der Druckbeanspruchung durch die Kraft S der nötige Sparrenquerschnitt gefunden werden.

Die Lage des Unterstützungspunktes D des Sparrens durch die Kehlbalken ist zwar beliebig, wird aber praktisch vielfach durch die Forderung bestimmt, dass der Dachraum unter dem Kehlgebälk noch eine gewisse Höhe habe; wodurch es vielfach nicht möglich ist, die Unterstützung in der Sparrenmitte, als die günstigste, zu bewerkstelligen. Wegen der in Wirklichkeit immer vorhandenen Kontinuität des Sparrens ist aber hierbei das folgende zu beachten. Liegt ein elastischer mit q kg pr. Längeneinheit senkrecht zu seiner Axe belasteter Stab AB auf drei ungleich von einander entfernten in einer Geraden liegenden Stützpunkten auf, Fig. 213, so erhält man zunächst nach den Fundamentalgleichungen des kontinuirlichen Trägers (Seite 82)

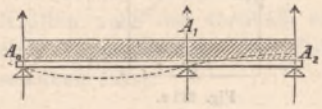


Fig. 213.

$$2 M_1 (l_1 + l_2) = \frac{q (l_1^3 + l_2^3)}{4} \quad \text{oder}$$

$$M_1 = \frac{q (l_1^3 + l_2^3)}{8 (l_1 + l_2)}.$$

Hieraus bestimmt sich die Reaktion der Stütze am freien Balkenende der kürzeren Oeffnung

$$A_2 = \frac{-M_1 + \frac{q l_2^2}{2}}{l_2} = \frac{q l_2}{2} - \frac{M_1}{l_2}$$

$$A_2 = \frac{q l_2}{2} - \frac{q (l_1^3 + l_2^3)}{8 l_2 (l_1 + l_2)} = \frac{3 q l_2}{8} - \frac{q l_1}{8 l_2} (l_1 - l_2).$$

Dieser Stützendruck kann Null oder negativ werden, wenn nämlich

$$\frac{3 q l_2}{8} - \frac{q l_1}{8 l_2} (l_1 - l_2) \gtreqless 0, \text{ d. h.}$$

$$l_2 \gtreqless \frac{l_1}{6} (\sqrt{13} - 1)$$

$$l_2 \gtreqless 0{,}434\, l_1 \text{ ist.}$$

Wendet man das erhaltene Resultat auf den Sparren AC an, so ergiebt sich, dass der Druck in C Null wird, wenn $l_2 = 0{,}434\, l_1$ ist. In diesem Falle üben die Sparren keinerlei Wirkung im First gegen einander aus und ruht die Dachlast lediglich auf den Unterstützungspunkten in D und A. Würde $l_2 < 0{,}434\, l_1$, so entstände in C ein negativer Auflagerdruck, d. h. beide

Sparrenenden hätten das Bestreben, sich von einander zu entfernen und aus der Verzapfung sich herauszuziehen. In gleicher Weise würde sich am Sparrenfuss A eine aufwärts wirkende Kraft geltend machen, wenn die Sparrenunterstützung so geschähe, dass $l_1 \lessgtr 0{,}434\ l_2$ ist. Um diese ungünstigen Angriffe in den Auflagerpunkten A und C zu vermeiden, ordnet man die Zwischenunterstützung in D so an, dass keine der freiliegenden Sparrenlängen kleiner als der 0,4fache Betrag der anderen ist.

Man kann auch hier wieder von bestimmten Holz-Dimensionen ausgehen und die Frage stellen, wie weit dann die Hölzer freigelegt werden können. Legt man eine Anordnung des Daches zu Grund, bei welcher die Unterstützung der 0,90 m weit gelegten Sparren in ihrer Mitte erfolgt, so darf höchstens betragen

beim doppelten Ziegeldach $l_1 = l_2 = 3{,}40—3{,}70$ m; somit $l_1 + l_2 = 6{,}80—7{,}4$ m
„ Schieferdach . . . $l_1 = l_2 = 3{,}70—4{,}0$ m; „ $l_1 + l_2 = 7{,}40—8{,}0$ m
„ Metalldach . . . $l_1 = l_2 = 4{,}0—4{,}4$ m; „ $l_1 + l_2 = 8{,}0—8{,}8$ m.

Beanspruchung des Kehlbalkens. Der Kehlbalken erleidet einen Axialdruck K, welcher seinen Querschnitt so bestimmt, dass, abgesehen von einer etwa vorhandenen Nutzlast des Kehlgebälkes,

$$f = \frac{K}{p}\,\mu.$$

Die Berechnung des Kehlbalkenquerschnitts nach obiger Beanspruchung ergiebt meist zu geringe Masse, als dass die Verbindungen des Kehlbalkens mit den Sparren noch solid hergestellt werden kann. Der Querschnitt ist deshalb den üblichen praktischen Massen entsprechend anzunehmen.

Der Balken wird durch die Horizontalkräfte $H = H'$ auf seine Zugfestigkeit beansprucht, mit welcher Beanspruchung diejenige durch die Belastung des Dachraumes zu kombiniren ist.

Eine einmalige Zwischenunterstützung der Balkenlage wird wegen der bei diesen Dächern sich herausstellenden grossen Balkenlänge wohl in allen Fällen notwendig werden.

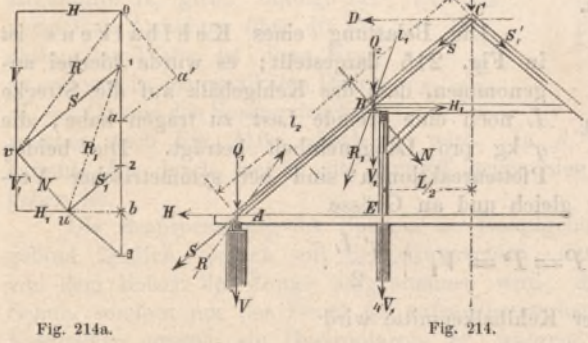


Fig. 214a.

Fig. 214.

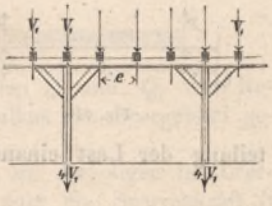


Fig. 214b.

Kehlbalkendach mit stehendem Stuhl. Das Profil eines Hauptgebindes zeigt Fig. 214 und lässt erkennen, dass dasselbe keine unverschiebliche Figur bildet, weshalb der einfacheren Untersuchung wegen wieder eine symmetrische Belastung vorausgesetzt wird, so dass sich eine zur

Mittellinie des Dachprofils symmetrische Kräfteverteilung ergiebt. Die auf die Unterstützungspunkte des Sparrens in A, B und C wirkenden Belastungsquoten seien $Q_1 = 0\,1$, $Q_2 = 1\,2$ und $Q_3 = 2\,3$ (Fig. 214a). Die Last Q_3 im Scheitel zerlegt sich wieder in die beiden Sparrenkräfte S_1 und S_1', welche einander gleich sind. Im Punkte B setzt sich die Axialkraft S_1 mit der äusseren Kraft Q_2 zur Resultante R_1 zusammen, welche von dem Kehlbalken und dem unteren Teil AB des Sparrens aufgenommen werden muss. Die Verbindung des Sparrens mit dem Kehlbalken, welche gewöhnlich durch einen Zapfen erfolgt, kann hier ausser Acht gelassen und angenommen werden, dass der Sparren einfach in B auf dem Kehlbalken aufliegt, die Reaktion des Kehlbalkens also, wenn von der Reibung zwischen beiden Hölzern abgesehen wird, normal zur Schnittfläche derselben wirkt. Hierdurch ist die Zerlegung der Kraft in die Komponenten S und N bestimmt und werden die Grössen der letzteren erhalten, wenn im Kräfteplan $1v \parallel AB$ und $uv \parallel BN$ gezogen wird. Der Kehlbalken an und für sich kann nur eine in der Richtung seiner Axe gelegene Kraft, also von N nur die horizontale Komponente H_1, aufnehmen; die Vertikalkomponente V_1 dieser Kraft geht auf das Rahmholz über.

Am Fusspunkt A des Sparrens wirken wieder die Kräfte V und H, welche die Summen der vertikalen und horizontalen Komponenten der dortselbst auf den Balken wirkenden Kräfte S und Q_1 sind.

Beanspruchung der Sparren. Die Beanspruchung der Sparren ist bei der in Fig. 214 gegebenen, meist vorkommenden Anordnung, wo $AB > BC$, am grössten in dem mittleren Querschnitt des Stückes AB. Der Sparren verhält sich hier wie ein auf die Länge l_2 freiliegender durch die Dachlast $q\,l_2 \cos\alpha \,.\, l = 0\,a'$ gleichmässig belasteter Stab, der ausserdem noch einen Druck $S = 1v$ längs seiner Axe auszuhalten hat. Die Grösse der Transversal- sowohl als der Axialkraft ist aus dem Kräfteplan zu entnehmen und hieraus der erforderliche Balkenquerschnitt in bekannter Weise abzuleiten. Eine Vergleichung des Diagramms für das vorstehende Dach mit dem für das Kehlbalkendach in Fig. 211a dargestellten zeigt, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die Beanspruchung auf Biegung in beiden Fällen gleich, diejenige auf axialen Druck aber hier etwas geringer als dort ist. Die für das Kehlbalkendach angegebenen Dimensionen für die freitragende Länge eines 12/15 cm starken Sparrens dürften im grossen und ganzen auch hier noch beibehalten werden können.

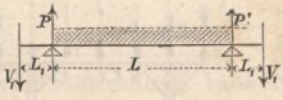


Fig. 215.

Die Belastung eines Kehlbalkens ist in Fig. 215 dargestellt; es wurde hierbei angenommen, dass das Kehlgebälk auf die Strecke L noch eine fremde Last zu tragen habe, die q' kg pro Längeneinheit beträgt. Die beiden Pfettenreaktionen sind bei symmetrischer Verteilung der Last einander gleich und an Grösse

$$P = P' = V_1 + \frac{q'\,L}{2}.$$

Das Biegungsmoment in der Kehlbalkenmitte wird

$$M_m = \frac{q'\,L^2}{8} - V_1\,L_1,$$

dasjenige über den Pfetten

$$M_p = -\,V_1\,L_1,$$

von welcher das grössere (M_m) in Rechnung zu stellen ist, die Gesamtdruckspannung im mittleren Querschnitt (f) ist dann

$$p_m = \frac{H_1}{f} + \frac{M \max}{W}.$$

Das Rahmholz ist wie ein Unterzug zu berechnen, der mit $q'' = V_1 + \frac{q' L}{2}$ pro Längeneinheit gleichmässig belastet und nach Fig. 214 in Abständen gleich $4\,c$ durch Stuhlsäulen gestützt ist.

Die Beanspruchung der Stuhlsäulen sowie der Dachbalken ist nach den im Vorhergehenden gemachten Bemerkungen leicht zu bestimmen.

Kommt es darauf an, den Sparrenschub möglichst zu verringern, oder ganz zu beseitigen, so dient dazu eine möglichst vollständige Verbindung des Kehlbalkens mit dem Sparren (durch Anblattung und Verbolzung).

Alsdann wird die schräge Kraft R_1 ganz von den Kehlbalken aufgenommen werden können, welche hierbei aber nicht mehr wie vorhin längs ihrer Axe gedrückt, sondern gezogen werden; am Sparrenfuss A wirkt dann nur der Lastteil Q_1, welcher keinen Horizontalschub ausübt.

Pfettendach mit stehendem Stuhl. Die Zwischenunterstützung des Sparrens erfolgt hier unmittelbar durch die Pfette. Die Art und Weise der Lastübertragung hängt von der Verbindung beider Hölzer ab, indem hiervon die Richtung der Reaktion der Pfette gegen den Sparren abhängig ist. Mit Rücksicht auf die Art der Aufkämmung des Sparrens genügt es folgende Fälle zu betrachten:

a) die Reaktion der Pfette erfolgt nur in vertikaler Richtung. Dies tritt ein, wenn die Auflagerung des Sparrens auf die Pfette nach Fig. 216 erfolgt. Es werde zuerst das Leergebind betrachtet. Im oberen Teil $B\,C$ des Sparrens wirkt die Axialkraft S_1, welche im Unterstützungspunkt B mit der Belastung Q_2 die Resultante R_1 giebt. Zufolge der gemachten Annahme über die Reaktion der Pfette ist diese Kraft zu zerlegen in den vertikalen Druck $V_1 = Q_2$ und den Sparrendruck S, welcher nach Fig. 216a gleich S_1 wird. In A geben S und Q_1 die Resultante R, durch welche der Angriff gegen den Balken im Leergebind gegeben ist.

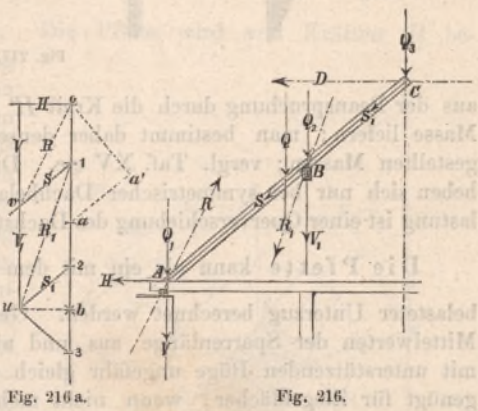


Fig. 216a. Fig. 216.

Die Beanspruchung der Sparren im Hauptgebind ist derjenigen im Leergebind ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass dort die Sparrenkraft S von dem Bolzen der Zange aufgenommen wird, der Bundbalken also keinen Schub, sondern nur den Druck Q_1 aufzunehmen hat (Fig. 217, S. 168). In dem Kehlbalken entsteht ein Horizontalzug H', während V' übergeht auf die Stuhlsäule, welche also vom Hauptgebind einen Druck $V_1' = V_1 + V'$ empfängt.

Durch Vergleichung der Diagramme Fig. 205a und Fig. 216a erkennt man, dass im Pfettendach Fig. 216 der Sparren ebenso belastet ist, wie bei einem einfachen Sparrendach, dessen Sparrenlänge gleich $A\,B$ ist. Von der

gewöhnlich eingehaltenen Sparrenstärke ausgehend, würde also in einem Pfettendach der vorstehenden Art, wenn die Zwischenunterstützung des Sparrens in seiner Mitte angeordnet wird, der Sparren nach Seite 159 eine Gesamtlänge erhalten können von höchstens

7,2 bis 7,8 m beim doppelten Ziegeldach
7,6 „ 8,2 m „ einfachen „
7,8 „ 8,4 m „ Schieferdach
8,8 „ 9,6 m „ Metalldach
9 „ 10 m „ Theerpappendach.

Der Bundsparren, obwohl er in seiner unteren Hälfte nur auf Biegung beansprucht ist, erhält gleiche Stärke mit den nach obigen Angaben zu berechnenden Leersparren. Die Berechnung des doppelten Kehlbalkenquerschnitts

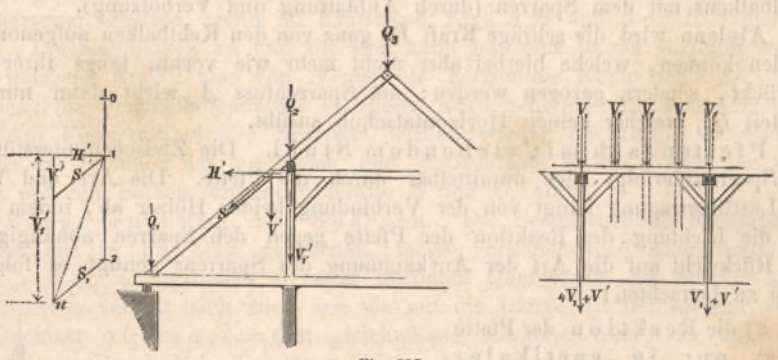


Fig. 217.

aus der Beanspruchung durch die Kraft H' würde wohl für die Praxis zu kleine Masse liefern; man bestimmt daher denselben besser nach den empirisch festgestellten Massen; vergl. Taf. XV etc. Die Horizontalkräfte H' im Kehlbalken heben sich nur bei symmetrischer Dachbelastung auf; bei unsymmetrischer Belastung ist einer Querverschiebung des Dachstuhls durch Büge etc. entgegenzutreten.

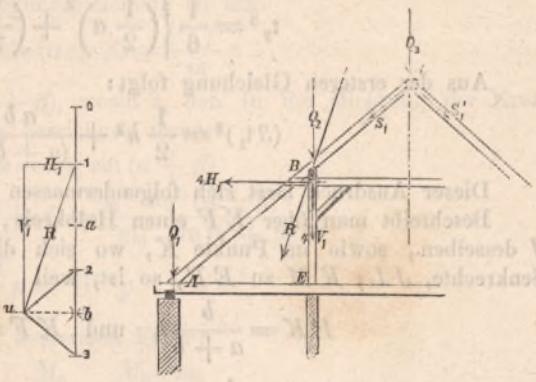
Die Pfette kann als ein mit dem gleichmässig verteilten Gewichte $\frac{V_1}{e}$ belasteter Unterzug berechnet werden. Geht man von den oben angegebenen Mittelwerten der Sparrenlänge aus und nimmt die Ausladung der die Pfette mit unterstützenden Büge ungefähr gleich der Entfernung der Sparren an, so genügt für Ziegeldächer, wenn nicht mehr als 3 Leergebinde zwischen den Hauptgebinden liegen, eine Pfettenstärke von 15/18 cm. Für Metalldächer können unter denselben Umständen 4 Leergebinde zwischen den Bindgespärren angeordnet werden, während bei Schieferdächern im letzteren Falle eine Vermehrung der Pfettenhöhe auf 20 cm geboten erscheint.

b) Die Pfette leistet eine Reaktion in vertikaler und horizontaler Richtung. Dies kann hauptsächlich in jenen Fällen angenommen werden, wo die Verkämmung zwischen Pfette und Sparren nach der in Fig. 218 angedeuteten Weise hergestellt ist. In diesem Falle geht die Resultirende aus der Sparrenkraft S_1 und Q_2 vollständig auf die Pfette über, im unteren Teil des Leer- und Bundsparren ist kein Schub mehr vorhanden. Der Sparren AB wird berechnet als ein in A und B freiaufliegender mit der Normalkomponente der Dachlast gleichmässig belasteter Stab, während der obere Teil auf Biegung und Axialdruck zu berechnen ist. Die grösste freitragende Länge BC eines

12/15 cm starken Sparrens bestimmt sich genau so, wie im vorigen Fall, während sich für denselben Querschnitt AB berechnet

im doppelten Ziegeldach zu 3,75 bis 4,0 m
„ Schieferdach . . . „ 4,0 „ 4,30 m
„ Metalldach . . . „ 4,60 „ 4,90 m.

Eine gleiche Länge kann den Sparren in Dächern gegeben werden, in welchen mehrere Zwischenpfetten angeordnet sind. Umgekehrt sind durch diese Masse auch die grössten Entfernungen der Pfetten bestimmt, wenn der gewöhnliche Sparrenquerschnitt noch ausreichen soll.



Fg. 218.

Stuhlsäule und Spannriegel erhalten in den Hauptgebinden durch die Pfette eine schräge Kraft $4R$ übermittelt, welche in der Stuhlsäule die zerknickende Kraft $4V_1$ und im Spannriegel einen exzentrischen Zug $4H_1$ erzeugt; aus diesen Inanspruchnahmen können die Dimensionen der Hölzer ermittelt werden.

Berechnung der Pfette. Die Pfette wird von Kräften R beanspruchtet, deren Angriffsebene schräg steht. Hat die Pfette einen rechteckigen Querschnitt, so sind im früheren (pag. 93) die nötigen Angaben enthalten, um die Spannungen in den am meist beanspruchten Fasern bestimmen zu können. Ebenso häufig als der rechteckige kommt aber (Fig. 219) ein Querschnitt vor, der auf einen trapezförmigen zurückgeführt werden kann. In diesem Falle handelt es sich, wenn eine etwas genauere Berechnung vorgenommen werden soll, zuerst darum, die Hauptträgheitsaxen desselben zu bestimmen, da das Trapez keine Symmetrieaxe hat. Diese Aufgabe wird am einfachsten graphisch gelöst*). Ist O der Schwerpunkt des Trapezes $ABCD$, Fig. 219, welcher auf bekannte Weise zu konstruiren ist, so sind die Gerade EF (welche durch die Mitten der Parallelseiten AC und BD geht), sowie die durch

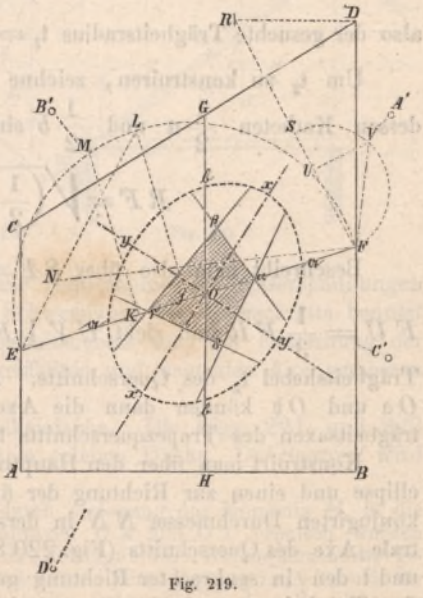


Fig. 219.

*) Enthalten in: Elemente der graphischen Statik von Bauschinger, pag. 145 Taf. XII.

O gehende mittlere Parallele GH konjugirte Richtungen der Trägheitsellipse des Querschnitts. Bezeichnet t_1 den Trägheitsradius für die Richtung GH t_2 den für die EF, so ist, wenn noch a und b die Längen der Parallelseiten BD und AC und h diejenigen von EF bezeichnet,

$$t_1^2 = \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{9}\frac{ab}{(a+b)^2}\right)h^2$$

$$t_2^2 = \frac{1}{6}\left\{\left(\frac{1}{2}a\right)^2 + \left(\frac{1}{2}b\right)^2\right\}.$$

Aus der ersteren Gleichung folgt:

$$(3t_1)^2 = \frac{1}{2}h^2 + \frac{ab}{(a+b)^2}h^2.$$

Dieser Ausdruck lässt sich folgendermassen konstruiren:

Beschreibt man über EF einen Halbkreis, und errichtet im Mittelpunkt J desselben, sowie im Punkte K, wo sich die Trapezdiagonalen schneiden, Senkrechte, JL, KM zu EF, so ist, weil

$$EK = \frac{b}{a+b}h \quad \text{und} \quad KF = \frac{a}{a+b}h$$

$$\overline{EL}^2 = \frac{1}{2}h^2; \text{ und } \overline{KM}^2 = \frac{a.b}{(a+b)^2}h^2.$$

Trägt man also KM nach LN und zieht FN, so ist

$$\overline{FN} = \sqrt{\frac{1}{2}h^2 + \frac{ab}{(a+b)^2}h^2} = 3t_1,$$

also der gesuchte Trägheitsradius $t_1 = O\mathfrak{a} = \frac{FN}{3}$.

Um t_2 zu konstruiren, zeichne man das rechtwinklige Dreieck FDR, dessen Katheten $\frac{1}{2}a$ und $\frac{1}{2}b$ sind, so ist die Hypotenuse RF

$$RF = \sqrt{\left(\frac{1}{2}a\right)^2 + \left(\frac{1}{2}b\right)^2}.$$

Beschreibt man also über $SF = \frac{1}{2}RF$ einen Halbkreis, und macht $FU = \frac{1}{3}FR$ und zieht $UV \perp FS$, dann ist die Sehne FV der zweite Trägheitshebel t_2 des Querschnitts. Aus den beiden konjugirten Halbmessern $O\mathfrak{a}$ und $O\mathfrak{b}$ können dann die Axen der Trägheitsellipse oder die Hauptträgheitsaxen des Trapezquerschnitts leicht gefunden werden*).

Konstruirt man über den Hauptträgheitsaxen OX und OY die Trägheitsellipse und einen zur Richtung der äusseren Kräfte, deren Resultante R_0 sei, konjugirten Durchmesser NN in derselben, so ist nach pag. 94 NN die neutrale Axe des Querschnitts (Fig. 220 S. 171). Bezeichnet f die Querschnittsfläche und t den in senkrechter Richtung gemessenen Trägheitsradius für NN, so ist das Trägheitsmoment des Querschnitts für die neutrale Axe

$$t = t^2 . f.$$

*) Die bezügliche Konstruktion enthält Band I auf pag. 88.

Bezeichnen ferner α und β die Winkel der Kraftresultante und der Neutralaxe mit der Hauptaxe OY, M_0 das Moment der äusseren Kräfte um den Schwerpunkt des Querschnitts, m den senkrechten Abstand der äussersten Faser (B) von der neutralen Axe und p die Spannung in der Faser B, so ist zunächst das Moment der äusseren Kräfte bezüglich der neutralen Axe

$$M = M_0 \cdot \sin(\alpha + \beta).$$

Nach der allgemeinen Biegungsgleichung ist also

$$M_0 \sin(\alpha + \beta) = \frac{t^2 \cdot f}{m} p.$$

Setzt man $t = t_0 \cdot \sin(\alpha + \beta)$, worin t_0 den in der Richtung der Kraft R_0 gemessenen Trägheitsradius bezeichnet, ferner

$$m = m_0 \sin(\alpha + \beta)$$

so wird

$$M_0 \cdot \sin(\alpha + \beta) = \frac{t_0^2 \cdot \sin^2(\alpha + \beta) \cdot f}{m_0 \cdot \sin(\alpha + \beta)} p$$

oder

$$M_0 = \frac{t_0^2 f}{m_0} p = W \cdot p$$

und hieraus die Spannung der äussersten Faser:

$$p = \frac{M_0}{W} = \frac{M_0 \cdot m_0}{t_0^2 \cdot f}.$$

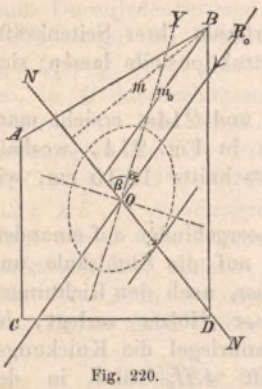


Fig. 220.

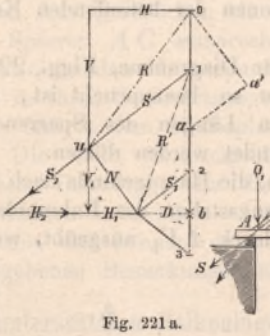


Fig. 221a.

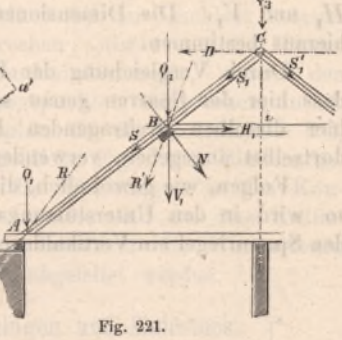


Fig. 221.

Es kann also wieder, wie früher, zur Bestimmung der Faserspannungen das Moment der äussern Kräfte um den Schwerpunkt des Querschnitts benutzt werden, sobald die Dimensionen des Trägheitshebels und der Entfernung der Faser im schiefwinkligen System der Angriffslinie und neutralen Axe gemessen werden*).

Der liegende Stuhl im Kehlbalkendache. Die Figg. 221 und 222 (S. 172) zeigen die Kräftezerlegung in einem solchen Dache. Der Sparren wird

*) Wie die grösste Biegungsspannung durch Zerlegung des Moments M_0 in die Momente $M_0 \cos\alpha$ und $M_0 \sin\alpha$ um die Hauptaxen OX und OY erhalten werden kann, ist auf pag. 93 nachzusehen. — Ist die Kernfigur des Pfettenquerschnitts gedie zeichnet (Fig. 219), so erhält man eine bedeutende Vereinfachung im Ausdruck für Spannungsintensität durch Einführung der Kernweite, indem die in der Richtung der biegenden Kräfte gemessene Kernweite multiplizirt mit dem Flächeninhalt des Querschnitts sofort das Widerstandsmoment der Pfette giebt. Vergl. den Aufsatz: die direkte Abmessung des Widerstandsmoment am Centralkern des Querschnitts, von H. Manderla, Allgemeine Bauzeitung pro 1882.

zunächst durch den Kehlbalken und dieser wieder durch die Pfette unterstützt angenommen. Die Reaktion des Kehlbalkens gegen den Sparren kann bei der gewöhnlich eingehaltenen Verbindung beider Hölzer mittelst des einfachen Zapfens normal zu ihrer Schmiegfläche angesehen werden, wobei die Reibung ausser Ansatz gelassen wird. In irgend einem Gebind, Fig. 221, zerlegt sich die Firstlast Q_3 wieder in die beiden Komponenten S_1 und S_1'; im Knotenpunkt B ist die Resultirende R' aus S_1 und Q_2 zu zerlegen in die Kräfte S und N, von welchen S die Druckbeanspruchung des Sparrenteils AB bildet, während N von Kehlbalken und Dachrahmen aufgenommen wird, und zwar

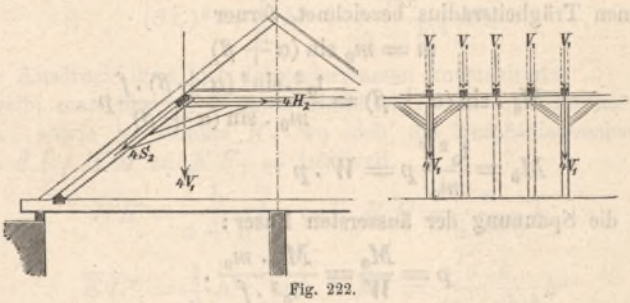


Fig. 222.

von ersterem die Horizontale, von letzterem die Vertikale ihrer Seitenkräfte H_1 und V_1. Die Dimensionen der betreffenden Konstruktionsteile lassen sich hieraus bestimmen.

Durch Vergleichung der Diagramme, Figg. 221a und 214a, ersieht man, dass hier der Sparren genau so beansprucht ist, wie in Fig. 214, weshalb hier dieselben freitragenden Längen des Sparrenquerschnitts 12/15 cm, wie dortselbst angegeben, verwendet werden dürfen.

Folgen, wie gewöhnlich, die Hauptgebinde nach 3 Leergebinden auf einander, so wird in den Unterstützungsstellen des Rahmholzes auf die Stuhlsäule und den Spannriegel ein Vertikaldruck $4\,V_1$ ausgeübt, welcher, nach den Richtungen dieser Hölzer zerlegt, im Spannriegel die Knickungskraft $4\,H_2$ und in der Stuhlsäule die Knickungskraft $4\,S_2$ hervorruft. Zur Querverbindung dienen die Kopf- und Fussbüge der Stuhlsäule, deren Dimensionen passend angenommen werden.

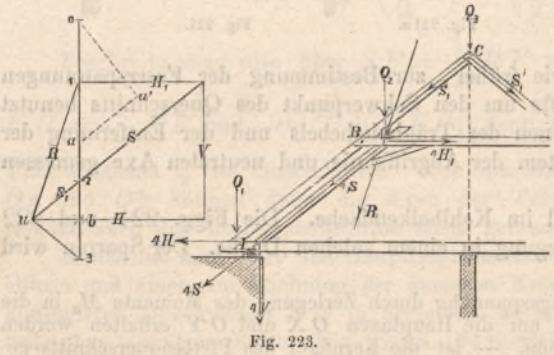


Fig. 223.

Der liegende Stuhl im Pfettendach (Fig. 223). In den Unterstützungspunkten A, B, C des Sparrens seien wieder die Kräfte Q_1, Q_2, Q_3, welche in bekannter Weise bestimmt werden, wirksam. Die Firstlast Q_3 bringt im Gespärre die gleichen Axialkräfte S_1 und S_1' hervor. S_1 und Q_2 geben zusammen die Resultante R, welche in schräger Richtung die Pfette belastet. Bei der in Fig. 223 angenommenen Art und Weise der Auf-

kämmung des Sparrens auf die Pfette kann diese Kraft vollständig auf die Pfette übergehen, so dass am Fussende des Sparrens lediglich die Last Q_1 wirksam bleibt, welche direkt von dem Balkenkopf aufgenommen wird. In den Hauptgebinden ist die Pfette durch die schräge Stuhlsäule und den Spannriegel unterstützt und ergiebt sich hieraus die Beanspruchung dieser Hölzer auf ihre Knickungsfestigkeit, wenn der schräge Auflagerdruck $4\,R$ nach den Richtungen derselben in Komponenten zerlegt wird.

Die Berechnung der Pfette hat in ähnlicher Weise, wie beim stehenden Stuhl angegeben wurde, zu geschehen; und ergeben sich ferner auch dieselben freitragenden Längen des Sparrenprofils 12/15 cm, wie sie am genannten Ort angegeben wurden.

Pfettendach mit Haupttragsparren (Fig. 224). Die Auflagerung der Sparren auf die Pfetten ist hier immer derart vorauszusetzen, dass Druck und Gegendruck zwischen diesen Hölzern vertikal angenommen werden kann. Durch jeden Sparren werden somit die Kräfte Q_1, Q_2, Q_2 ..., welche den Auflagerdrücken eines mit der Dachlast belasteten, in B durchschnittenen Sparren $A\,C$ entsprechen, direkt auf die Pfetten übertragen. Die hieraus resultirenden Knotenpunktsbelastungen, welche den Auflagerdrücken der Pfette in ihren Unterstützungspunkten entsprechen, in A, B, C... seien P_1, P_2, P_3... und in dem Kräfteplan als die Linienstücke $0\,1$, $1\,2$, $2\,3$... eingetragen. Die nicht unverschiebliche Figur des Binders bedingt wieder eine symmetrische Belastung, um die Spannungen in den Konstruktionsteilen einfach bestimmen zu können. Letztere sind aus dem Kräfteplan Fig. 224a zu entnehmen und können aus denselben die Dimensionen aller Hölzer nach früher gegebenen Bemerkungen abgeleitet werden.

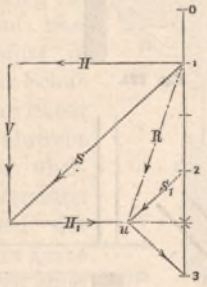


Fig. 224a.

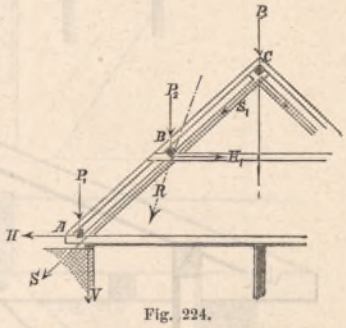


Fig. 224.

Satteldächer mit unterstützten Balkenlagen und Kniestock.

Auf Seite 128, wo von der Dachneigung der Schiefer-, Metall- und Asphaltdächer die Rede war, wurde bereits darauf hingewiesen, dass bei allen diesen Dächern die Anlage eines Kniestocks notwendig wird, sobald der Raum unter dem Dache, sei es als Bodenraum, sei es zum Bewohnen, benützt werden soll, und dass ein solcher Kniestock um so höher gemacht werden muss, je flacher die Dachneigung, dem Dachdeckungsmateriale entsprechend, gewählt wird.

Die Höhe des Kniestocks — auch wohl Knie- oder Drempelwand genannt — ist streng genommen abhängig von ganz bestimmten Bedingungen, aber nur zu häufig wird dieselbe nach dem Effekt des Hauptgesimses bemessen oder von sonstigen ästhetischen Rücksichten abhängig gemacht; ja es kommt sogar nicht gar selten vor, dass selbst sehr steilen Dächern noch ein Kniestock gegeben wird, um durch grössere Höhenverhältnisse dem Abschluss der Bauformen eine erhöhte Wirkung zu verleihen, eine Auskunft, die dann stets mit grossen jedoch unnützen Kosten verknüpft ist.

Die Kniewand, welche durch eine mehr oder minder bedeutende Erhöhung der Frontwände über die eigentliche Dachbalkenlage gewonnen wird, besteht

in der Regel aus einer auf der inneren Kante der Frontmauern sich erhebenden Holzkonstruktion, die später von aussen nicht mehr sichtbar, mit massivem Mauerwerke verblendet wird.

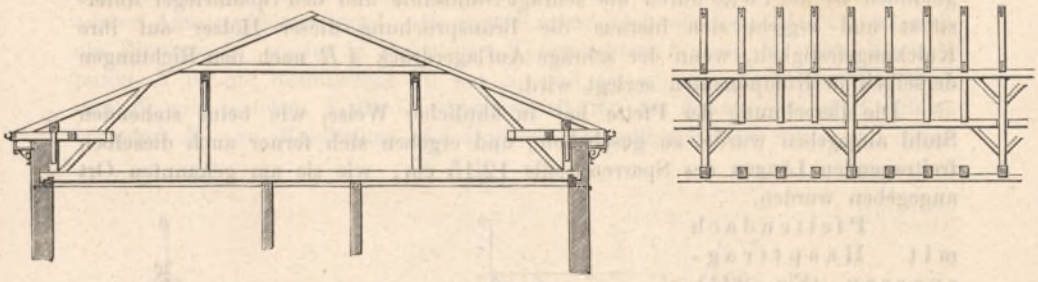


Fig. 225.

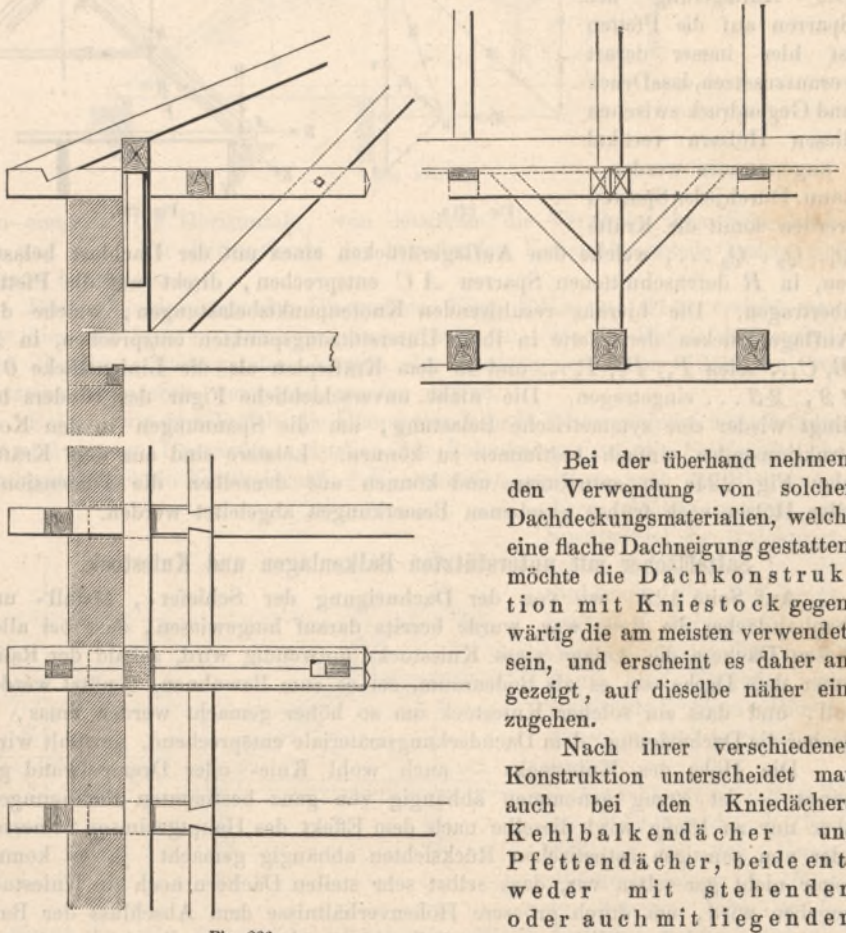


Fig. 226.

Bei der überhand nehmenden Verwendung von solchen Dachdeckungsmaterialien, welche eine flache Dachneigung gestatten, möchte die Dachkonstruktion mit Kniestock gegenwärtig die am meisten verwendete sein, und erscheint es daher angezeigt, auf dieselbe näher einzugehen.

Nach ihrer verschiedenen Konstruktion unterscheidet man auch bei den Kniedächern Kehlbalkendächer und Pfettendächer, beide entweder mit stehendem oder auch mit liegendem Stuhle.

Eine Kniestock-Dach-Konstruktion mit Kehlbalken und stehendem Stuhl verdeutlicht die Fig. 225. Der Sparren findet hier nicht, wie dies bei den eben besprochenen Dächern ohne Kniestock der Fall war, in dem ihm zu-

gehörenden Balkenkopfe seine gesicherte Stellung, sondern der ganze Horizontalschub wird auf die Kniewand übertragen, und ist es daher geboten, diesen Schub durch entsprechende Konstruktionsmittel auf ein Minimum zu reduziren.

In der beigegebenen Fig. 226 (S. 174) ist dies in jedem Hauptgebinde durch eine zwischen Balken und Sparren angeordnete Schubstrebe erreicht; wird diese Strebe und der Stiel der Kniewand dann noch von einem doppelten und verbolzten Zangenholze umfasst, und dient letzteres dazu, den Sparrenfuss in sich aufzunehmen, so ist der Schub gegen die Kniewand unwirkbar gemacht und durch die Schubstrebe auf den Balkenkopf dahin übertragen, wo er als sicher unterstützt erscheint. Die Fussenden der Leersparren können dabei in kurze Stichriegel eingreifen, deren eines Ende in einen Wechsel eingezapft ist, welcher je zwei der doppelten Zangenhölzer mit einander verspannt.

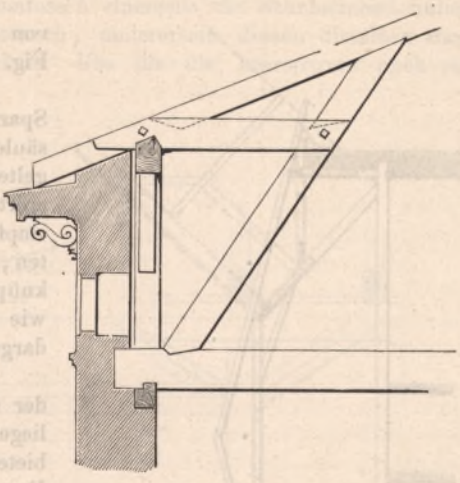


Fig. 227.

Diese Anordnung von doppelten Zangenhölzern und Stichriegeln gestattet

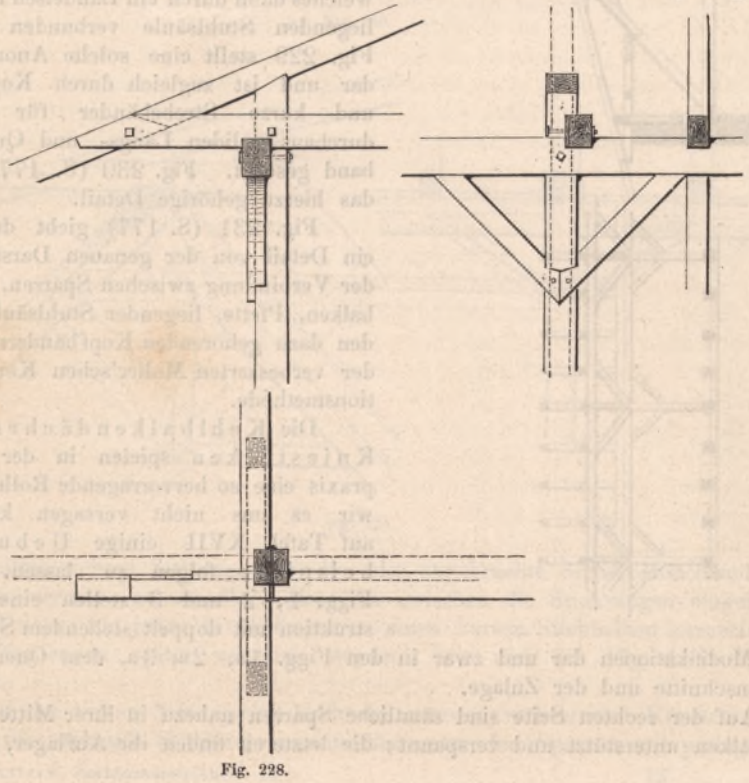


Fig. 228.

zugleich eine äusserst solide Herstellung der in Holz imitirten Hauptgesimse. In Fig. 226 ist diese wichtige Konstruktion unter Anwendung von Kopfbändern, zur Verstärkung des Längsverbandes und zugleich zur Unterstützung des Rahmholzes der Kniewand näher detaillirt.

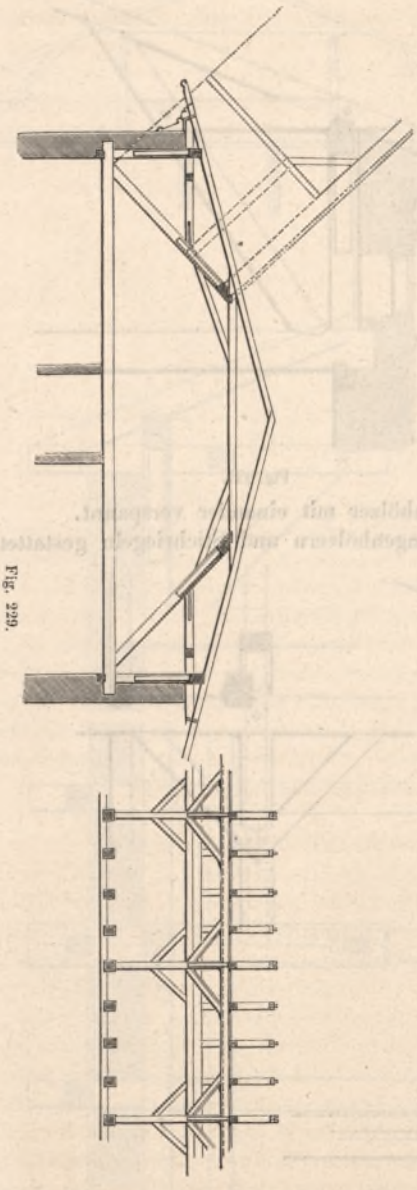


Fig. 229.

Bei Anordnung eines Hauptgesimses von Stein würde eine Anordnung nach Fig. 227 (S. 175) empfehlenswerth sein.

Bei den Verbindungen zwischen Sparren, Kehlbalken, Pfetten und Stuhlsäulen machen sich dieselben Erwägungen geltend, wie sie bereits auf Seite 143 erörtert wurden, und ist es daher äusserst empfehlenswert, auch hier die verbesserten, von Moller angeregten Verknüpfungen zur Ausführung zu bringen, wie dies in Fig. 228 (S. 175) im Detail dargestellt ist.

Unter Umständen lässt sich statt der stehenden Stuhlsäule auch wohl eine liegende in Anwendung bringen und bietet eine solche dann zugleich einen Ersatz für die sonst nothwendige Schubstrebe; statt der doppelten Zange ist auch ein einfaches Holz verwendbar, welches dann durch ein Bandeisen mit der liegenden Stuhlsäule verbunden wird. Fig. 229 stellt eine solche Anordnung dar und ist zugleich durch Kopfbüge und kurze Strebebänder für einen durchaus soliden Längs- und Querverband gesorgt. Fig. 230 (S. 177) giebt das hierzu gehörige Detail.

Fig. 231 (S. 177) giebt dagegen ein Detail von der genauen Darstellung der Verbindung zwischen Sparren, Kehlbalken, Pfette, liegender Stuhlsäule und den dazu gehörenden Kopfbändern nach der verbesserten Moller'schen Konstruktionsmethode.

Die Kehlbalkendächer mit Kniestöcken spielen in der Baupraxis eine so hervorragende Rolle, dass wir es uns nicht versagen können, auf Tafel XVII einige Uebungsbeispiele folgen zu lassen. Die Figg. 1, 2 und 3 stellen eine Konstruktion mit doppelt stehendem Stuhl in zwei Modifikationen dar und zwar in den Figg. 1a, 2a, 3a, dem Quer- und Längenschnitte und der Zulage.

Auf der rechten Seite sind sämtliche Sparren nahezu in ihrer Mitte durch Kehlbalken unterstützt und verspannt; die letzteren finden ihr Auflager, indem

sie sich auf ein Rahmholz aufkämmen, welches dann in den Hauptgebinden durch stehende Stuhlsäulen unter Mitwirkung von Kopfbändern getragen wird. Der Horizontalschub des Daches gegen die Kniewand wird in den Hauptgebinden durch Schubstreben auf die sicher unterstützten Balkenköpfe der Balkenlage übergeleitet; doppelte Stichzangen umfassen einerseits die Schubstreben nahezu in ihrer Mitte und verstärken sie dadurch, andererseits dienen dieselben dazu, den Sparrenfuss in sich aufzunehmen. Um für die Leersparren noch eine

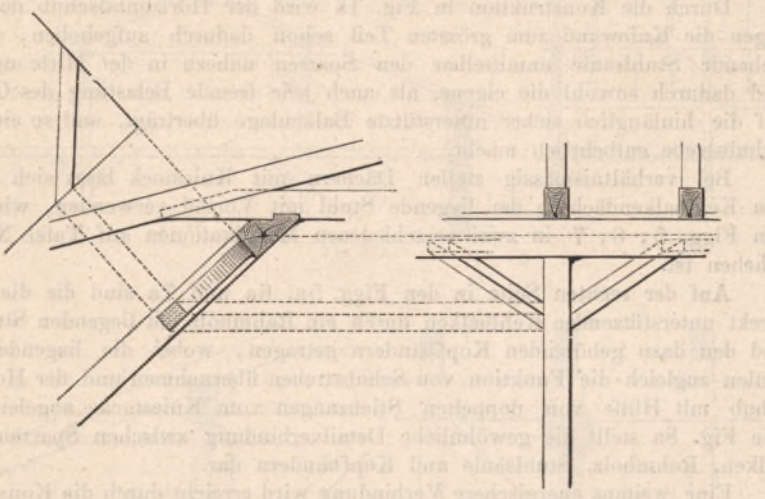


Fig. 230.

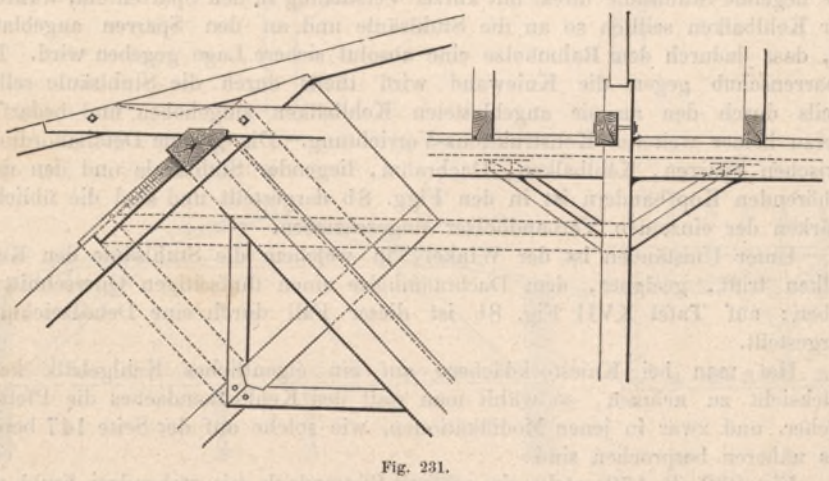


Fig. 231.

anderweitige sichere Stellung, als die hier angebrachte Sicherheitsschwelle sie zu bieten vermag, zu schaffen, dient ein zwischen die Stichzangen eingelegter Wechsel dazu, für jeden der Leersparren einen kurzen Stichbalken anzubringen, deren Kopfenden später verschalt werden, wie dies die Fig. 4 im Detail darstellt.

Auf der linken Seite greift, nach der neueren verbesserten Konstruktionsweise, die stehende Stuhlsäule unmittelbar unter den Sparren mit gering ver-

tiefter Versatzung ein, und macht es notwendig, dass der einfache, zugleich die Sparren verspannende Kehlbalken seitwärts angeblattet werden muss; noch energischer wirkt jedoch ein doppelter Kehlbalken, wie ein solcher auch in dem beigegebenen Beispiele angenommen wurde. Das die Kehlbalken unterstützende Rahmholz erhält hierdurch eine durchaus unverrückbare Lage und wird durch angeblattete Winkelbänder ein Längsverband sowohl, als wie auch eine grössere Tragfähigkeit für das Dachrahmholz erzielt.

Durch die Konstruktion in Fig. 1b wird der Horizontalschub des Daches gegen die Kniewand zum grössten Teil schon dadurch aufgehoben, dass die stehende Stuhlsäule unmittelbar den Sparren nahezu in der Mitte unterstützt und dadurch sowohl die eigene, als auch jede fremde Belastung des Gespärres auf die hinlänglich sicher unterstützte Balkenlage überträgt, und so eine eigene Schubstrebe entbehrlich macht.

Bei verhältnismässig steilen Dächern mit Kniestock lässt sich auch bei den Kehlbalkendächern der liegende Stuhl mit Vorteil verwenden, wie dies in den Figg. 5, 6, 7 in zwei verschiedenen Modifikationen auf Tafel XVII geschehen ist.

Auf der rechten Seite in den Figg. 5a, 6a und 7a sind die die Sparren direkt unterstützenden Kehlbalken durch ein Rahmholz mit liegenden Stuhlsäulen und den dazu gehörenden Kopfbändern getragen, wobei die liegenden Stuhlsäulen zugleich die Funktion von Schubstreben übernehmen und der Horizontalschub mit Hülfe von doppelten Stichzangen vom Kniestocke abgeleitet wird. Die Fig. 8a stellt die gewöhnliche Detailverbindung zwischen Sparren, Kehlbalken, Rahmholz, Stuhlsäule und Kopfbändern dar.

Eine weitaus energischere Verbindung wird erreicht durch die Konstruktion, welche in den Figg. 5b, 6b und 7b Darstellung gefunden hat. Hier greift die liegende Stuhlsäule direkt mit kurzer Versatzung in den Sparren ein, während der Kehlbalken seitlich so an die Stuhlsäule und an den Sparren angeblattet ist, dass dadurch dem Rahmholze eine absolut sichere Lage gegeben wird. Der Sparrenschub gegen die Kniewand wird theils durch die Stuhlsäule selbst, theils durch den an sie angeblatteten Kehlbalken aufgehoben und bedarf es hierzu keiner weiteren Konstruktions-Vorrichtung. Die genaue Detailanordnung zwischen Sparren, Kehlbalken, Dachrahm, liegender Stuhlsäule und den dazu gehörenden Kopfbändern ist in den Figg. 8b dargestellt und sind die üblichen Stärken der einzelnen Verbandhölzer eingeschrieben.

Unter Umständen ist der Winkel, in welchem die Stuhlsäule den Kehlbalken trifft, geeignet, dem Dachrahmholze einen fünfseitigen Querschnitt zu geben; auf Tafel XVII Fig. 8b ist dieser Fall durch eine Detailzeichnung dargestellt.

Hat man bei Kniestockdächern auf ein eigentliches Kehlgebälk keine Rücksicht zu nehmen, so wählt man statt des Kehlbalkendaches die Pfettendächer, und zwar in jenen Modifikationen, wie solche auf der Seite 147 bereits des näheren besprochen sind.

Fig. 232 (S. 179) stellt ein solches Pfettendach mit stehendem Stuhl und Kniestock in der verbesserten Mollerschen Konstruktionsweise dar, wobei der Horizontalschub gegen die Kniewand durch die unmittelbar in den Sparren eingreifende Stuhlsäule und den doppelten Zangenkehlbalken aufgehoben erscheint; sehr wirksam lässt sich — wie dies in dem beigegebenen Beispiel geschehen ist — durch Anordnung eines Sturmbandes, welches, von der stehenden Stuhlsäule ausgehend, vom doppelten Spannkehlbalken umfasst wird, ein energischer Querverband erzielen. Sollte der Fall vorliegen, dass auch das Hauptgebälk

entbehrt werden kann — wie dies in manchen Fabrikräumen der Fall ist — so ordnet man nur in den Hauptgebinden durchgehende Zugbalken an, obwohl es nicht ausgeschlossen ist, die Balken auch auszuwechseln, wie dies im Holzschnitte selbst angedeutet ist.

In Fig. 233 ist eine verbesserte Mollersche Konstruktion im Detail dargestellt.

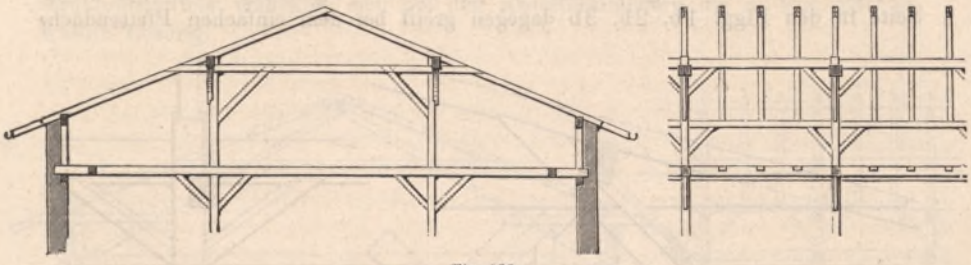


Fig. 232.

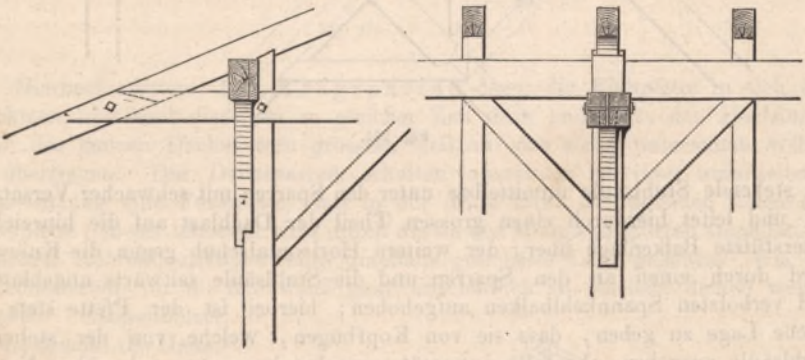


Fig. 233.

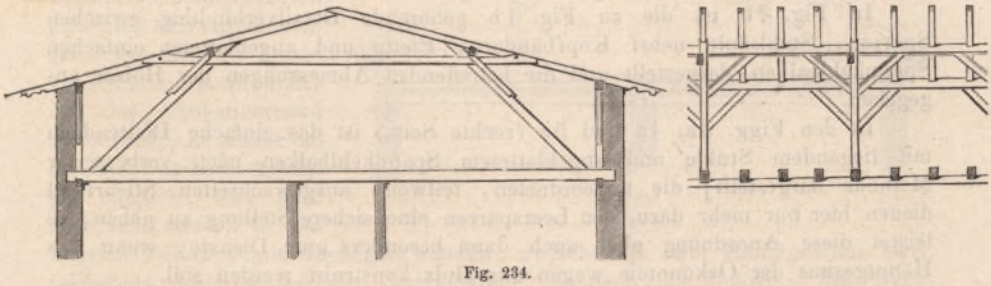


Fig. 234.

Die gleiche Aufgabe mit liegendem Stuhl gelöst zeigt Fig. 234, wo die tragende Mittelpfette von dem angeblatteten Spannkehlbalken und der Stuhlsäule unter Anwendung von Kopfbändern aufs sicherste gestützt erscheint; durch die Fig. 235 (S. 180) ist die Spezialverbindung zwischen Sparren, Spannkehlbalken, Pfette und liegende Stuhlsäule nach dem Moller'schen Systeme auf das genaueste im Detail dargestellt.

Als Uebungsbeispiele sind solche Pfettendächer mit Kniestock auf Tafel XVIII mitgeteilt, und möge hierzu folgende kurze Erläuterung Platz finden:

In den Figg. 1a, 2a, 3a ist auf der rechten Seite ein einfaches Pfettendach mit stehendem Stuhl und den dazu gehörenden Kopfbändern so angeordnet, dass zwischen die Hauptbinder 4 Leergebinde eingeschaltet werden können; der Horizontalschub gegen die Kniewand ist hier nahezu vollständig durch die doppelte Kehlbalkenzange in den Hauptgebinden aufgehoben. Auf der linken Seite in den Figg. 1b, 2b, 3b dagegen greift bei dem einfachen Pfettendache

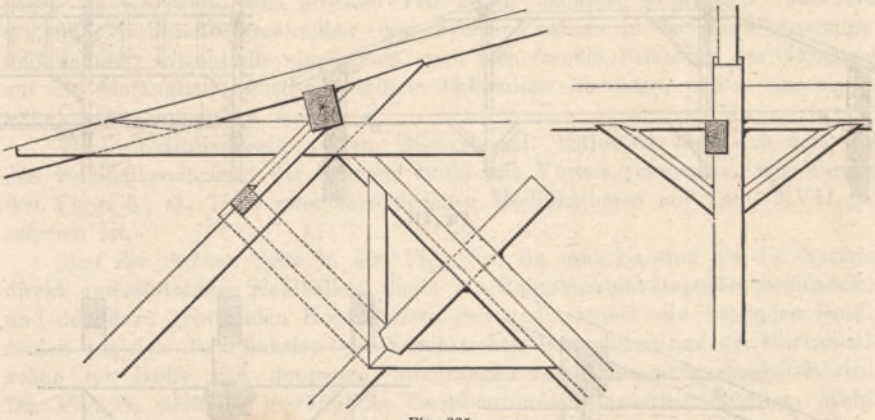


Fig. 235.

die stehende Stuhlsäule unmittelbar unter den Sparren mit schwacher Versatzung ein und leitet hierdurch einen grossen Theil der Dachlast auf die hinreichend unterstützte Balkenlage über; der weitere Horizontalschub gegen die Kniewand wird durch einen an den Sparren und die Stuhlsäule seitwärts angeblatteten und verbolzten Spannkehlbalken aufgehoben; hierbei ist der Pfette stets eine solche Lage zu geben, dass sie von Kopfbügen, welche von der stehenden Stuhlsäule ausgehen, ebenfalls unterstützt werden kann, um neben dem Vorteile einer besseren Längsverbindung die Hauptgebinde weiter aus einander legen zu können.

In Fig. 7b ist die zu Fig. 1b gehörende Detailverbindung zwischen Sparren, Stuhlsäule nebst Kopfbändern, Pfette und angeblatteten einfachen Spannkehlbalken dargestellt und die betreffenden Abmessungen der Hölzer angegeben.

In den Figg. 3a, 4a und 5a (rechte Seite) ist das einfache Pfettendach mit liegendem Stuhle und angeblattetem Spannkehlbalken nach verbesserter Methode dargestellt; die angeordneten, teilweise ausgewechselten Stichriegel dienen hier nur mehr dazu, den Leersparren eine sichere Stellung zu geben; es leistet diese Anordnung aber auch dann besonders gute Dienste, wenn das Hauptgesims der Oekonomie wegen aus Holz konstruirt werden soll.

Fig. 8a stellt die Hauptverbindungen zwischen Sparren, Spannkehlbalken etc. dar, wobei der Pfette die Form eines Fünfeckes gegeben wurde.

In Fig. 9 ist eine Verbindung mitgetheilt, wie solche seinerzeit durch Moller empfohlen wurde, dessen Knotensystem hauptsächlich darauf beruhte, die einzelnen Verbandhölzer aufs innigste mit einander zu verknoten; um dies vollständig zu erreichen, wurden Keile zu Hülfe genommen, wie dies

die betreffende Zeichnung darstellt. Die Anwendung solcher Keile ist jedoch nicht empfehlenswerth, da dieselben durch das unausbleibliche Schwinden des Holzes mit der Zeit locker und damit zugleich unwirksam werden, oder wohl gar herausfallen.

Auf Seite 162 wurde auf den Wert hingewiesen, welcher der Anordnung einer Firstpfette beizumessen ist; bei Verwendung dieses wichtigen Konstruktionsmittels empfiehlt sich bei den Kniestockdächern die in Fig. 236 gewählte Lösung.

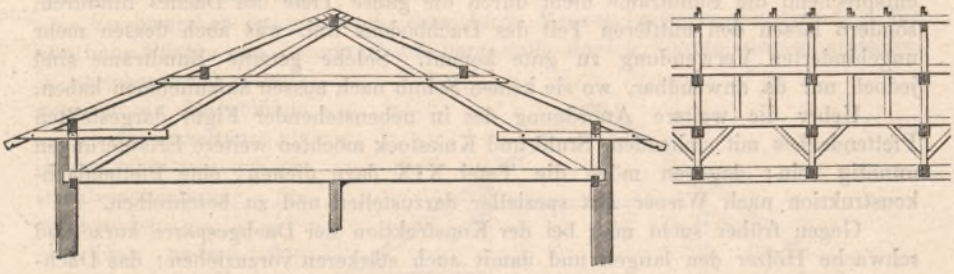


Fig. 236.

Hiernach dienen zwei Tragsparren dazu; die Firstpfette in sich aufzunehmen und sind dieselben zu gleicher Zeit dazu bestimmt, den Horizontalschub des ganzen Daches zum grössten Teil auf das sicher unterstützte Gebälk zu übertragen. Die Dachsparren erhalten ausserdem zu ihrer unmittelbaren Unterstützung eine Fusspfette, und in der Mitte ihrer freitragenden Länge eine Mittelpfette; dieser letzteren wird durch die an den Haupttragsparren angeblatteten doppelten Kehlbalkenzangen eine durchaus gesicherte Lage gegeben. Um den Horizontalschub für die Kniewand ganz unschädlich zu machen, dienen weitere doppelte Zangenhölzer, welche sowohl die Hauptsparren als auch die Kniestockstiele umfassen und den überstehenden Sparren zwischen sich aufnehmen. Bei einer solchen Dachkonstruktion Kopfbänder für den Längenverband anzuordnen, ist ausser bei den Kniewandstielen nicht gut möglich, und wird man sich deshalb in den meisten Fällen damit begnügen müssen, zwischen je zwei Hauptgebinde zwei, höchstens drei Leergebinde einzuschalten, je nach der Schwere des Deckmaterials und je nach der Stärke der anzuwendenden Pfetten.

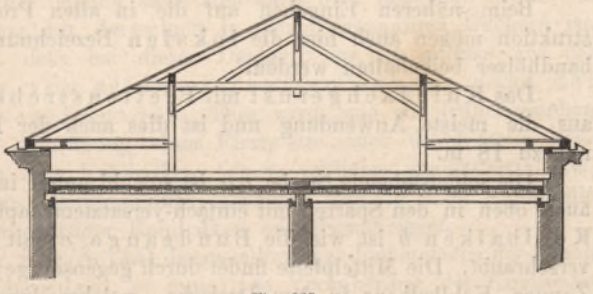


Fig. 237.

Bei der Besprechung der Gebälke wurde bereits auf die Eigentümlichkeiten der österreichischen Baukonstruktionen hingewiesen; da sich solche auch bei den Dachungen geltend machen, so möge deren Besprechung hier Platz finden.

Beispielsweise stellt Fig. 237 einen Dachstuhl dar, wie er vielfach in Wien zur Anwendung kommt.

Die österreichischen Bauordnungen verlangen nämlich, dass der ganze Dachstuhl vom obersten Etagengebälke durchaus isolirt sei; kein Verbandholz desselben darf dementsprechend in das Gebälk eingreifen, und wird daher für jedes Hauptgebinde ein eigener Bundtram angeordnet, welcher in der Regel um 0,35 m über dem Dachfussboden liegt; um diesen Bundtram besser übersteigen zu können, dienen einige Trittstufen von 0,90 m Breite.

Neuerdings macht man in Wien, um Material zu ersparen, die Bundträme nur so lang, dass sie, von der äusseren Mauer gegen die Mitte des Dachbodens liegend, nur noch die Stuhlsäulen auf sich aufnehmen können; es greifen dem entsprechend die Bundträme nicht durch die ganze Tiefe des Daches hindurch, sondern lassen den mittleren Teil des Dachbodens frei, was auch dessen mehr ungehinderten Verwendung zu gute kommt. Solche geteilte Bundträme sind jedoch nur da anwendbar, wo sie keinen Schub nach aussen aufzunehmen haben.

Ueber die weitere Anordnung des in nebenstehender Figur dargestellten Pfettendaches mit stehendem Stuhl und Kniestock möchten weitere Erläuterungen unnötig sein; dagegen möge die Tafel XIX dazu dienen, eine Pfettendachkonstruktion nach Wiener Art spezieller darzustellen und zu beschreiben.

Gegen früher sucht man bei der Konstruktion der Dachgespärre kurze und schwache Hölzer den langen und damit auch stärkeren vorzuziehen; das Dachgerüst lässt sich auf diese Weise leichter und schneller abbinden und aufstellen. Alle Verbindungen aber müssen möglichst solid und vollkommen gearbeitet sein und sind die schwalbenschwanzförmigen Ueberblattungen mit Schraubenbolzen den blossen Verzapfungen stets vorzuziehen. Eine besondere Aufmerksamkeit wird auch der umfangreichen Anwendung von eisernen Klammern und Schraubenbolzen verschiedener Grösse gezollt, indem man — und zwar mit vollem Rechte — von der Ansicht ausgeht, dass selbst bei der besten und solidesten Herstellung von Zapfen, Kämmen und Blättern eine Lockerung durch sehr starke Stürme möglich werden kann; ein misslicher Umstand, welcher in gar keinem Verhältnis steht zu den geringen Kosten, die das Anbringen einer genügenden Menge von Dachklammern, Schrauben etc. erfordert.

Beim näheren Eingehen auf die in allen Projektionen klargelegte Konstruktion mögen auch hier die lokalen Bezeichnungen für die einzelnen Verbandhölzer beibehalten werden.

Das Kniedachgerüst mit Pfettenstrebe findet in Oesterreich weitaus die meiste Anwendung und ist dies auch der Fall bei Spannweiten bis nahezu 18 m.

Die schiefstehende Strebe *a a* ist sowohl unten in den Bundtram *k*, als auch oben in den Sparren mit einfach-versatztem Zapfen eingesetzt; der Zangen-Kehlbalken *b* ist wie die Bundzange *c* mit der Strebe verkämmt und verschraubt. Die Mittelpfette findet durch gegenseitige Verkämmung oberhalb des Zangen-Kehlbalkens in dem Dreiecke, welches durch Strebe, Kehlbalken und Sparren gebildet wird, ihre durchaus gesicherte Lage. Die Kniewand schliesst oben mit der Mauerbank *e* ab, und greift unten mit seinen hier angebrachten Streben *g* in die Schwellen *h* ein, welche dann mit den Bundträmen *k* verkämmt sind. Die Firstpfette *m* ist mittelst Zangenhölzer und kurzer Hängesäule verfestigt; das letztere Verbandholz reicht bis unter den Zangenkehlbalken herab und wird von diesem beiderseits umfasst. Aeusserst wirksam für den Querverband sind die kurzen Streben *l l*, welche sich in die Stuhlsäulen nur wenig tief mit versatztem Zapfen einsetzen, nach oben aber vom Zangen-Kehlbalken umfasst werden.

Noch ist zu bemerken, dass alle doppelten Zangenhölzer und Zangenbalken

in sämtlichen Kreuzungspunkten mit den anderen Hölzern durch eiserne Schraubenbolzen von 22 mm starkem Rundeisen verbunden sind. Solchen Bolzen wird an einem Ende ein viereckiger Kopf, welcher in das Holz eingelassen ist, gegeben, am anderen Ende befindet sich ein Schraubengewinde mit Mutter und untergelegtem Plättchen; die Bohrlöcher hierfür dürfen nie grösser sein, als es der Durchmesser des Bolzens gerade erfordert, denn nur hierdurch kann der Zweck grösserer Festigkeit erreicht werden.

Eine weitere Beschreibung der in Tafel XIX dargestellten Dachkonstruktion möchte unnötig sein, da in den Figg. 4, 5 und 6 sämtliche Details in grösserem Massstabe dargestellt sind.

Zu bemerken ist nur noch, dass durch Verwendung von Kopfbändern für sämtliche Pfetten ein Längsverband hergestellt werden könnte, der es gestattet, je zwischen zwei Hauptgebinde ein Leergebinde mehr einzuschalten, als in der dargestellten Konstruktionszeichnung geschehen ist.

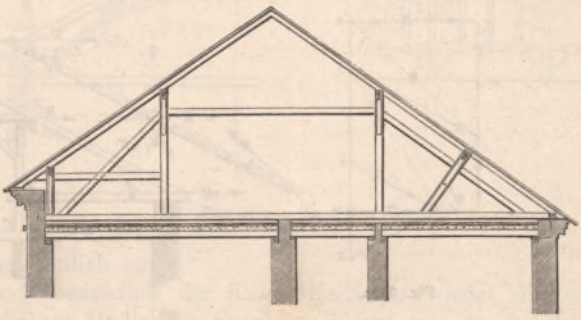


Fig. 328.

Eine andere Anordnung eines Dachverbandes nach österreichischer Auffassung, bei welcher nur nach einer Seite hin ein Kniestock vorhanden ist, giebt die Fig. 238; auch hier befindet sich in jedem Hauptgebind der sogenannte Bundtram; ein weiteres Eingehen auf diese Konstruktion scheint jedoch unnötig zu sein.

Die statische Untersuchung der Kniestockdächer ist in ähnlicher Weise, wie bereits bei den Dächern ohne Kniestock angegeben, durchzuführen, da die Beanspruchung eines stehenden oder liegenden Stuhls im Kniestock vollständig analog mit derjenigen in den vorgenannten Dächern ist.

Bei dem Umstande, dass bei diesen Dächern der Sparrenfuss auf der Kniestockwand ruht, ist vor allem darauf zu sehen, dass der Schub der Sparren beseitigt ist. Dies wird, wie wir früher gesehen haben, am besten durch Anordnung einer Firstpfette oder durch gute Verbindung des Sparrens mit dem Kehlbalken (durch seitliches Anblatten) bezw. der Pfette erzielt. In den Hauptgebinden empfiehlt sich in allen Fällen die Verwendung doppelter zangenartiger Kehlbalken oder Spannriegel.

Ist wie bei dem in Fig. 239 (S. 184) dargestellten Kehlbalkendache der Schub der Sparren nicht gut zu beseitigen, so muss eine Verankerung der Kniestockwand vorgenommen werden. Die Grösse des Horizontalschubs, welche die in den Hauptgebinden angeordneten einfachen oder doppelten Anker aufzunehmen haben, bestimmt sich aus der Kraft R Fig. 239a (S. 184), welche jeder Sparrenfuss auf seine Unterstützung ausübt. Die vertikalen Komponenten V dieser Kräfte werden durch das Rahmholz des Kniestocks, die horizontalen H durch den zwischen zwei Ankern eingelegten Wechsel aufgenommen. Derselbe verhält sich wie ein in den Punkten A' unterstützter mit $4\,H$ gleichmässig beanspruchter Balken und kann aus dieser Inanspruchnahme der Querschnitt desselben bestimmt werden. Der Zuganker wird mit der Kraft $4\,H$ gezogen, der hierdurch bedingte Querschnitt desselben aber nicht kleiner genommen, als hiefür auf Taf. XVII

angegeben worden ist. Die Stuhlsäule wird durch die Verankerung auf Ausbiegung beansprucht und verhält sich wie ein in B und C gestütztes Holz, das im Punkte J mit $4H$ belastet ist. Dieser Biegungsbeanspruchung und dem direkt aufzunehmenden Vertikaldruck $4V_1$ hat der Querschnitt der Stuhlsäule zu entsprechen. Zerlegt man die Zugkraft $4H$ im Anker in zwei parallele Komponenten, welche in B und C wirken, so erhält man hierdurch die Einwirkung, welche die Verankerung auf den Kehlbalken und Bundbalken ausübt. Die erstere Komponente vermindert, da sie auswärts wirkt, den Druck im Kehlbalken des Hauptgebinds, oder überwiegt ihn unter Umständen, so dass eine Zugbeanspruchung übrig bleibt. Der Querschnitt desselben wird jedoch immer entsprechend dem eines Kehlbalkens im Leergebind angenommen werden müssen.

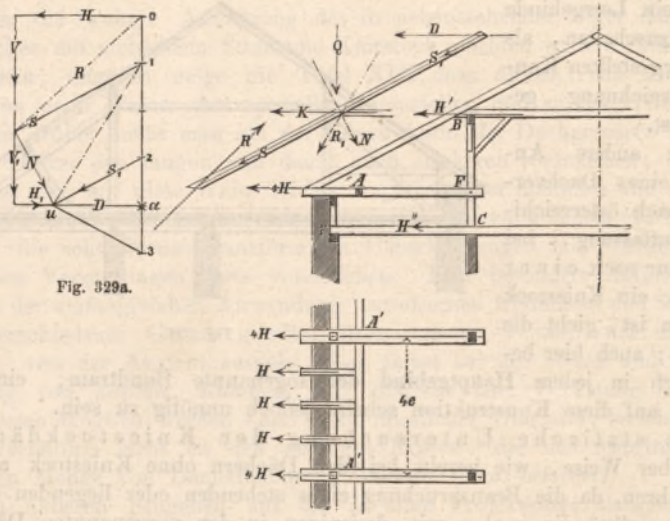


Fig. 329a.

Fig. 239.

Die von der Stuhlsäule im Hauptgebind auf die Pfette und damit auf den Bundkehlbalken zu übertragende Horizontalkraft H' lässt eine gute Verbindung zwischen Stuhlsäule und Kehlbalken wünschenswert erscheinen und hierzu dient am besten die Anordnung doppelter Kehlbalken im Hauptgebind, sowie überhaupt die Konstruktion der Verbindungen nach den Moller'schen Knotensystem.

In ähnlicher Weise ist der als Kehlbalkendach konstruirte liegende Stuhl bezüglich der Verteilung der in ihm wirkenden Kräfte zu behandeln und kann hier, wegen der Analogie mit früherem, darauf verzichtet werden, weitere Bemerkungen hierüber zu machen.

Bei den als Pfettendächer konstruirten Kniestockdächern kann man im allgemeinen annehmen, dass durch eine gute Verkämmung der Sparren mit der Pfette der Schub der Sparren aufgehoben ist. In diesem Falle übt jeder Sparrenfuss nur einen senkrechten Druck Q_1 auf das Rahmholz des Kniestocks aus und kann somit hier die Kniestockwand ganz ohne Verankerung bleiben. Besser und sicherer ist es jedoch, eine solche auch hier eintreten zu lassen und stellen die Figg. 226 und 227 weitere Verankerungsarten dar, wie sie bei stehenden Stühlen Anwendung finden, deren Wirksamkeit von selbst klar

ist. Die Dimensionen der Streben und Zangenhölzer bestimmt man am besten nach den praktischen Angaben, wie sie oben gemacht worden sind.

Beim liegenden Stuhl Fig. 240 erfolgt die Verankerung der Kniestockwand analog mit Fig. 239 durch doppelte Zangenhölzer, welche in den Hauptgebinden zwischen der liegenden Stuhlsäule und dem Pfosten des Kniestocks angeordnet werden. Die Kräftewirkung in einem solchen als Pfettendach konstruirten Stuhl zeigen die Figg. 240 und 240a, welche ohne weitere Erklärung

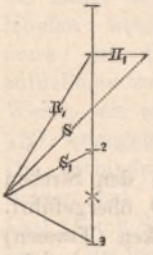


Fig. 340a.

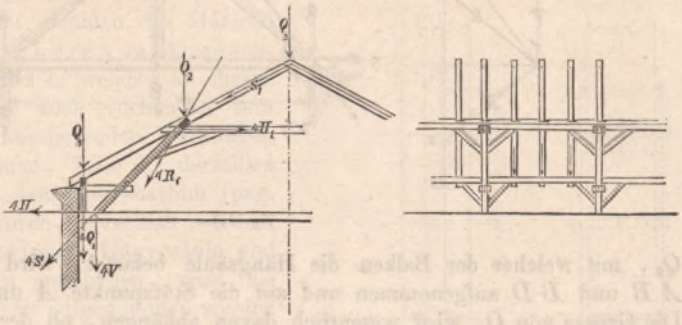


Fig. 240.

nach dem bisherigen verständlich sind.

Legt man bei der Konstruktion der Kniestocksdächer wieder die schon früher angegebenen üblichen Masse für Sparren, Pfetten etc. zu grunde, so gelten hier auch wieder dieselben freiliegenden Längen dieser Hölzer, wie sie vorne angegeben wurden.

Satteldächer mit nicht unterstützter Balkenlage.

Bei Satteldächern mit nicht unterstützter Balkenlage verwendet man in den meisten Fällen die sogenannten Hängewerke und wird die Anzahl der Hängesäulen von der Tragfähigkeit der verwendeten Balken abhängen. Dient die Balkenlage als Deckenabschluss und hat zugleich die Funktion eines Dachbodens, so wird in den meisten Fällen für die einzelnen Balken eine Stärke von 20 cm ausreichen, sind die Dachböden jedoch zum Lagern von Getreide etc. bestimmt, so werden 25 bis 30 cm starke Balken zu wählen sein.

Bei Balkenstärken von 20 cm Höhe, 16 cm Breite giebt man in der Regel:

den Balken bis zu 8,00 m freitragender Länge eine Hängesäule,
„ „ „ „ 12,00 m „ „ zwei Hängesäulen
„ „ „ „ 16,00 m „ „ drei „ u. s. w.;

während bei Balkenstärken von 25 cm Höhe und 17,5 cm Breite die Balken sehr wohl 5,00 m freigelegt werden können. Hiernach ergiebt sich:

für Balken bis zu 10,00 m freitragenden Länge eine Hängesäule
„ „ „ „ 15,00 m „ „ zwei Hängesäulen
„ „ „ „ 20,00 m „ „ drei „ u. s. w.

Je nach der Zahl der Zwischenunterstützungspunkte des Balkens wird das Hängewerk ein einfaches, zweifaches oder mehrfaches genannt.

Zu den grössten, wirklich ausgeführten Hängewerken möchte das über dem Exerzierhause zu Moscau gehören, welcher bei nahezu 45,00 m freier

Balkenlänge 7 Hängesäulen aufweist, sodass die Stützpunkte der verzahnten Träger durchschnittlich 5,5 m von einander entfernt liegen.

Das einfache Hängewerk (Fig. 241). Beim einfachen Hängewerk erfolgt eine einmalige Unterstützung des Balkens in seiner Mitte C. Die Last

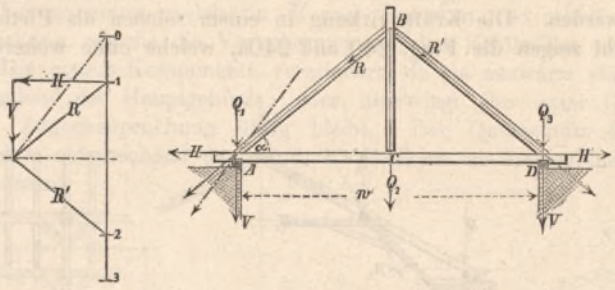


Fig. 241.

Q_2, mit welcher der Balken die Hängsäule belastet, wird von den Streben AB und BD aufgenommen und auf die Stützpunkte A und D übergeführt. Die Grösse von Q_2 wird wesentlich davon abhängen, ob der Balken (Tramen) AD als kontinuirlich angesehen werden kann, oder ob er in C gestossen oder durchschnitten gedacht wird. In ersterem Falle ist der Tramen ein kontinuirlicher Träger auf 3 Stützen, dessen Auflagerdrücke nach pag. 86 bestimmt werden können; im zweiten Falle sind AC und CD frei in A, C und D aufliegende Balken, welche das ganze als gleichmässig verteilt anzusehende Gewicht Q des Hängewerks so auf diese Stützpunkte verteilen, dass $Q_1 = \frac{1}{4} Q$, $Q_2 = \frac{1}{2} Q$ und $Q_3 = \frac{1}{4} Q$ wird. Da indes bei Hängewerken über Balkenlagen eine möglichst horizontale Lage der Tramen eingehalten werden muss, allenfallsige Senkungen durch die an den Hängsäulen angebrachten Schrauben beseitigt werden können, so werden hier die nach der Theorie der kontinuirlichen Träger ermittelten Auflagerdrücke vielleicht der Wirklichkeit näher kommen, als jene, welche aus dem frei aufliegenden Balken abgeleitet werden. Es werde also $Q_1 = \frac{3}{16} Q = Q_3$ und $Q_2 = \frac{5}{8} Q$ angenommen. Q_1 und Q_3 werden unmittelbar auf die Stützpunkte A und D übertragen, Q_2 wirkt in der Hängesäule als Zugkraft und zerlegt sich bei B in die Komponenten R und R', welche die Streben auf ihre Knickfestigkeit in Anspruch nehmen. Aus diesen Beanspruchungen kann der Querschnitt der Hängesäule, welcher für die durch die Einzapfung der Streben am meisten geschwächte Stelle zu grunde zu legen ist, sowie die Querschnitte der Streben in bekannter Weise berechnet werden. Der Winkel α der Streben mit dem Tramen kann nach den Bemerkungen auf Seite 107 am besten zu 45° gewählt werden, soll aber im Minimum wenigstens 30° betragen. Die Beanspruchung des Bundbalkens erfolgt hier wieder in zweierlei Weise: auf Zug und Biegung. Das Maximalmoment über der Mittelstütze C ist nach Seite 84

$$M_c = \frac{1}{8} q \left(\frac{w}{2}\right)^2 = \frac{q\, w^2}{32} = \frac{Q \cdot w}{32}$$

also viermal kleiner als bei einem Balken, der auf die ganze Stützweite w

frei liegt. Zu der durch das Moment M_c verursachten Biegungsspannung addirt sich noch eine Zugspannung, welche von der Horizontalkomponente der Kräfte R und R' herrührt. Diese Kräfte H und H' heben sich, weil sie von gleicher Grösse und entgegengesetzter Richtung sind, im Balken auf, so dass die Auflagerpunkte A und D nur mit vertikalen Kräften $A = D = \frac{Q}{2}$ belastet sind.

Die Kräfte H am Balkenkopf und V_1 am Strebenkopf nehmen das Material derselben auf Abscheren in Anspruch; die Länge des Holzes λ, welches an diesen Köpfen wenigstens noch vorhanden sein muss, um diese abscherenden Wirkungen aufnehmen zu können, kann in derselben Weise, wie es bei dem Sparrenschub (pag. 159) angegeben wurde, berechnet werden. Die Verbindung zwischen Hängesäule und Balken hat so zu geschehen, dass die Last Q_2 mit Sicherheit aufgenommen werden kann. Die geringsten Dimensionen, welchen man dem Hängeisen sowie den Schraubenbolzen zu geben hat, ergiebt sich für eine Anordnung nach Fig. 242 folgendermassen.

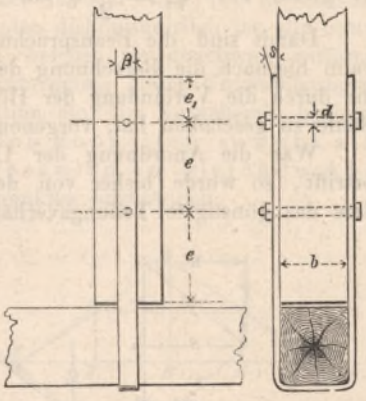


Fig. 242.

Es bezeichne b die Stärke der Hängesäule, s die zulässige Zugspannung des Eisens, $\mathfrak{s}$ und σ bezw. die zulässige Schubspannung für Holz und Eisen, δ die angenommene Dicke des Hängeisens, so erhält man die Breite β' des letzteren aus

$$2 \cdot \delta \cdot \beta' = \frac{Q_2}{s}$$

und den Bolzendurchmesser d aus

$$4 \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{Q_2}{\sigma}.$$

Findet an den Durchdringungsstellen des Bolzens keine Verbreiterung des Hängeisens statt, so wird die Gesamtbreite des letzteren

$$\beta = \beta' + d$$

betragen müssen. Für die Entfernung e der Bolzenmitten und der Mitte des unteren Bolzens von der Unterkante der Hängesäule gilt die Beziehung

$$2 \cdot e \cdot b = \frac{Q}{2 \cdot \mathfrak{s}},$$

endlich für die geringste Entfernung der oberen Bolzenmitte von der Oberkante des Hängeisens die Gleichung

$$2 \cdot \delta e_1 = \frac{Q}{4 \cdot \sigma}.$$

Das doppelte Hängwerk (Fig. 243, S. 188). Die gesamte gleichförmig verteilte Last des Balkens AB betrage Q und Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 seien die Auflagerdrücke, welche einem auf 4 Stützen aufliegenden kontinuirlichen Balken entsprechen. Wegen der Symmetrie des Hängwerks zur Mittelaxe sind dieselben in A und B, sowie C und D einander gleich.

Die Kräfte Q_1 und Q_4 werden unmittelbar von den Auflagern des Tramens aufgenommen, die Q_2 und Q_3 aber durch die Hängesäulen auf die Punkte E und F übertragen. Hier zerlegt sich jede Kraft in 2 Komponenten S und R, welche bezw. die Beanspruchung des Spannriegels und der Streben auf ihre Knickfestigkeit vorstellen. Die Kräfte R_1 gehen wieder auf das Auflager über und erzeugen im Tramen die Längskräfte $H\,H$, welche sich gegenseitig aufheben und an der Mauerlatte den Druck V, so dass der gesamte Vertikaldruck in A und B gleich $V + Q_1 = \frac{1}{2} Q$ ist.

Damit sind die Beanspruchungen aller Konstruktionsteile festgestellt und kann hiernach die Berechnung der Querschnittsdimensionen, welche immer für die durch die Verbindung der Hölzer unter einander am meisten geschwächte Stelle zu geschehen hat, vorgenommen werden.

Was die Anordnung der Unterstützungspunkte D und C des Balkens betrifft, so wurde bisher von den Konstrukteuren*) allgemein angenommen, dass das günstigste Teilungsverhältnis, bei welchem die Wahrscheinlichkeit des

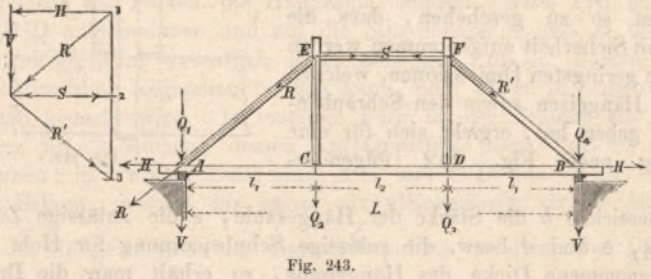


Fig. 243.

Zerbrechens des Tramens überall gleich sei, dasjenige wäre, wobei $A\,D = B\,C = \frac{3}{10} L$ und $D\,C = \frac{4}{10} L$ ist. Dies steht aber mit der Theorie des kontinuirlichen Balkens auf 4 Stützen, als welcher der Balken zu betrachten ist, nicht im Einklang. Bei einem solchen Träger finden die grössten Momente immer über den Auflagern statt und zwar ergiebt sich für eine beliebige, zur Mitte symmetrische Stützenanordnung nach Fig. 243 das Moment M_1 über der Mittelstütze zu

$$M_1 = -\frac{q}{4} \cdot \frac{l_1^3 + l_2^3}{2\,l_1 + 3\,l_2},$$

wobei q die gleichmässig über die Felder des Balkens verteilte Last pro Längeneinheit ist. Würde man hierin $l_2 = \frac{4}{3} l_1$ setzen, so hätte das Moment M_1 den speziellen Wert

$$M_1 = \frac{91}{648} q\,l^2 = r\,d \cdot \frac{1}{7} q\,l_1^2,$$

während man bei gleichmässiger Einteilung der Stützpunkte über die Länge L, also für $l_2 = l_1$

$$M_1 = \frac{1}{10} q\,l_1^2,$$

*) Siehe Breymann, Konstruktionen in Holz pag. 32.

also bedeutend kleiner erhält. Die günstigste Beanspruchung des kontinuirlichen Tramen, oder die grösste Tragfähigkeit desselben bei vorliegendem Querschnitt wird vielmehr erzielt, wenn ungefähr

$$\frac{l_1}{l_2} = 1{,}16\,, \text{ oder } l_1 = \frac{7}{20} L\,^*)$$

gemacht wird und zwar ist in diesem Falle die Maximaltragfähigkeit des Tramens nur wenig verschieden von jener, welche einer gleichheitlichen Austeilung der Stützen entspricht.

Mit Rücksicht auf den Umstand, dass auch in dem Falle, wo der Balken an den Unterstützungsstellen gestossen wird, also diskontinuirlich ist, die beste Einteilung der Stützpunkte diejenige ist, bei welcher sie gleichweit entfernt sind, so möchte es in allen Fällen, wo die Anbringung dieser Unterstützungen nicht durch Rücksichten auf die Dachkonstruktion etc. von vorneherein bedingt ist, das Vorteilhafteste sein, bei den doppelten sowohl als mehrfachen Hängwerken die Hängesäulen in gleichen Abständen unter sich und von den Auflagerpunkten anzuordnen.

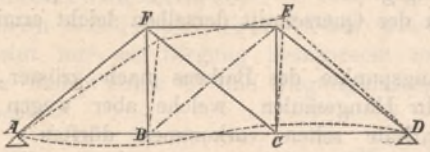


Fig. 244.

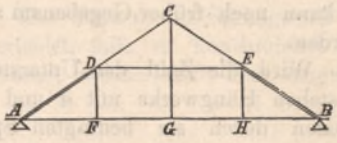


Fig. 245.

Die Figur des doppelten Hängebocks bildet, wie man sofort sieht, keine unverschiebliche Figur, weshalb bei unsymmetrischer Belastung leicht eine Querverschiebung des Hängwerks eintreten kann, wie solche Fig. 244 zeigt, wo die Belastung des Punktes B grösser als diejenige von C angenommen wurde. Solchen Verschiebungen begegnet man am besten durch Anwendung von Streben oder Zugbändern FC bezw. BE; hierdurch geht aber das doppelte Hängwerk in ein einfaches Fachwerk über.

Durch mehrmalige Anwendung des einfachen oder doppelten Hängwerks oder durch Kombination beider, entstehen die mehrfachen Hängwerke mit 3, 5 etc. Hängesäulen. Das Schema eines 3fachen Hängwerks zeigt die Fig. 245 sowie Fig. 246. Die letztere Anordnung, bei welcher das 3fache Hängwerk aus der Kombination dreier einfacher besteht, verdient in statischer Hinsicht vor der in Fig. 244 gegebenen Anordnung den Vorzug, indem sie ein Profil zeigt, das aus lauter Dreiecken besteht, also eine unverschiebliche Figur bildet, während eine bessere Benützung des Dachraums durch die Anordnung nach Fig. 244 erreicht wird.

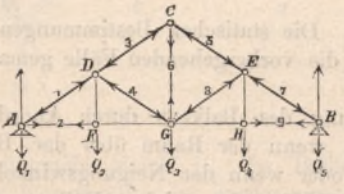


Fig. 246.

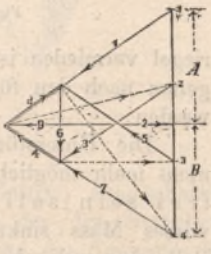


Fig. 246a.

Die Lasten Q_2, Q_3, $Q_4 = Q_2$ (bei symmetrischer Belastung), welche die

*) Eine ausführliche Berechnung dieses Wertes findet sich in Holzhey: Baumechanik I. pag. 247.

Hängesäulen aufzunehmen haben, entsprechen hier den Auflagerdrücken eines kontinuirlichen Balkens, der auf 5 gleich hohen Stützpunkten liegt und gleichmässig durch die betreffende Last beansprucht ist. Bei den mehrfachen Hängwerken kann aber auch in anbetracht des Umstandes, dass die hier in Frage kommenden Auflagerdrücke des kontinuirlichen Balkens sehr wenig von einander abweichen und des weiteren Umstandes, dass dabei nicht selten der Balken unter irgend einer Säule gestossen werden muss, eine Lastverteilung zu Grunde gelegt werden, so, dass die Belastungen Q_1, Q_2, Q_3 ... den Auflagerdrücken eines in den Punkten F, G und H durchschnittenen Balkens entsprechen.

Sind die die Hängesäulen beanspruchenden Lasten bestimmt, so können die Spannungen der anderen Konstruktionsteile auf bekannte Art graphisch ermittelt werden; am besten geht man hiebei von den Auflagerreaktionen aus und bestimmt an jedem Knotenpunkt die dort unbekannten Stabspannungen, indem man sie mit den äusseren Kräften und den bekannten inneren ins Gleichgewicht setzt. Für das 3fache Hängwerk Fig. 246 erhält man dadurch das Kräftediagramm Fig. 246a, welches einer näheren Erklärung nicht mehr bedarf. Sind die Spannungsgrössen der Konstruktionsteile gefunden, so kann nach früher Gegebenem auch der Querschnitt derselben leicht ermittelt werden.

Wird die Zahl der Unterstützungspunkte des Balkens nach grösser, so entstehen Hängwerke mit 4 und mehr Hängesäulen, welche aber wegen der grossen durch sie bedingten Spannweite selten vorkommen dürften. Ein 4faches Hängwerk giebt Fig. 247 in den Hauptlinien und besteht dasselbe aus zwei in einandergeschobenen doppelten Hängwerken; statt dieser Anordnung kann auch diejenige nach Fig. 248 gewählt werden, wobei der lange Spann-

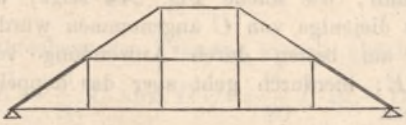


Fig. 247.

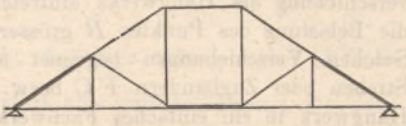


Fig. 248.

riegel vermieden ist. Die statischen Bestimmungen dieser Hängwerke können genau nach den für die vorhergehenden Fälle gemachten Angaben durchgeführt werden.

Die Unterstützung des Balkens durch Anordnung eines Hängwerks ist nicht mehr möglich, wenn der Raum über der Balkenlage von Holz frei sein soll, oder wenn der Neigungswinkel der Streben unter ein gewisses Mass sinkt (30°). In solchen Fällen wird die Unterstützung der Balkenlage durch eine unter letzterer angebrachte Holzkonstruktion hergestellt, welche man als Sprengwerk bezeichnet.

Das einfache Sprengwerk. Bei den Sprengwerken, welche im Hochbaue selten und meistens nur in Verbindung mit Hängwerken vorkommen, erfolgt die Unterstützung des Balkens von unten durch Streben, welche sich gegen das Mauerwerk der Umfassung stützen. Da, wie leicht zu sehen ist, diese Streben einen bedeutenden Horizontaldruck gegen die Widerlagsmauern ausüben, so kommt hier zur Bestimmung der Dimensionen der Sprengwerkshölzer noch die der Widerlagsmauer hinzu, welche, sobald die schräge von dieser Mauer aufzunehmende Kraft bestimmt ist, nach den im Band I über die Widerlager gemachten Bemerkungen erfolgen kann.

Beim einfachen Sprengwerk Fig. 249 erfolgt eine einmalige Unterstützung des Balkens in seiner Mitte C durch die Streben $D\,C$ und $E\,C$, welche den Druck Q aufzunehmen bestimmt sind. Diese Streben werden auf Knickung beansprucht durch die Kräfte R und R', welche sich ergeben, wenn Q_2 nach den Richtungen der Streben zerlegt wird. Die Grösse der Last Q bestimmt sich wieder aus der über den Balken $A\,B$ bezüglich seiner Kontinuität gemachten Annahme. Die Axialkräfte R und R' werden hier direkt durch die Widerlagsmauern aufgenommen und hierin liegt der prinzipielle Unterschied zwischen Häng- und Sprengwerk, dass bei ersterem der Horizontalschub der Streben aufgehoben wird, bei letzterem nicht. Der Balken im Sprengwerk erscheint nur auf Biegung beansprucht und erleidet, falls er kontinuirlich ist, über dem Punkte C eine Biegungsbeanspruchung, welche nach dem Angriffsmoment:

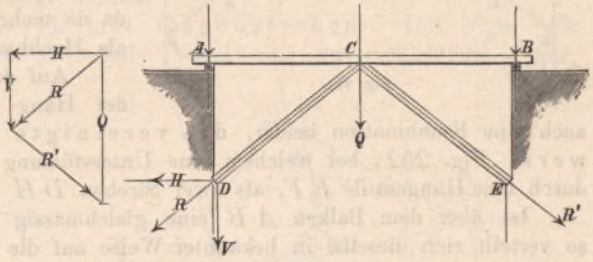


Fig. 249.

$$M_c = \frac{q\,w^2}{32}$$

(eine gleichmässige Last q pro Längeneinheit vorausgesetzt) zu bestimmen ist.

Erfordert der Tramen eine zweimalige Unterstützung, so ordnet man das doppelte Sprengwerk Fig. 250 an, indem zwischen den Strebenköpfen C und

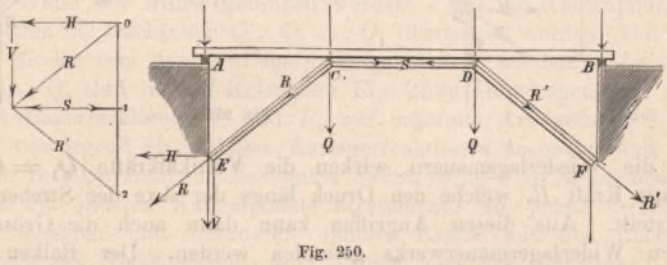


Fig. 250.

D der Spannriegel $C\,D$, ungefähr gleich $^1/_3$ der Balkenlänge, eingeschaltet wird. Die Wirkung dieser Konstruktion ist wieder analog der des doppelten Hängwerks und werden die Spannungszahlen der Streben und des Spannriegels in ähnlicher Weise wie dort ermittelt. Bezüglich der Lage der Unterstützungspunkte C und D des Tramens kann dieselbe Betrachtung, wie beim doppelten Hängebock Platz greifen und ergiebt sich hiernach die günstigste Lage dieser Punkte, wenn $\overline{A\,C} = \overline{C\,D} = \overline{D\,B} = \frac{1}{3}\overline{A\,B}$ ist.

Zum vollständigen Gleichgewicht der Konstruktion gehört ferner, dass die Belastung symmetrisch zur Mitte verteilt sei, so dass die Belastungen der Punkte C und D gleich sind; ist dies nicht der Fall, und beispielsweise die Belastung des Punktes C grösser, so tritt leicht eine Deformation des Sprengwerks nach Fig. 251 (S. 192) ein, welcher lediglich der Biegungswiderstand des Balkens

entgegenwirkt. Um ein Abheben des Balkens vom Auflager B zu verhindern, ordnet man Zangen AG und BH an, welche zugleich zur Verminderung der freien Strebenlänge und damit wesentlich zur Erhöhung der Festigkeit der Streben beitragen können. Die mehrfachen Sprengwerke sind nach denselben Gesichtspunkten zu betrachten und können hier übergangen werden, da sie mehr in das Gebiet des Brücken- als Hochbaues gehören.

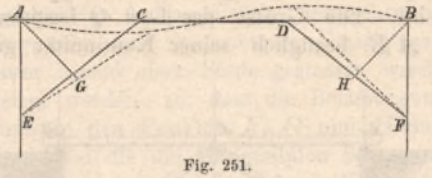


Fig. 251.

Auf den Grundsätzen und Regeln der Häng- und Sprengwerke beruht auch eine Kombination beider, das vereinigte Häng- und Sprengwerk, Fig. 252, bei welchem eine Unterstützung des Balkens AB sowohl durch eine Hängesäule EF, als zwei Streben DH und CG hergestellt ist.

Ist über dem Balken AB eine gleichmässig verteilte Last ausgebreitet, so verteilt sich dieselbe in bekannter Weise auf die Stützpunkte C, E, D und diese Lasten Q_2, Q_3, Q_4 verursachen in den Konstruktionsteilen des Häng- und Sprengwerks Spannungen, deren Grössen das Diagramm Fig. 252a enthält und aus welchen die betreffenden Querschnittsgrössen leicht abgeleitet werden können.

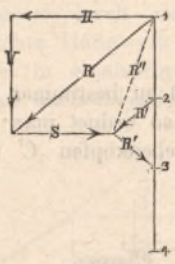


Fig. 252a.

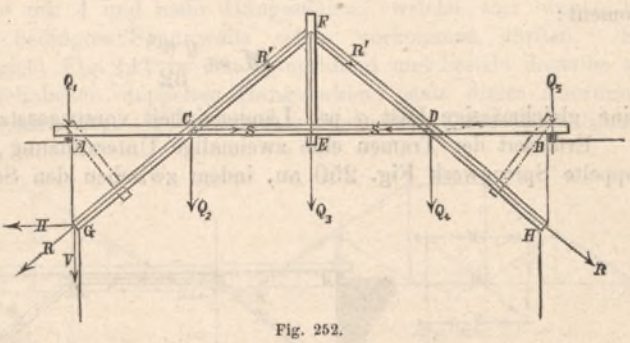


Fig. 252.

Auf die Wiederlagsmauern wirken die Vertikalkräfte $Q_1 = Q_5$ und je eine schräge Kraft R, welche den Druck längs der Axe der Streben CG und DH vorstellt. Aus diesen Angriffen kann dann auch die Grösse des erforderlichen Widerlagermauerwerks gefunden werden. Der Balken AB erleidet in seinen äussersten Feldern AC und DB lediglich Biegungen, während der mittlere Teil CD zu gleicher Zeit auch durch die Kraft S auf Druck längs der Axe beansprucht ist.

Ist die Belastung des Balkens nicht symmetrisch zur Mittellinie der Konstruktion verteilt, so werden die Lasten Q_2 und Q_4 ungleich, und es erfolgt wieder eine Verschiebung der Konstruktionsfigur, so lange, bis diese Kräfte wieder annähernd gleich werden. Um hierbei ein Verschieben der Auflagerenden des Balkens zu verhindern, können wieder doppelte Zangenhölzer, welche die Streben umfassen, angewendet werden.

Werden die Häng- und Sprengwerke mit den Dachkonstruktionen verflochten, so haben sie ausser der Last der unteren horizontalen Decke, bestehend aus Eigengewicht und Nutzlast, noch die Belastung des Daches aufzunehmen, welche nach früher gemachten Angaben zu bestimmen ist. In diesen Fällen führt man die Berechnung am besten für beide Belastungsarten gesondert durch

und hat dann, um die Gesamtspannungen der Konstruktionshölzer zu finden, lediglich die für ein betreffendes Holz gefundenen Spannungszahlen zu addiren.

Da die Anordnung der Hängwerksdächer analog der früher behandelten Dachstühle ist, so kann bezüglich der statischen Berechnung dieser Hängwerkskonstruktionen auf Früheres und die vorstehenden Bemerkungen über Häng- und Sprengwerke verwiesen werden und soll hier nur an einigen Beispielen der einzuschlagende Weg gezeigt werden.

Einfaches Hängwerk mit Gegenstreben. Die Figur des Binders stellt Fig. 253 dar; derselbe bildet eine unverschiebliche Figur,

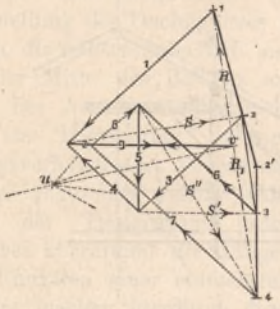


Fig. 253a.

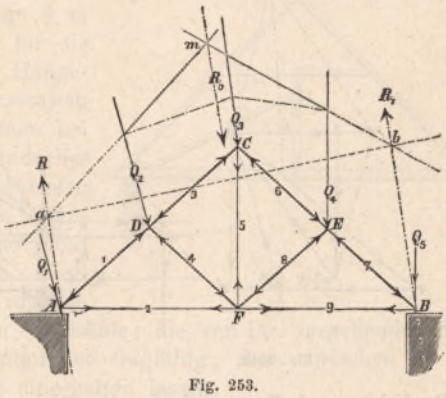


Fig. 253.

weshalb eine unsymmetrische Belastung angenommen wird. Die aus der Belastung des Daches resultirende Beanspruchung der Sparren und Pfetten, welche letztere in den Knotenpunkten des Binders liegend gedacht sind, kann in derselben Weise wie früher gefunden werden. Auf die Knotenpunkte seien durch die Pfetten die Dachlasten Q_1, $Q_2 \ldots Q_5$ übertragen worden, von welchen Q_1 und Q_5 direkt von den Auflagern aufgenommen werden. Die mittleren Lasten Q_2, Q_3, Q_4 sind in den Kräfteplan Fig. 253a eingetragen und aus denselben die Auflagerreaktionen R und R_1 auf bekannte Art gefunden worden. Indem man von irgend einer dieser Auflagerreaktionen ausgeht, und dieselbe nach den im Auflager zusammenstossenden Stabrichtungen in Komponenten zerlegt und auf die anderen Knotenpunkte übergehend, an jedem derselben die vorhandenen äusseren und bekannten inneren Kräfte mit den unbekannten Stabspannungen ins Gleichgewicht setzt, findet man der Reihe nach die Beanspruchungen aller Teile des Hängwerksdaches und erhält das in Fig. 253a gezeichnete Diagramm. Zu den hier gefundenen Spannungen müssen in einem gegebenen Falle noch diejenigen addirt werden, welche sich aus der Belastung des Binders durch die Balkenlage AB ergeben, nachdem dieselbe in F aufgehängt ist. Diese Beanspruchungen kommen nur für die Streben AC und BC, sowie für die Hängesäule CF und den Balken AB in betracht, die Gegenstreben DF und EF werden hiervon nicht berührt.

Pfettendach mit doppeltem Hängwerk und Kniestock. Fig. 254 (S. 194). Die Beanspruchung der Sparren und Pfetten entspricht genau derjenigen dieser Hölzer im stehenden Stuhl. Fig. 216. In irgend einem Gebind wird der Sparren im Gleichgewicht gehalten durch den horizontalen Druck des Gegensparrens im First, durch die als vertikal angenommene Reaktion V_1 der Mittelpfette und die schräge Kraft R_1, welche die Reaktion des Kniestocks darstellt. Liegen nun n Leergebinde zwischen je 2 Hauptgebinden, so wird durch

die Mittelpfette die Last $(n+1)\,V_1 = V_1'$ auf die Hängesäule und eine schräge Kraft $R' = (n+1)\,R_1$ auf die Kniestockwand übertragen. Von den Komponenten dieser Kraft beansprucht die vertikale (V) die Kniestocksäule auf Druck, während die horizontale (H) ein Umkanten der Kniestockwand anstrebt. Dies verhindert eine Doppelzange, welche die Strebe umfasst und die mit einer Kraft H_1 gezogen wird, deren Grösse 0 1, Fig. 254a sich ergiebt, wenn H in die Komponenten H_1 und H_2 zerlegt wird. Die Dimensionen der Kniestockwand und der Zangen werden nicht allein aus diesen Beanspruchungen, sondern

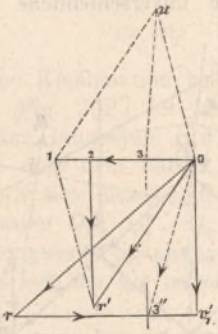


Fig. 254a.

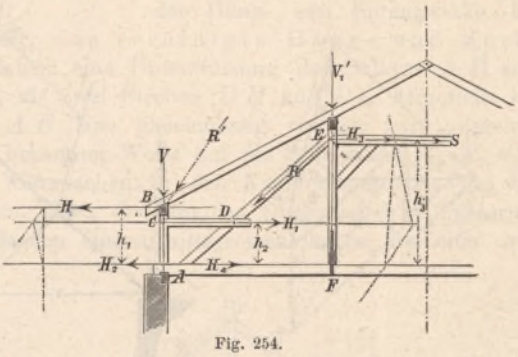


Fig. 254.

mit Rücksicht auf die praktische Ausführung festgestellt und dafür die früher angegebenen Masse eingehalten. Die Strebe erleidet durch die Doppelzange einen Zug H_1, welcher in den Endpunkten der Strebe Widerstände H_3 und H_4 bedingt, welche als die in A und E wirkenden Komponenten der Kraft H_1 gefunden werden. Am Strebenkopf wirkt aber ausser H_3 noch die schräge Kraft R, welche erhalten wird, wenn die Last V_1' der Hängesäule in die Richtung des Spannriegels und der Strebe in die Seitenkräfte $S = r\,v_1'$ und $R = 0\,r$ zerlegt wird. R und $H_3 = 0\,3$ geben zusammen die Resultante $0\,3''$ und deren Seitenkräfte $r\,3''$ und $0\,r$ stellen die wirklichen Beanspruchungen des Spannriegels und der Strebe vor. Aus der Fig. 254a folgt zugleich, dass eine Befestigung des Strebenkopfes an die Hängesäule wegen des nach auswärts gerichteten Zuges H_3 nicht notwendig ist, da die Summe der auf den Punkt E wirkenden Horizontalkräfte $r\,3''$ nach einwärts gerichtet ist. Die Strebe erleidet ausser der Druckbeanspruchung durch R noch eine Biegung, deren Moment in D

$$H_3\,(h_3 - h_2)$$

beträgt, beiden Inanspruchnahmen hat der Strebenquerschnitt zu entsprechen.

Auf den Balken wirken ausser der Horizontalkomponente von R, welche $= S = v_1'\,r$ ist, noch die Horizontalkräfte H_4 und H_2, die entgegengesetzter Richtung sind, so dass die gesamte Horizontalspannung des Balkens

$$S + H_4 - H_2$$

beträgt. Hieraus und aus der Beanspruchung auf Biegung durch die Last des Dachbodens ist der Querschnitt des Balkens festzustellen.

Bevor auf die spezielle Konstruktion dieser Dächer näher eingegangen wird, erscheint es notwendig, eine systematische Einteilung voranzuschicken, und sind dem entsprechend zu unterscheiden:

1. Hängewerks-Dächer ohne Kniestock;
2. Hängewerks-Dächer mit Kniestock;

bei beiden Konstruktionsarten lassen sich dann weiter wieder die Kehlbalkendächer von den Pfettendächern unterscheiden, und zwar unter Anwendung der bereits besprochenen stehenden und liegenden Stühle.

1. Hängewerks-Dächer ohne Kniestock.

Diese Konstruktion findet hauptsächlich bei steilen Dächern statt, bei welchen der sich darbietende Dachboden eine hinreichend benutzbare Höhe besitzt.

Fig. 255 stellt das Profil eines Ziegeldaches dar, dessen freie Balkenlänge 8 m beträgt; dem entsprechend genügt für die Herstellung des Dachgerüstes eine Hängesäule, die selbstverständlich am wirksamsten in der Mitte des Balkens anzuordnen ist.

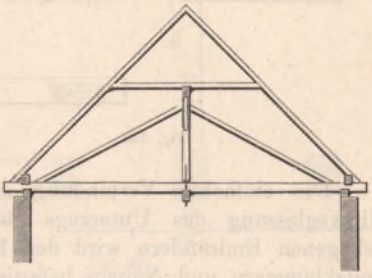


Fig. 255.

Bei Annahme eines Kehlbalkendaches ist zur Herstellung des entsprechenden Längsverbandes die Anordnung eines Rahmholzes angezeigt, welches dann unmittelbar von der Hängesäule unterstützt wird. Hierbei übernimmt die Hängesäule zugleich die Funktion einer einfachstehenden Stuhlsäule; die von ihr ausgehenden Kopfbänder machen hierdurch das Rahmholz so tragfähig, dass zwischen je zwei Hauptgebinde sich vier Leergebinde einschalten lassen.

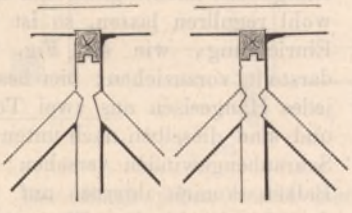


Fig. 256.

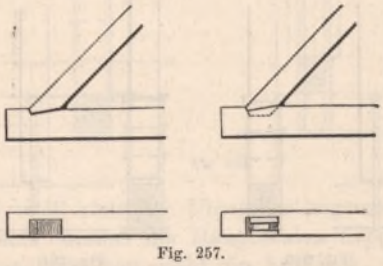


Fig. 257.

Die Hängesäule wird durch zwei Hängestreben in Schwebe gehalten, während die Balken in den Leergebinden ihr Auflager auf einem Unterzuge finden, welcher im Hauptgebinde zugleich mit der Hängesäule durch Hängeisen verbunden ist.

Die Detail-Verbindung zwischen Kehlbalken, Rahmholz, Hängesäule und Hängestrebe unter Hinfortlassung der Kopfbänder ist in Fig. 256 dargestellt; hierbei greifen die Streben — wie ersichtlich — entweder mit einfacher Versatzung oder mit dem Geissfuss in die Hängesäule ein, und erhält auch die Strebe an ihrem Fussende da, wo sie in den Balken eingreift, die gleiche Verbindung in derselben zweifachen Modifikation. Die Versatzung erhält bei sorgfältiger Konstruktion auch wohl noch einen kurzen Zapfen, wie dies die Fig. 257 (rechte Seite) erkennen lässt.

Wird der Winkel, unter welchem die Hängestrebe mit ihrem Fufsende in den Balken eingreift, ein sehr kleiner, wie in Fig. 258 (S. 196), so wählt man entweder die doppelte Versatzung oder auch die Klaue, beide mit Zapfen; eine Verbolzung, welche entweder rechtwinklig gegen die Strebe, oder rechtwinklig gegen die Balken angeordnet wird, dient zur weiteren energischen Verknüpfung.

Liegen, was vielfach bei mehrfachem Hängewerk der Fall ist, zwei Streben unmittelbar übereinander, so werden sie nach Fig. 259 mit dem Balken versatzt und verbolzt, während die beiden Streben entweder mit einander verdübelt, seltener mit einander verschränkt werden.

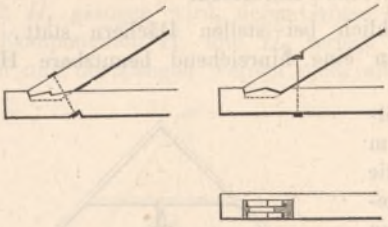


Fig. 258.

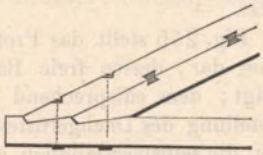


Fig. 259.

Die einfachste Verbindung der Hängesäule mit dem Binderbalken unter Hinweglassung des Unterzugs stellt Fig. 260 dar; ein Bandeisen mit umgebogenen Endrändern wird den Balken umfassend an die Hängesäule mittelst Spitzklammern und Nägeln befestigt; das so angebrachte Hängeeisen, in Süddeutschland vielfach mit „Bruche“ bezeichnet, darf mit dem Balken selbst nicht fest verbunden sein, damit die um 6 bis 9 cm kürzer belassene Hängesäule, nach einer allenfalls eintretenden Senkung der Konstruktion, den Binderbalken nicht einbiegen kann.

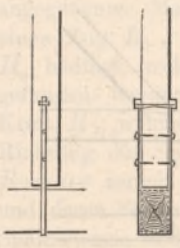


Fig. 260.

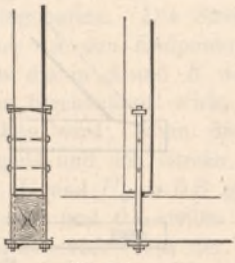


Fig. 261.

Da jedoch so hergestellte Hängeeisen nachträglich sich nicht wohl reguliren lassen, so ist eine Einrichtung, wie sie Fig. 261 darstellt, vorzuziehen; hier besteht jedes Hängeeisen aus zwei Teilen und sind dieselben nach unten mit Schraubengewinden versehen; der Balken kommt hierbei auf eine doppelte durchlochte Eisenschiene zu liegen, die von unten durch zwei Schraubenmuttern gegen den Balken fest gelegt wird, und so ein nachträgliches Aufschrauben gestattet. Fig. 262 stellt eine Modifikation in der Befestigung der Hängeeisen an die Hängesäule unter Anwendung von beiderseits eingetriebenen Keilen dar.

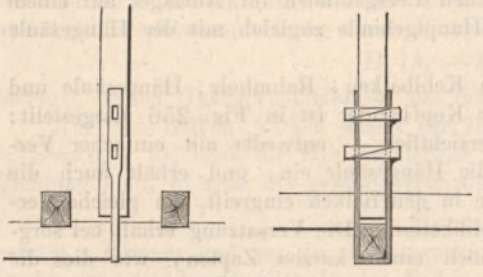


Fig. 262.

Sind doppelte Hängesäulen vorhanden, so lässt sich die Verbindung zwischen Hängesäulen und Balken ohne Eisen vermitteln, indem man den Balken durch die doppelten Hängesäulen hindurchgreifen lässt; eine solche Anordnung giebt dazu Veranlassung, die zweifache Hängesäule nach unten in einen verzierten Knauf ausgehen zu lassen, wie dies in Fig. 263 (S. 197) geschehen ist.

Werden in einem Hängewerke die Balken der Leergebinde durch einen

gemeinsamen Unterzug getragen, wie dies in den meisten Fällen wohl der Fall sein wird, so ergiebt sich eine Detail-Verbindung nach Fig. 264.

Die hier verwendeten, aus zwei Teilen bestehenden Hängeeisen greifen mitten durch die Hauptbinderbalken hindurch und wird der Unterzug mittelst vorgelegter Eisenschienen, Unterlagsscheiben und Schraubenmuttern befestigt; um ein späteres Nachschrauben zu ermöglichen, befindet sich ebenfalls zwischen Hängesäule und Balken ein freier Raum von 6 bis 9 cm.

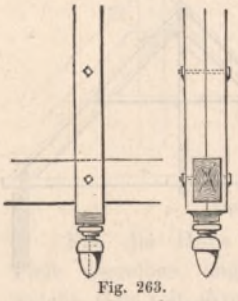


Fig. 263.

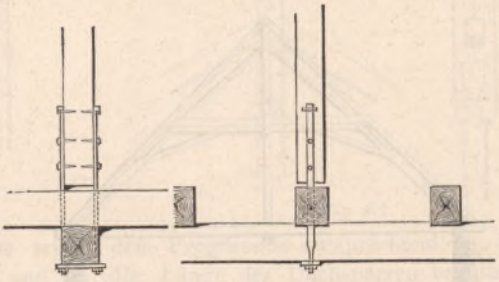


Fig. 264.

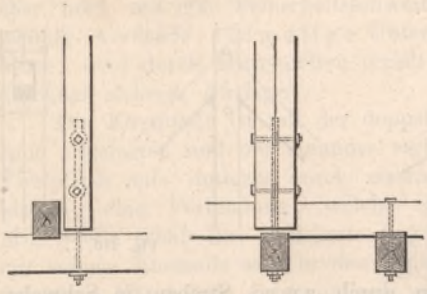


Fig. 265.

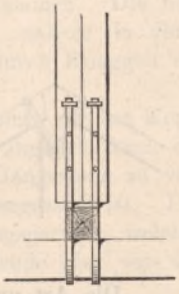


Fig. 266.

Bei Hängewerken wählt man auch wohl statt der Unterzüge sogenannte Träger zum Tragen der Leergebälke; sind hierbei die Hängesäulen doppelt, wie dies in Fig. 265 angenommen ist, so lässt man wohl ein kräftiges, mit zwei Kreisscheiben versehenes Flacheisen mitten in die beiden Hängesäulen ein, und verschraubt sie dann mittelst entsprechender Bolzen. An den zur Seite der Hängesäulen liegenden Träger werden dann die Balken der Leergebinde durch eiserne Schraubenbolzen angehängt.

Ist bei doppelten Hängesäulen statt des Trägers ein Unterzug vorhanden, so empfiehlt sich eine Konstruktion nach Fig. 266; der Unterzug wird hierbei von zwei bügelartig umgelegten Hängeeisen getragen, die sich um ihre Dicke in den Binderbalken vertiefen.

Die in Fig. 255 dargestellte einfache Hängewerkskonstruktion wird wohl mit dem Namen des „einfachen Bocks“ oder auch mit „Bockstuhl“ bezeichnet; es lässt sich jedoch dasselbe in verschiedenen Modifikationen erreichen.

So wurde z. B. in früherer Zeit, bei der grossen Beliebtheit des liegenden Stuhls, auch dieser zur Herstellung von Hängewerken verwendet; wie dies bei einmal nothwendig werdender Balkenunterstützung geschah, möge die Fig. 267 (S. 198) näher erläutern.

Handelt es sich jedoch um ein Dach, wo man eines Kehlgebälkes nicht

bedarf, so wird stets das Pfettendach und zwar mit Firstpfette, dem Kehlbalkendache weitaus vorzuziehen sein; bei einmaliger Unterstützung der Binderbalken wird sich dann eine Konstruktion nach Fig. 268 ergeben, bei welcher die Tragsparren des Pfettendaches zugleich die Funktion der Hängestreben übernehmen und der verspannende doppelte Kehlbalken des Hauptgebindes die anderen Verbandhölzer in sich aufnimmt; hierbei können selbstverständlich sämtliche Balken der Leergespärre entbehrt werden.

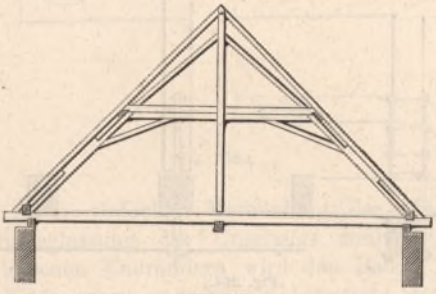


Fig 267.

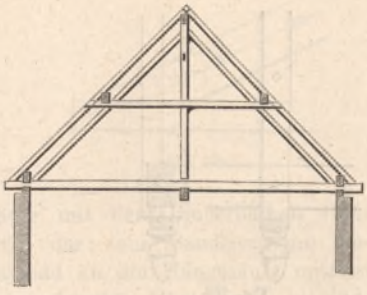


Fig 268.

Fig. 269.

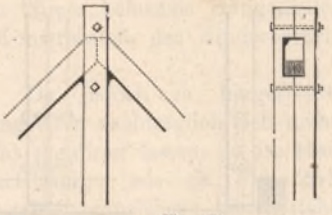


Fig. 270.

Die Art und Weise, Hängesäulen durch zwei Streben in Schwebe zu halten, kann unter Umständen eine sehr verschiedene sein; ist für den sogenannten Kopf die notwendige Höhe nicht vorhanden, so hilft man sich wohl durch Eisen, und wendet entweder einen gusseisernen Schuh, welcher mit der Hängesäule verbolzt wird, und die Strebenköpfe in sich aufzunehmen hat, an, wie dies in Fig. 269 auf der rechten Seite ersichtlich ist, oder man verwendet zweiarmige, mit einer Scheibe versehene schmiedeeiserne Bänder, nach Fig. 269 links, welche von beiden Seiten an die Hängesäule angebolzt werden, und durch übergelegte und verschraubte Eisenschienen die stumpf versatzten Streben mit der Hängesäule fest verbinden.

Besteht die Hängesäule aus doppeltem Holz, so greifen die Streben nach Fig. 270 durch dieselbe hindurch und stemmen sich mit ihrem angeschnittenen Hirnholz fest gegeneinander an, wobei eine Verbolzung der doppelten Hängesäule nicht fehlen darf. Zwischen die sich pressenden Hirnflächen legt man bei sehr stark belasteten Hängewerken eine entsprechend grosse Blechtafel von Zink ein. Bei verdoppelten Hängesäulen kann sich jedoch ebenfalls eine Eisenverbindung als nothwendig erweisen, und wird dann wohl eine solche, wie sie die Fig. 271 (S. 199) darstellt, gewählt.

Fig. 272 (S. 199) zeigt die Verbindung von einer Hängesäule und ihren Streben unter der Annahme, dass die erstere in ihrem unteren Teile einfach, in ihrem oberen Teile jedoch doppelt ist.

Auf Tafel XX Fig. 1 bis 4 sind in bezug auf diese höchst einfache, aber

solide Konstruktion zwei Varianten als Uebungsbeispiel im Quer- und Längenschnitte mitgeteilt.

Den Figg. 1 und 2 liegt die Aufgabe zu grunde, ein Dach zu konstruiren, das mit französischen Dachplatten eingedeckt werden soll, dessen auf zwei Stein starken Mauern aufliegender Balken eine freie Länge von 11,25 m besitzt und dementsprechend eine einmalige Unterstützung nötig macht; der Dachboden ist — wenn auch nur zu untergeordneten Zwecken — benutzbar zu machen.

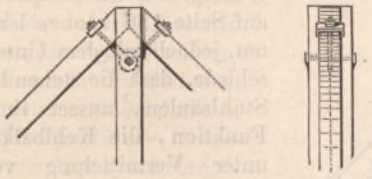


Fig. 271.

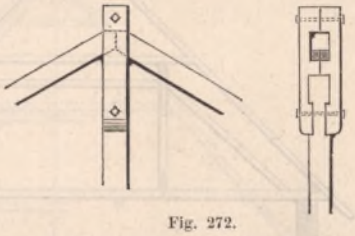


Fig. 272.

Für die Höhe des Daches wurde dem Programme entsprechend $^1/_3$ der Tiefe desselben angenommen, und so die Länge der Dachsparren ermittelt, welche sich mit ihrem Fussende in den Balkenkopf versatzen, ausserdem sich aber noch auf eine Sicherheitsschwelle oder Fusspfette aufkämmen. Die notwendig werdende einmalige Unterstützung der Sparren, nahezu in ihrer Mitte, wird durch Mittelpfetten erzielt, und erhalten diese durch Knaggen ein durchaus sicheres Auflager.

Die Firstpfette ist mit der doppelten Hängesäule verkämmt; die am Kopfende angelegten und mit einander verbolzten Bänder dienen zugleich dazu, die Firstpfette aufs innigste durch eiserne Schienen mit der Hängesäule zu verbinden, eine Verbindung, welche in Fig. 3 im Detail dargestellt ist. Die Mittelpfette erhält ihre gesicherte Lage durch einen Haupttragsparren, welcher mit seinem Fussende sich in den Balken versatzt, am Kopfende aber von der doppelten Hängesäule aufgenommen wird.

Da, wo der Tragsparren den Druck der Mittelpfette aufnimmt, wird er durch einen Spannkehlbalken gestützt, der seinerseits wieder von der doppelten Hängesäule umschlossen und verbolzt wird.

Die beigegebene Detailzeichnung Fig. 3 giebt darüber Aufschluss, in welcher Weise der Binderbalken durch die doppelte und verbolzte Hängesäule hindurchgreift. Die Balken der Leergebinde sind durch einen Träger, der zur Seite der Hängesäulen liegt, getragen und müssen dem entsprechend in ihrer Mitte an eisernen Schraubenbolzen aufgehängt werden, wie dies aus dem Längenschnitte deutlich ersichtlich ist.

Die Lösung derselben Aufgabe ist in den Figg. 4 und 5 so dargestellt, dass statt der doppelten Hängesäule eine einfache, statt des einfachen Spannkehlbalkens jedoch ein doppelter Zangenkehlbalken zur Anwendung gebracht ist; Fig. 6 giebt die betreffende Detailbildung von Hängesäule, Tragsparren und Firstpfette, welch' letztere des Längsverbandes wegen noch durch Kopfbänder unterstützt wird.

In beiden Beispielen sind die Balkenköpfe auf doppelte Mauerlatten gelegt, wodurch der Druck der Haupttragsparren sich auf eine grössere Fläche vertheilen lässt.

Das über ein Dachwerk mit einfacher Hängesäule Gesagte gilt mehr oder weniger auch von einer Dachkonstruktion, welcher ihrer freien Balkenlänge wegen zwei oder mehrere Stützpunkte gegeben werden müssen. Um dies

weiters zu erklären, ist in Fig. 273 der Hauptbinder eines Ziegeldaches dargestellt und zwar unter der Bedingung, dass das Dach einen für sich abgeschlossenen Dachboden besitze; eine Bedingung, welche am einfachsten durch ein Kehlbalkendach erfüllt werden kann. Die weitere Bedingung, dass die freie Balkenlänge zwei Stützpunkte zu erhalten hat, macht eine Lösung notwendig, wie wir sie bereits auf Seite 136 kennen lernten, jedoch mit dem Unterschiede, dass die stehenden Stuhlsäulen, ausser ihrer Funktion, die Kehlbalken unter Vermittelung von Dachrähmen zu unterstützen, die weitere Funktion von Hängesäulen zu übernehmen haben. Hierzu werden sie aber erst befähigt durch die Anordnung von Hängestreben und des sie verspreizenden Spannriegels. Der letztere ist in die Hängesäule mässig tief versatzt, die Hängesäule aber auf gleicher Höhe verklaut, wie dies in Fig. 274 ersichtlich ist.

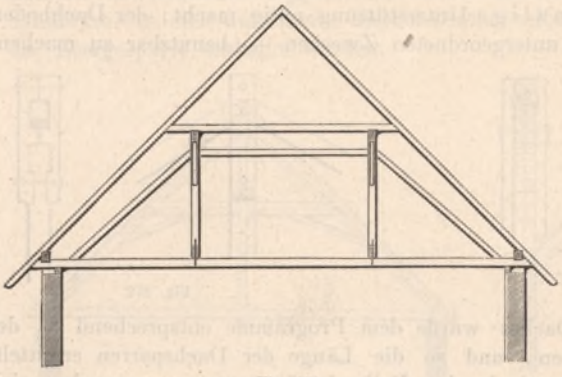


Fig. 273.

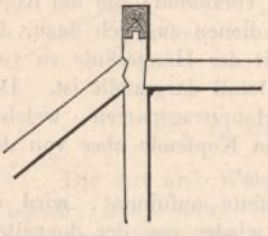


Fig. 274.

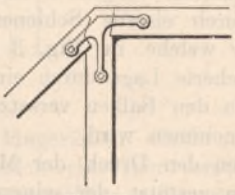


Fig. 275.

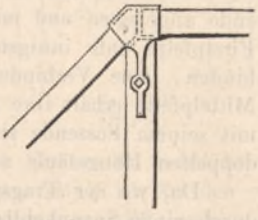


Fig. 276.

Unter Umständen kann übrigens die Detail-Verbindung zwischen Hängesäule, Strebe und Spannriegel mit Hülfe von Eisen hergestellt werden; Fig. 275 zeigt beiderseits angelegte dreiarmige Flacheisenbänder, die mit Schraubenbolzen befestigt sind, während in Fig. 276 derselbe Zweck durch einen entsprechend geformten Schuh aus Gusseisen erreicht ist. Liegen bei Hängewerken die Sparren unmittelbar auf der Hängestrebe auf, so wird eine Verbindung notwendig werden, wie sie in Fig. 277 näher detaillirt ist.

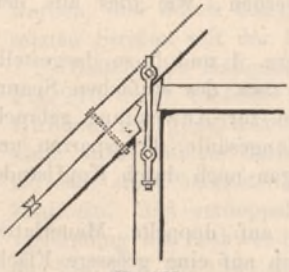


Fig. 277.

Eine Lösung, wie sie wohl bei einer nahezu 14 m freien Balkenlänge und steiler Dachneigung in früherer Zeit für Kehlbalkendächer mit doppeltem Dachboden übereinander, beliebt und vielfach ausgeführt war, giebt Fig. 278 (S. 201). Giebt man den Dachböden eine Höhe von nahezu 2,7 m und ordnet dem entsprechend die Kehlgebälke an, so wird man sich, um die Sparren in nahezu gleichen Entfernungen zu unterstützen, zur weiteren Anordnung eines Hahnenbalkens veranlasst finden.

Untersucht man nun die Länge der Kehlbalken, so ergiebt eine einfache Messung, dass der untere Kehlbalken ausser seinen sicheren Auflagern zwei, der obere Kehlbalken eine Unterstützung benötigt. Weiter liegt die Bedingung vor, den 14 m freiliegenden Balken am rationellsten in zwei Punkten in Schwebe zu halten.

Wendet man, wie dies früher bei der Beliebtheit des liegenden Stuhles bei den meisten komplizirten Dachkonstruktionen der Fall war, liegende Stuhlsäulen an, so können diese in gewissem Sinne die Hängestreben ersetzen, die Hängesäulen selbst aber müssen in diesem Falle doppelt gemacht werden und greifen dann sämtliche Kehlbalken, Spannriegel und allenfallsige Schubstreben durch die doppelten Hängesäulen hindurch.

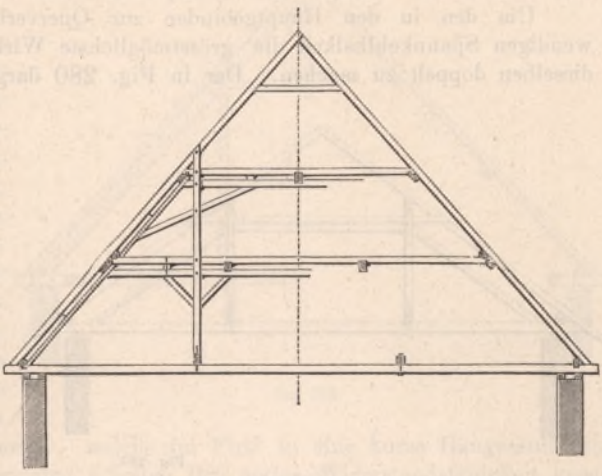


Fig. 278.

Sämtliche die Kehlbalken gegen die Mitte hin unterstützenden Rahmhölzer sind direkt durch die Spannriegel gestützt, welchen ihrerseits wieder durch Kopfbüge, Schubstreben und Zwischenlagshölzer eine entsprechende Widerstandsfähigkeit ertheilt wurde.

Durch Fig. 279 findet die Detailsverbindung eines Kehlbalkendaches mit liegendem Stuhle und in Verbindung mit einer doppelten Hängesäule seine vollständige Erklärung.

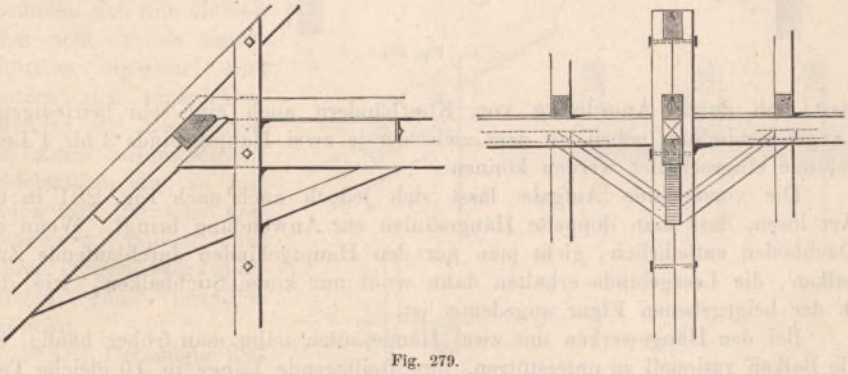


Fig. 279.

Es versteht sich wohl von selbst, dass diese Dachkonstruktion alle Mängel besitzt, die bereits auf S. 143 bei Besprechung des liegenden Stuhles erwähnt wurden, namentlich aber ist auf den ungemein grossen Holzkonsum hinzuweisen, der bei derartigen Dachstühlen, den idealen aller älteren Zimmermeister, nötig wird.

Fällt die Forderung eines nach oben durch ein Kehlgebälk abgeschlossenen

Bodenraumes weg, so tritt sofort die Pfettenkonstruktion in ihr volles Recht wieder ein, bei welcher die Hängesäulen durch ihnen zugehörige Streben und Spannriegel so in Schwebe gehalten werden, dass sie ausser der Funktion, den freiliegenden Dachbalken zu tragen, es auch noch übernehmen, die Mittelpfette zum unmittelbaren Tragen der Dachsparren sicher zu unterstützen.

Um den in den Hauptgebinden zur Querverbindung des Daches notwendigen Spannkehlbalken die grösstmöglichste Wirksamkeit zu geben, sind dieselben doppelt zu machen. Der in Fig. 280 dargestellten Dachkonstruktion

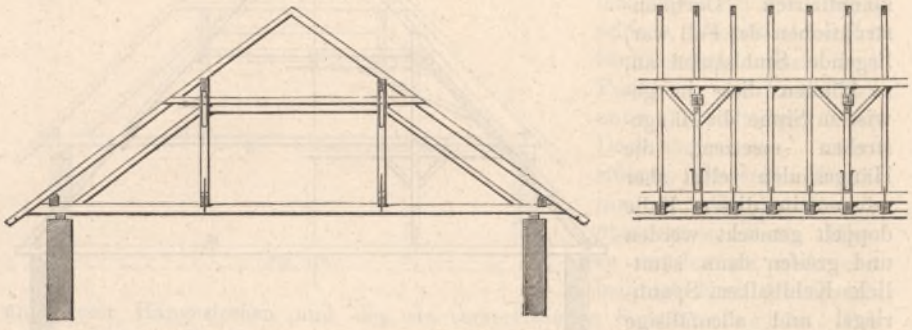


Fig. 280.

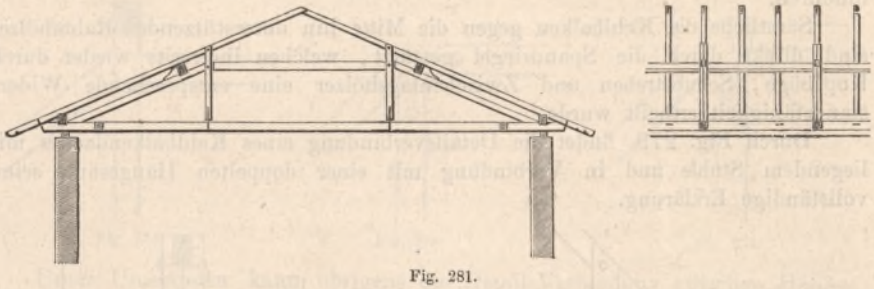


Fig. 281.

lässt sich durch Anordnung von Kopfbändern auch eine sehr befriedigende Längenverbindung geben, so dass zwischen je zwei Hauptgebinde 3 bis 4 Leergebinde eingeschaltet werden können.

Die vorstehende Aufgabe lässt sich jedoch auch nach Fig. 281 in der Art lösen, dass man doppelte Hängesäulen zur Anwendung bringt. Wenn ein Dachboden entbehrlich, giebt man nur den Hauptgebinden durchlaufende Zugbalken, die Leergebinde erhalten dann wohl nur kurze Stichbalken, wie dies in der beigegebenen Figur angedeutet ist.

Bei den Hängewerken mit zwei Hängesäulen teilte man früher häufig, um die Balken rationell zu unterstützen, ihre freiliegende Länge in 10 gleiche Teile ein, so dass in der Mitte $^4/_{10}$, je an beiden Seiten $^3/_{10}$ seiner Länge frei liegen; diese ungleiche Teilung beruhte auf der Annahme, dass der mittlere Teil des Balkens als beiderseits eingespannt, die beiden Seitenteile aber nur auf einer Seite aufliegend und auf der anderen als eingespannt betrachtet werden können*).

*) Vergleiche die Anmerkung auf Seite 188.

Wie die der Fig. 278 zu grunde liegende Aufgabe unter Beseitigung des veralteten liegenden Dachstuhles, unter Verwendung der Pfettenkonstruktion gelöst werden kann, möge die Fig. 282 verdeutlichen.

In erster Linie handelt es sich bei dieser Konstruktion um die Nichtanlage von geschlossenen Bodenräumen, und da erfordert die für Ziegeldachung sich ergebende Länge der Dachsparren ausser der Fuss- und Firstpfette, eine weitere Unterstützung von zwei Mittelpfetten, während die freie Länge des Balkens ebenfalls ein zweimaliges Aufhängen nötig macht. Sämtliche Pfetten erhalten ihre gesicherte Lage durch Haupttragsparren, welche im First in eine kurze Hängesäule eingreifen. Die Tragsparren aber erhalten ihre nötige Widerstandsfähigkeit gegen Bruch durch die doppelt angelegten Zangenkehlbalken, die so angeordnet werden, dass die betreffenden Pfetten durch Verkämmung mit ihnen verbunden sind; somit erhalten derartige Pfettendachstuhl-Hängewerke in den meisten Fällen einfache Hängesäulen, aber doppelte Zangenkehlbalken.

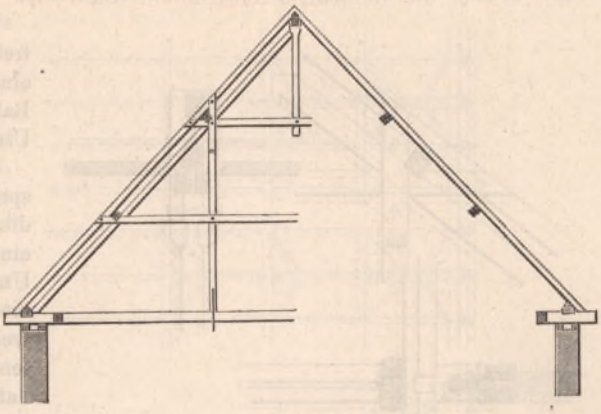


Fig. 282.

Immerhin lässt sich derselbe Zweck auch mit Anordnung von doppelten Hängesäulen und einfachen Spannriegeln erreichen, wie dies in der Fig. 283 gleich im Detail dargestellt wurde.

In den Leergebinden befinden sich nur die von den acht Pfetten unterstützten Sparren, und setzen sich unter Umständen die Leersparren in kurze ausgewechselte Stichbalken ein, so dass auch hier die sonst notwendigen Balken mit ihren Trägern oder Unterzügen ganz fortfallen können.

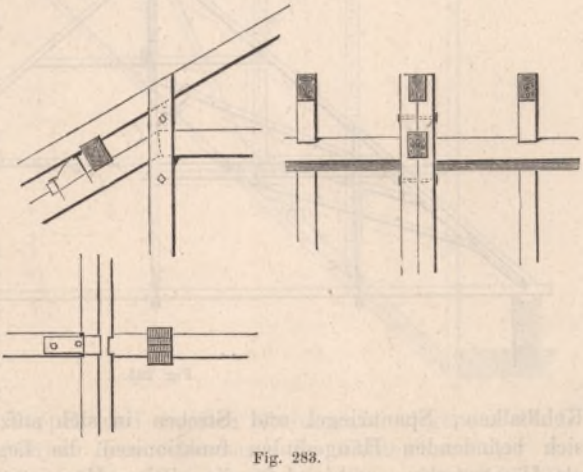


Fig. 283.

Die Detailfigur 284 (S. 204) stellt die den Balken tragende einfache Hängesäule dar, wie sie in ihrem oberen Teile verdoppelt ist und dadurch den Sparren sowohl, als auch den doppelten Zangenkehlbalken in sich aufnimmt, beziehungsweise durchsetzt wird; eine sorgsam angeordnete Verbolzung ist hierbei besonders empfehlenswert.

Tritt an den Konstrukteur die Aufgabe heran, ein Ziegeldach nach Fig. 285 über eine Tiefe von nahezu 20 m freier Balkenlänge mit mehreren über einander liegenden Dachbodenräumen zu entwerfen, so wird sich hierzu in erster Linie wieder die Kehlbalkenkonstruktion empfehlen.

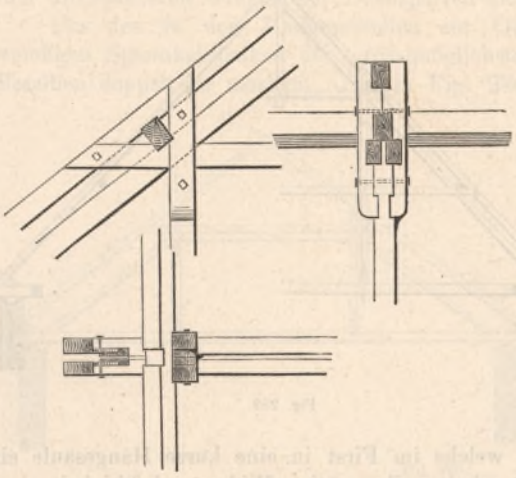


Fig. 284.

Eine Untersuchung der freien Sparrenlängen wird je eine zweimalige, die der freien Balkenlänge eine dreimalige Unterstützung erheischen.

Werden nun dem entsprechend zwischen die Sparren die betreffenden Kehlbalken eingebracht, so ergiebt eine Untersuchung, dass auch diese Konstruktionshölzer einer weiteren Unterstützung bedürfen. So verlangt der untere, nahezu 12,70 m lange Kehlbalken ausser seinen sicheren Endauflagern zwei weitere Stützpunkte, während der obere, bedeutend kürzere Kehlbalken nur eines Stützpunktes bedarf, und werden alle diese am einfachsten durch Dachrahmhölzer gewonnen, wie wir solche bei den einfachen Kehlbalkendächern mit stehenden und liegenden Stühlen bereits kennen gelernt haben.

Die Hängesäulen müssen bei dieser Konstruktion aus doppelten, gut mit einander verbolzten Ständerhölzern zusammengesetzt werden, um sämtliche

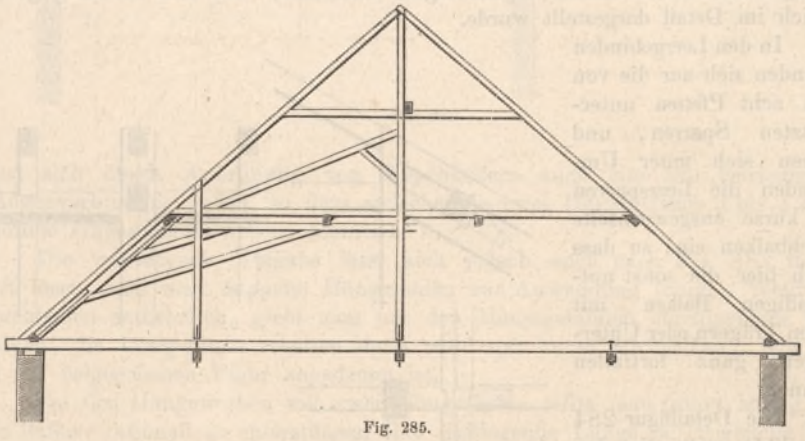


Fig. 285.

Kehlbalken, Spannriegel und Streben in sich aufzunehmen. Für die seitlich sich befindenden Hängesäulen funktioniren die liegenden Stuhlsäulen zugleich als Hängestreben, während für die mittlere Hängesäule eigene Streben angeordnet werden müssen, welche mit ihren Fussenden da in den unteren Kehlbalken sich versatzen, wo die doppelten Hängesäulen denselben umfassen, mit ihren Kopfenden aber durchgreifen sie die mittlere Hängesäule in der Art, dass sie

sich mit ihren Hirnholzflächen gegenseitig aneinander stemmen; die kurzen Strebebänder, von der mittleren Hängesäule ausgehend, haben die Funktion, die sehr langen Hängestreben in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Knickung zu verstärken.

Die Erwägung, die Balken so aufzuhängen, dass ihre freie Länge vom Auflager bis zum ersten Unterzug $^3/_{10}$, dann gegen die Mitte zu $^4/_{10}$ etc. beträgt, macht es wünschenswert, die Dachneigung in geringerer Höhe, wie dies beim gewöhnlichen Winkeldache der Fall ist, anzunehmen, denn nur hierdurch treten die liegenden Stuhlsäulen so nahe an die seitlichen Hängesäulen heran, dass sie unbedenklich zugleich als Hängestreben funktioniren können.

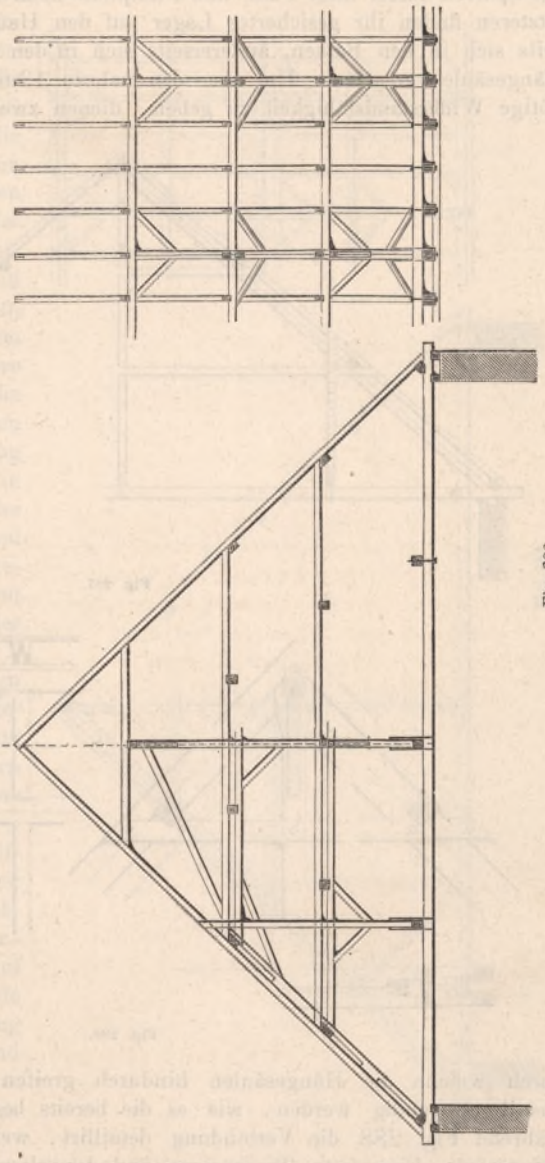


Fig. 286.

Ein Dachstuhl älterster Konstruktion, dem die eben besprochene Aufgabe unter der Modifikation, vier übereinander liegende Dachböden anzuordnen, zu Grunde liegt, stellt die Fig. 286 dar; der einzige Kommentar, welchen man hierzu geben kann, ist wohl die eindringlichste Mahnung, von solchen kostspieligen, holzverschwendenden Konstruktionen sich für immer loszusagen; die Zeit, wo solche und ähnliche Dachstühle mit besonderer Vorliebe vom zünftigen Zimmermanne ausgeführt wurden, tritt auch — Gott sei Dank — immer mehr in den Hintergrund. Ueberhaupt möchte es in unserer Zeit selten mehr vorkommen, dass man so grosse und hohe Ziegeldächer mit doppelt und dreifach übereinander liegenden Dachböden in den eben vorgeführten Konstruktionen, als Kehlbalkendächer mit liegendem und stehendem Stuhle herstellt, denn es lassen sich diese Bedingungen, selbst wenn sie gestellt werden sollten, auch ohne Anwendung des veralteten liegenden Stuhles unter Verwendung der Pfettenkonstruktion erfüllen, und soll dies durch Fig. 287 (S. 206) Erklärung finden.

Die Dimensionen der hier vorgeführten Dachkonstruktionen entsprechen der Fig. 285 und sind in bezug auf die freien Längen der Sparren und der Balken derart, dass bei ersteren, ausser ihren sicheren Auflagern, je zwei Stützen, bei den Balken aber drei Stützen notwendig werden. Dem entsprechend benötigen die Sparren ausser ihrer Fuss- und Firstpfette noch weitere zwei Mittelpfetten; die letzteren finden ihr gesichertes Lager auf den Haupttragsparren, welche einerseits sich in den Balken, andererseits sich in den verstärkten Kopf der mittleren Hängesäule versatzen. Um aber den nahezu 13,60 m langen Tragsparren die nötige Widerstandsfähigkeit zu geben, dienen zwei doppelte Zangenkehlbalken,

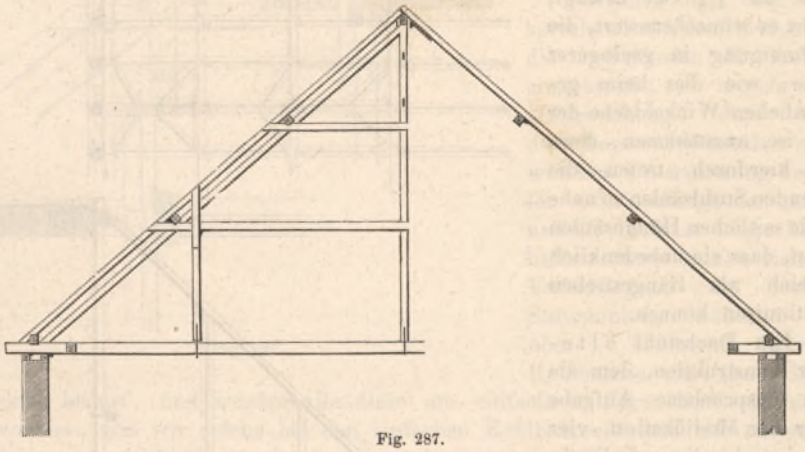


Fig. 287.

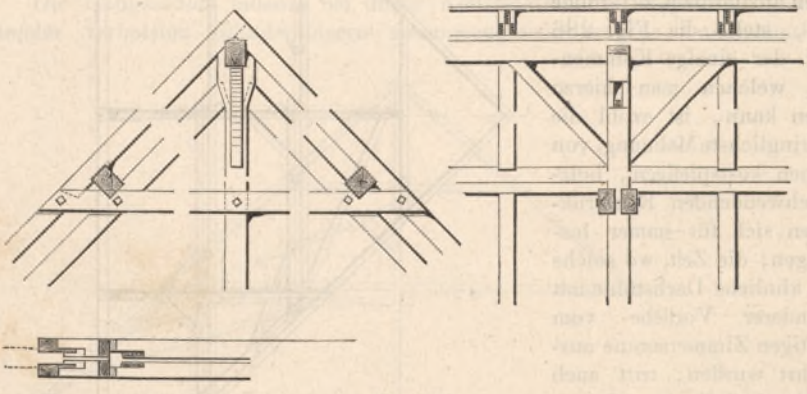


Fig. 288.

durch welche die Hängesäulen hindurch greifen; beziehungsweise wird ein Detail notwendig werden, wie es die bereits besprochene Fig. 284 darstellt, während Fig. 288 die Verbindung detaillirt, welche zwischen der mittleren Hängesäule, Firstpfette, Tragsparren und doppelten Kehlbalken zur Anwendung kommt.

Ergiebt sich bei einem Winkeldach nach Fig. 289 (S. 207) für die freie Sparrenlänge zwischen Fuss- und Firstpfette eine dreifache Unterstützung, so lässt sich für die untere Pfette eine im rechten Winkel gegen den Tragsparren sich anstemmende Strebe mit Kopfbändern gut verwerten. Bei grosser Höhe

eines solchen Daches erscheint es auch zur Erzielung eines weiteren kräftigen Längsverbandes rätlich, die vom First ausgehenden Hängesäulen in ihrer Mitte durch Spannriegel unter Anbringen von Kopfbändern mit einander sicher zu verspannen. In den Leergebinden lassen sich auch hier — wie bei allen Pfettendächern — die Balken entbehren.

Eine von den bisher mitgeteilten Konstruktionen abweichende Modifikation der Pfettendächer stellt Fig. 290 (S. 208) dar; hier treten die von Mitte zu Mitte 1 m von einander entfernt liegenden Pfetten als unmittelbare Träger der Dachschalung auf; die Haupttragsparren greifen im First in eine doppelte Hängesäule ein, und sind dieselben in ihrem unteren Teile durch kürzere Hängestreben verstärkt, welche die seitlichen, ebenfalls doppelten Hängesäulen unter Anordnung von einfachen Spannriegeln in Schwebe halten. Auch der Hahnenbalken ist einfach, und durchgreift die mittlere Hängesäule einerseits, andererseits dient er zur oberen Verspannung der Haupttragsparren.

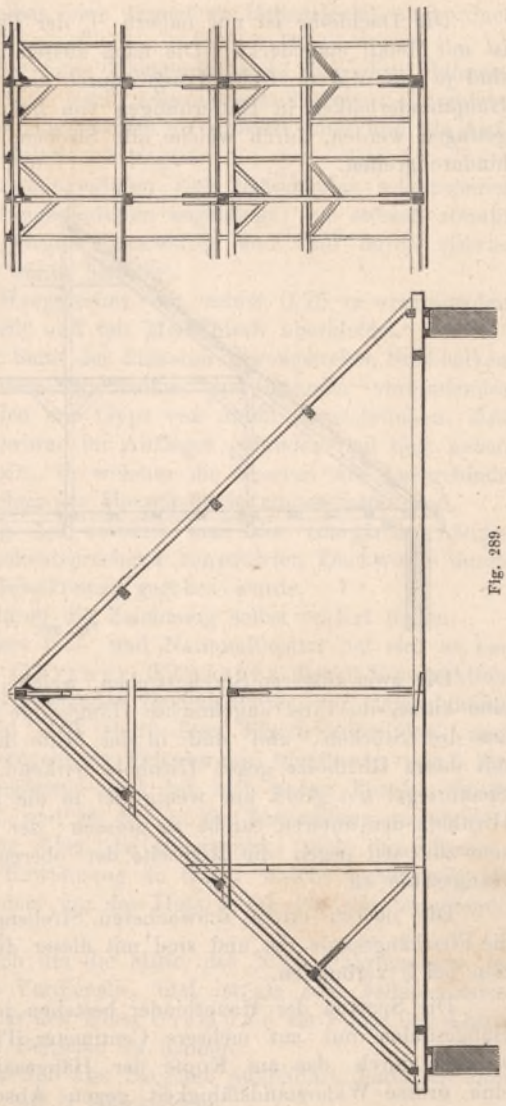


Fig. 289.

In der hier vorgeführten Dachkonstruktion ist zugleich gezeigt, wie verfahren wird, um auch bei den Pfettendächern brauchbare Dachbodenräume herzustellen.

Zu den bedeutendsten Aufgaben, welche in früherer Zeit dem Zimmermanne zu lösen oblagen, gehören die Theaterdachstühle und möge auf Tafel XXI, Figg. 1 und 1a, die Konstruktion nähere Erörterung finden, wie sie für das Hof- und Nationaltheater in München, unter der Leitung Klenze's erbaut, ausgeführt wurde.

Wir haben es hier mit einer lichten Weite des Bühnenraumes von 28,35 m zu thun, zu dessen Ueberdeckung 30,70 m lange Balken notwendig wurden. Bei der sehr grossen Belastung solcher Hauptbinderbalken und bei dem Umstande, dass es schwer fallen möchte, dieselben aus einem Stücke herzustellen, erscheint es stets geboten, die Hauptbalken durch Verzahnung oder durch Verdübelung zu verdoppeln; im vorliegenden Falle ist dies mittelst eingesetzter

verdübelter eiserner Keile, unter zur Hülfenahme einfacher Verbolzungen geschehen.

Die mit geradem schräg geschnittenen Blatt verbundenen Balkenstücke, ruhen — zu einem Stück sicher verbunden — an beiden Enden auf Mauerlatten von Eichenholz auf.

Die Dachhöhe ist nur nahezu $^1/_5$ der Tiefe gewählt; die Dachfläche selbst ist mit Metall eingedeckt. Die nach aussen und innen verschalten Dachsparren sind je auf 2,4 m freier Länge durch eine Pfette unterstützt, während die Hauptbinderbalken in Entfernungen von 5,2 m durch 4 doppelte Hängesäulen getragen werden, durch welche alle Streben, Spannkehlbalken und Spannriegel hindurchgreifen.

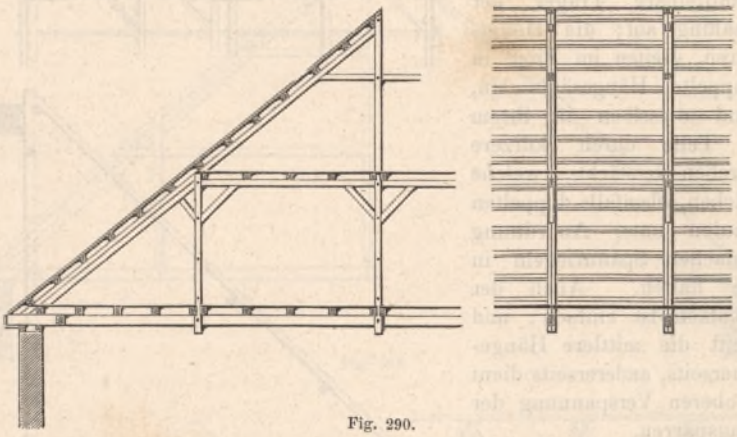


Fig. 290.

Die zwei äusseren Sprengstreben, welche, von den Balkenköpfen ausgehend, eine kurze, im First angebrachte Hängesäule in Schwebe halten, bestehen je aus drei Stücken, und sind in der Mitte der doppelten Hängesäulen stumpf, mit ihrem Hirnholze gegen Hirnholz wirkend, zusammengestossen. Der untere Spannriegel *a a* greift nur wenig tief in die Hängesäule ein, ohne gegen das Hirnholz der unteren Strebe zu stossen; der obere Spannriegel dagegen spreizt sich zum teil gegen die Hirnseite der oberen Strebe innerhalb der doppelten Hängesäule an.

Die oberen etwas schwächeren Strebenstücke greifen mit Versatzung in die Firsthängesäule ein und sind mit dieser durch eine passende Eisenkonstruktion bei *c* verbunden.

Die Sparren der Hauptbinder bestehen je aus 3 Stücken, welche in die Hängesäulen nur auf mehrere Centimeter Tiefe eingreifen; eine Anordnung, welche durch das am Kopfe der Hängesäulen stehen gebliebene Hirnholz eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Abscherung gewinnt. Zur grösseren Vorsicht sind ausserdem über die doppelten Hängesäulen starke eiserne Schienen gelegt, und diese mit den an den Hängesäulen seitwärts heruntergehenden und damit fest verschraubten eisernen Bändern durch aufgeschraubte Muttern fest verbunden.

Das innere Hängewerk besteht aus 4 geneigten Streben *b b b b* und einem horizontalen Spannriegel *d*, welcher mit dem Spannbalken des äusseren Hängewerkes verdübelt und verbolzt ist; die verschiedenen Streben stossen wie die

Streben des äusseren Hängewerkes innerhalb der 4 doppelten Hängesäulen zusammen.

Dieses innere Hängewerk erfüllt einen doppelten Zweck, indem es einmal die äusseren Hängesäulen noch wirksamer unterstützt, dann aber auch dazu beiträgt, dass der Spannbalken des äusseren Hängewerkes eine solche Verstärkung erfährt, dass über denselben eine besondere Balkendecke angeordnet werden konnte.

Besonders charakteristisch für einen Theaterdachstuhl über dem Bühnenraum sind die der Länge der Bühne nach angeordneten Hölzer *e e*, welche von den doppelten, gut verbolzten Hängesäulen *f f* umfasst sind und die Aufgabe haben, die Hauptmaschinen-Galerie zu tragen.

An die zwischen diesen Haupthängesäulen sich befindenden schwächeren Hängesäulen *g g* sind die Verbindungs-Galerien angehängt; sie stossen stumpf unter die über die Hauptbalken gelegten Querhölzer und sind durch eiserne Hängebügel und Schraubenbolzen daran befestigt.

Auch das weit ausladende Hauptgesims mit seiner 0,75 m vortretenden Hängeplatte ist aus Holz hergestellt und mit Metallblech überkleidet.

Zu diesem Zwecke sind zur Seite der äusseren Sprengstreben Stichbalken angeblattet und verbolzt; ein diese Stichbalken mit einander verbindendes Riegelholz dient dazu, die Konsolen aus Gyps von unten anzuschrauben. Auf den Stichbalken hat auch die Dachrinne ihr Auflager gefunden und liegt neben derselben ein kräftiges Schwellholz, in welches die Sparren der Leergebinde eingreifen, die je zu zweien zwischen die Hauptgebinde eingeschaltet sind.

Im Längendurchschnitte Fig. 1a erkennt man die energische Längsverbindung, welche dem sehr zweckentsprechend konstruirten Dachwerke durch sich kreuzende Strebebänder (Andreaskreuze) gegeben wurde.

Alles Uebrige möchte sich durch die Zeichnung selbst erklärt finden.

Der Dachstuhl über das ältere Hof- und Nationaltheater hat sich so bewährt, dass beim Baue des neuen Gärtner-Theaters dessen Konstruktion in den die Massverhältnisse entsprechenden Modifikationen zur Reproduktion gekommen ist. Fig. 2 auf Tafel XXI stellt diese Konstruktion dar, und möchte für dieselbe eine weitere eingehende Erläuterung überflüssig sein; die beim älteren Theater stabilen Hängestege sind bei dem neuen Theater durch bewegliche Flugmaschinen ersetzt, und ist dies in der Darstellung angedeutet.

Wir können die Besprechung über die Hängewerke nicht beschliessen, ohne der grossen Anstrengungen Erwähnung zu thun, welche meistenteils im vorigen Jahrhundert gemacht wurden, um das Holz selbst für die bedeutendsten Brückenbauten zu verwenden.

Schon Palladio erwarb sich um die Mitte des XVI. Jahrhunderts in bezug auf den Brückenbau grosse Verdienste, und ist als sein bedeutendstes Werk dieser Art die Brücke über den Fluss Cismone am Fusse der Alpen zwischen den Städten Trento und Bergamo zu nennen.

Von einem Zimmermanne Martino aus Bergamo ausgeführt, hatte sie eine Spannweite von nahezu 30,00 m mit 5 Hängesäulen.

Rondelet äussert sich über diese Brückenkonstruktion: „Die Träger der Brücke, welche in der Luft ausserordentlich kühn aufgehängt zu sein scheinen, hätten sich in ihrer Konstruktion äusserst dauerhaft bewährt.“

Das grösste Erstaunen aber rief der Bau der Brücke zu Wettingen in der Schweiz hervor, welche nahezu 119,00 m lang keine andere Unterstützung als die Ufermauern hatte; sie führte über die Limmat auf der Strasse von Baden nach Zürich, und wurde in den Jahren 1777 und 1778 von den ein-

fachen Dorfzimmerleuten Johann Ulrich und Johann Grubenmann, beide aus dem Kanton Appenzell, erbaut*).

Als die bedeutendste Leistung der Zimmermannskunst im Hochbau galt lange Zeit der Dachstuhl des Exerzierhauses in Darmstadt, welches auf einer Grundfläche von nahezu 86,00 m Länge und 40,00 m Breite im Jahre 1771 erbaut worden war.

Rondelet beurteilt — und zwar mit vollem Recht — diese Konstruktion äusserst ungünstig und bezeichnet sie als eine verwirrte Kombination von untergeordneten Elementen, und bedauert dabei, dass für die Kunst ein Bauwerk fehle, welches für diese in der Ausführung so selten vorkommenden Fälle als Muster hätte dienen können.

Das Exerzierhaus zu Moskau hat endlich diese Lücke ausgefüllt, und die Baukunst ist dem Baumeister desselben v. Betancourt für die Schöpfung eines solchen Werkes nicht weniger Dank schuldig, als für die Publizität, welche er den interessanten Details seiner Konstruktion gegeben hat**).

Auf Tafel XXI in den Figg. 3 und 3a geben wir nach Rondelet's Mitteilungen eine Darstellung dieses nahezu einzig dastehenden Dachbinders:

Der Spannbalken AB, welcher mit seinen beiden Enden auf nahezu 2,5 m dicken Mauern ruht, ist im ganzen 49,60 m lang und ist aus zwei übereinander liegenden Hölzern von 30 cm im Gevierte zusammengesetzt, wodurch Binderbalken von 60 cm Höhe und 30 cm Breite sich ergeben. Diese Balken wurden durch Hakenkämme mit einander verbunden und durch Bolzen von 2,7 cm Durchmesser, in Entfernungen von nahezu 1,0 m zusammengeschraubt. Die doppelten Keile $b\,b\,b$ von Eichenholz wurden in Einschnitte der beiden übereinander gelegten Hölzer beiderseits gleichzeitig eingetrieben, um ein horizontales Ausgleiten unmöglich zu machen.

Der auf 3 Mauerlatten von Eichenholz liegende Spannbalken ist durch 7 doppelte Hängesäulen getragen, welche alle vom Ende des Balkens durch unmittelbar übereinander liegende Sprengstreben, beziehungsweise durch Spannriegel in Schwebe gehalten werden.

Sämtliche Streben, durch Bolzen $q\,q$ unter einander verschraubt, greifen in den Hauptspannbalken mit doppelten Versatzungen ein und ist das ganze System an diesen Punkten mit verschraubten eisernen Bändern t, $t\ldots$, die senkrecht auf die Streben gerichtet sind, versehen.

Der Kopf der mittleren Hängesäule wäre — nach Rondelets Ansicht — statt aus Gusseisen besser aus Schmiedeisen hergestellt worden, und hat dieser Vorschlag, der wirklichen Ausführung entgegen, in unserer Darstellung Berücksichtigung gefunden. Die anderen Hängesäulen sind — was sehr zweckentsprechend erscheint — über die Streben hinaus derart verlängert, wie dies bei F ersichtlich ist, ein Mittel, welches entschieden dazu beiträgt, den Effekt des Systems zu sichern und seine Kraft und Wirksamkeit zu vermehren.

Rondelet hebt ferner hervor, dass die Anordnung der Streben $C\,C$ eine äusserst wirksame sei, weil durch dieselben der sonst nach der Mitte zu progressiv wachsende Druck auf die Enden der Spannbalken, bezw. auf den „Fuss des Daches“ übergeleitet wird.

---

*) Plans, coupes et elevation de trois ponts de bois, les plus remarcables de la Suisse, accompagnés chacun d'une déscription detaillée; publié d'après les dessins originaux par Chretien de Michel Bâle 1803.

**) Déscription de la salle d'exercice de Moscou par M. de Betancourt, lieutenant-général aux service de S. M. l'empereur de Russie, directeur général des voies de communication etc. St. Pétersbourg 1819.

Die Dachbinder wiederholen sich von Mitte zu Mitte in Entfernungen von 5,25 m und sind teils durch die Zangenhölzer N, N..., teils durch Andreaskreuze mit einander verbunden, so dass ein ungemein energischer Längsverband gewonnen wurde.

Um sich zu überzeugen, ob die Grenze, bei welcher das Holz als Baumaterial noch sicher zulässig ist, durch diese abnorme Konstruktion nicht überschritten sei, wurden von Betancourt zur Probe zwei Dachbinder in einem Zwischenraume von 4,60 m auf einer Höhe von 1,50 m aufgestellt und belastet. Eine Belastung von 16 500 kg äusserte eine kaum bemerkliche Wirkung, während erst die verdoppelte Last anfing, auf sämtliche Verbandstücke eine zusammenpressende Wirkung zu äussern, wobei der Spannbalken eine gleichförmige Senkung von nahezu 2 cm wahrnehmen liess. Weitere Belastungsversuche ergaben schliesslich das Resultat, dass die beiden Dachbinder ausser ihrer eigenen Last und der eines starken Dielenbodens, eine solche von 82 500 kg zu tragen vermochten, was unendlich bedeutender war, als die Gewichte, welche sich durch die eigene und fremde Last (Schneedruck und Sturm) ermitteln liessen.

Nicht unerwähnt möge bleiben, dass nach 4 Monaten, nachdem der kolossale Dachstuhl aufgestellt war, sich an zwei Bindern bedenkliche Senkungen, beziehungsweise Brüche bemerkbar machten, diese aber hatten, nach des Bauleiters Mitteilungen, hauptsächlich ihren Grund darin, dass sämtliches Holz erst wenige Tage vor dem Gebrauche gefällt und herbeigeflösst worden war, dass bei der grossen Geschwindigkeit, mit welcher das Werk in 5 Monaten von 400 Zimmerleuten ausgeführt werden musste, deren einziges Werkzeug die Axt war, der Bearbeitung der Hölzer nicht die gehörige Sorgfalt zugewendet werden konnte, und dass somit eine strenge Kontrolle und Ueberwachung der Arbeit ein Ding der reinen Unmöglichkeit war.

Eine so grosse Eile gestattete es gar nicht, fehlerhaftes Holz vorsorglich auszuschliessen, und gestattete es nicht, die Arbeit in der Art zu leiten, dass sämtliche Holzverbindungen auch wirklich in nur einigermassen korrekter Weise ausgeführt werden konnten! Trotz dieser höchst ungünstigen Verhältnisse lässt dieses Konstruktionssystem den Schluss zu, dass seine Dimensionen ohne Gefahr noch bedeutender hätten gewählt werden können.

Hängewerksdächer mit Kniestock.

Diese Dächer bieten dem Konstrukteur nur dann Schwierigkeiten dar, wenn sie über sehr tiefe Gebäude gestellt werden müssen, bei geringen Spannweiten dagegen, wo der einfache Bock oder ein doppeltes Hängewerk schon genügt, lässt sich die Konstruktion mit höchst einfachen Mitteln durchführen.

Vor allen Dingen muss auch bei diesen Dächern dafür gesorgt werden, dass der Horizontalschub der Dachsparren die Kniewand nicht gefährdet, was sich jedoch leicht durch die kräftigen Schubstreben der Hängewerke selbst, erreichen lässt.

So stellt Fig. 291 einen Dachbinder dar, dessen freie Balkenlänge auf 8,50 m angenommen wurde; die Höhe

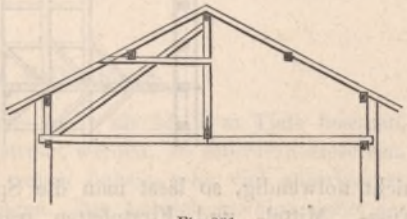


Fig 291.

des Kniestocks hängt selbstverständlich einerseits von der benutzbaren Höhe unter dem Spannkehlbalken und andererseits von der Höhe des Daches ab.

Ist ein nach oben hin mit einem Kehlgebälk abgeschlossener Bodenraum

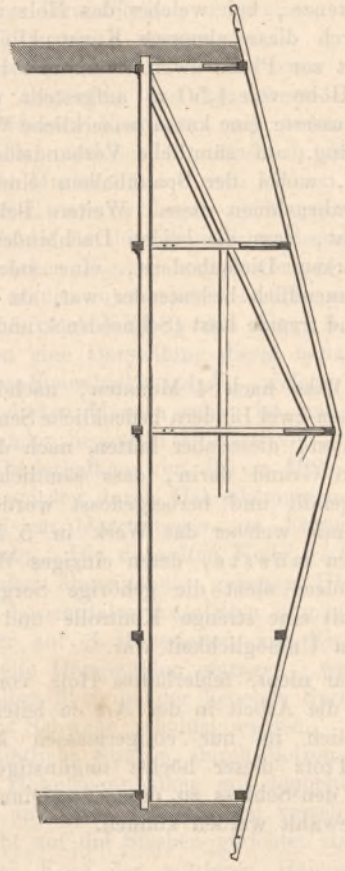


Fig. 293.

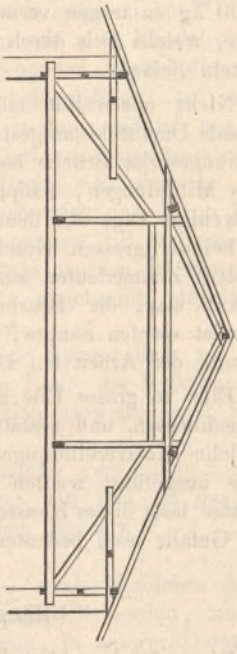
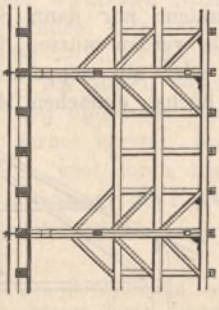


Fig. 292.



nicht notwendig, so lässt man die Sparren direkt von Pfetten, und zwar von Fuss-, Mittel- und Firstpfetten tragen, und haben wir es dann mit einem Pfettendache der einfachsten Art zu thun.

Um eine solche Konstruktion mit den dazugehörenden Detailverbindungen erschöpfend kennen zu lernen, dient das Uebungsbeispiel auf Tafel XX mit den Figg. 6, 7 und 8; eine spezielle Erläuterung dieser einfachen Dachkonstruktion möchte jedoch unnötig erscheinen.

Handelt es sich um ein Dachwerk, dessen freie Balkenlage der Tiefe nach zweimal aufgehängt werden muss, so giebt die Fig. 292 (S. 212) dafür eine einfache Lösung, während Fig. 293 (S. 212) einen Dachbinder darstellt, dessen freie Balkenlänge auf 19,00 m angenommen ist, und der dementsprechend 3 Unterstützungspunkte zu bekommen hat, um das Dachgebälk eines allenfallsigen Schüttbodens bilden zu können. Die ungehinderte Benutzung des Dachbodenraumes bedingt, dass der die drei Hängesäulen horizontal verspannende Spannriegel eine Höhe von mindestens 1,80 m unter sich frei lässt.

Ein interessantes Beispiel eines Dachstuhles mit Kniestock und dreifachem Hängewerk stellt die Fig. 294 dar; diese Konstruktion wurde über dem Sud-

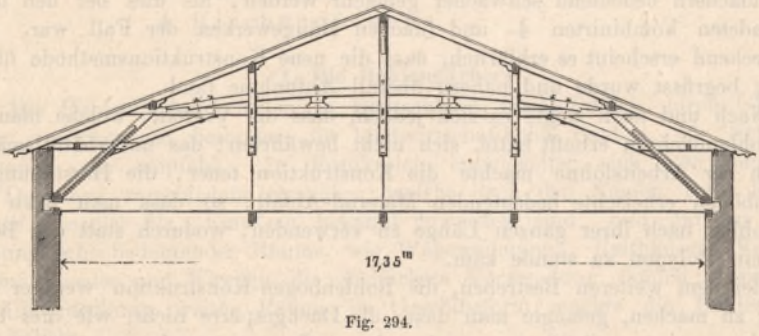


Fig. 294.

hause der Rosenheimer Saline zur Ausführung gebracht; sie beruht zwar auf der Anwendung des veralteten liegenden Stuhls, welcher aber hier in sehr origineller Weise Verwertung gefunden hat. Sämtliche doppelten Hängesäulen sind dabei durch einen sehr langen Kehlbalken getragen, dem mittelst eines Bogensprengwerkes die nötige Widerstandsfähigkeit gegeben wurde und dem ein sehr gesichertes Auflager zwischen den liegenden Stuhlsäulen und den von diesen ausgehenden Schubstreben gegeben werden konnte.

Sämtliche Pfetten, welche die Dachsparren direkt unterstützen, sind mit denselben einerseits verkämmt, andererseits durch die von unten an die Sparren befestigten Knaggen fest eingeschlossen.

Die in Abständen von 3,30 m von Mitte zu Mitte angeordneten Unterzüge lassen darauf schliessen, dass das Gebälk zum Lagern grösserer Partieen von Salz benutzt wird.

Wir werden auf diese interessante Dachkonstruktion bei der Besprechung der Walmdächer zurückkommen.

II. Satteldächer ohne Balkenlagen.

Sollen Dachstühle über Gebäude, welche mehr als 24,00 m Tiefe besitzen, mit freischwebenden Balkenlagen konstruirt werden, so erfordern dieselben, selbst wenn sie nur ihr eigenes Gewicht zu tragen haben, sehr viel auserlesenes Material und äusserst komplizirte Verbindungen. Der Anblick gewährt dabei der vielen starken, in der Luft schwebenden Hölzer wegen, einen keineswegs wohlthuenden Eindruck; im Gegenteil man fühlt sich beklommen und unsicher, da

das eigentliche Konstruktionssystem bei den perspektivisch sich verschiebenden Hölzern nicht klar genug überblickt werden kann. Ferner drängt sich die Frage auf, wozu der schwere Apparat eines so massenhaft konstruirten Gebälkes? welches in gar keiner Weise nutzbar gemacht ist und daher ganz fehlen könnte!

Die ersten Versuche, die mit Holzmassen überbürdeten Dachstühle durch eine leichtere und zugleich elegantere Konstruktion zu ersetzen, ging von Frankreich aus und datirt aus der Mitte des XVI. Jahrhunderts, wo der Hofarchitekt Philibert Delorme beim Baue der Halle aux blés in Paris das erste Bohlendach in die Praxis einführte.

Das neue Konstruktionssystem, die bisher geraden Holzsparren durch Bohlenbögen zu ersetzen und dieselben durch kurze Querriegel in ihrer Stellung gegenseitig zu sichern, erforderte bedeutend geringere Holzmassen, und konnten auch durch das viel geringere Gewicht die Mauerstärken bei Anwendung von Bohlendächern bedeutend schwächer gemacht werden, als dies bei den bisher verwendeten kombinirten 4- und 5fachen Hängewerken der Fall war. Dem entsprechend erscheint es erklärlich, dass die neue Konstruktionsmethode überall freudig begrüsst wurde und nahezu überall Aufnahme fand.

Nach und nach zeigte es sich jedoch, dass die Vorteile, welche man von den Bohlendächern erhofft hatte, sich nicht bewährten; das unverhältnismässige Steigen der Arbeitslöhne machte die Konstruktion teuer, die Herstellung der Bohlenbögen erheischte bedeutenden Material-Abfall, so dass man dazu kam, die Bohlen nach ihrer ganzen Länge zu verwenden, wodurch statt der Bogenform ein Polygon zu stande kam.

Bei dem weiteren Bestreben, die Bohlenbogen-Konstruktion weniger kostspielig zu machen, gelangte man dazu, die Dachgespärre nicht, wie dies bisher geschehen war, nur 1,00 m von einander entfernt anzuordnen, sondern man wählte hiezu das Mass zwischen 3,30 bis 3,80 m von Mitte zu Mitte, wobei den Haupt-Bindern eine sehr kräftige Konstruktion gegeben werden musste.

Im Jahre 1825 schlug der französische Oberst Emy für Dächer mit grossen Spannweiten eine modifizirte Bohlenbogen-Konstruktion vor, welche vielfache Annahme fand, und bei welcher man die einzelnen Bohlengespärre bis zu 6,50 m von einander entfernte.

Solche bedeutende Entfernung erschwerte es aber, die Gebinde gegenseitig unter sich fest zu verspannen und musste man dieselben — wie Ardand sich darüber eingehend ausspricht — in ein System einrahmen, welches als ein gerades Gespärre bezeichnet wurde; dasselbe bestand der Hauptsache nach aus zwei geneigten Sparren und zwei vertikalen Stützen, welche durch Tragbänder und durch einen Spannriegel zusammen gehalten wurden, ferner wurden Pfetten und kräftige Trag-Sparren notwendig, wenn die Leergespärre in ihren Abständen 1,50 bis 2,00 m betrugen.

Auf diese Weise ging jedoch der Vorteil, welchen man sich von den Bohlendächern versprochen hatte, keine starken und langen Hölzer mehr verwenden zu müssen, total verloren.

In neuester Zeit sucht man, um den Holzbedarf bei Dächern möglichst einzuschränken, Dachstühle — ob gross oder klein — aus Holz und Eisen herzustellen, denn es ist bekannt, dass alle Streben und Spannriegel eines Hängewerks auf Druck beansprucht werden, während die Sparren auf Druck und Biegung, die Zugbalken und Hängesäulen aber auf Zug Widerstand zu leisten haben.

Die Zugbalken aber sind gerade diejenigen Verhandhölzer, welche ihres

grossen Eigengewichtes wegen den grössten Querschnitt verlangen, dabei aber stets ein schweres Ansehen gewähren.

Da nun das Eisen einen Widerstand gegen Zug leistet, der den des Holzes nahe zu um das 10fache übertrifft, so ist es einleuchtend, dass eine verhältnismässig sehr dünne Eisenstange die Stelle eines starken Holzes einnehmen kann und dass man auf diese Weise dem Massenhaften und Schwerfälligem der früheren Dachkonstruktionen auszuweichen im Stande ist.

Lassen sich aber die hölzernen Zugbalken und Zangenhölzer durch Eisen ersetzen, so bleiben nur die Sparren und Spannriegel noch übrig, welche, aus Holz hergestellt, allerhand Kombinationen einfache und polygonale, zulassen.

Um die Satteldächer ohne Balkenlagen übersichtlich zu ordnen, zergliedern wir dieselben:

1. Bohlendächer
2. Polygonaldächer (Ardand'sche)
3. Hallendächer
4. Kirchendächer.

1. Die Bohlendächer.

Die Bohlendächer wurden in Deutschland hauptsächlich durch Gilly bekannt, welcher sie besonders für landwirtschaftliche Bauten, für Scheunen, Schuppen etc. empfahl. In Frankreich entwickelten sich nach dem Tode Ph. Delormes verschiedene Systeme, welche nach den Namen ihrer Erfinder Lacaze, Lasnier fils, Emy etc. bekannt geworden sind, und die zur Ueberdachung sehr bedeutender Räume, wie Wagenschuppen, Reithäuser, Verkaufshallen, Theater und Kirchen die vielfachste Verwendung fanden; namentlich die Ueberdeckung weiter Räume in Gewölbeform machte die Bohlendächer sehr beliebt.

Die grössten Vorteile der Bohlendächer für Wohn- und Wirtschaftsgebäude glaubte man in dem freien Raum zu erblicken, welcher durch sie entsteht, andererseits wähnte man jedes sonst unbrauchbare Holz zu den Bohlensparren verarbeiten zu können, indem dieselben ja nur aus kurzen Stücken zusammengesetzt wurden.

Ganz freie Dachbodenräume aber sind für die wenigstens Wohngebäude ein Bedürfnis, noch weniger eine zu ihrem Zweck in gar keinem Verhältnis stehende Höhe. Die äussere sphärische Form der Bohlendächer mit ihren den Stürmen sich darbietenden grossen Flächen gestattet mit den gewöhnlichen Deckmaterialien: Dachziegeln, Schiefer und selbst Schindeln — keine nur einigermassen dichte Eindeckung, und sah man sich oft dazu veranlasst, sowohl die Dachfläche gegen den First, als auch die gegen die Traufe hin durch Sattelbohlen (in der Art langer Aufschieblinge) in ebene Flächen umzuwandeln.

Was aber das Material anbetrifft, um Bohlenbögen daraus anzufertigen, so genügt dazu keineswegs mangelhaftes Holz, im Gegenteile nur ausgesuchte, möglichst viel Kernholz besitzende Bretter können zweckentsprechende Verwendung finden.

Das Ausarbeiten der bogenförmigen Brettstücke, die Verwendung einer Unmasse von Nägeln, endlich der beschwerliche Transport und das umständliche Aufrichten verursachen einen keineswegs geringen Aufwand von Arbeitskraft. Die Anfertigung erfolgt dadurch, dass man aus einem Brette kurze Stücken, welche nach der entsprechenden Bogenlinie ausgeschnitten sind, so zusammensetzt, dass sie sich gegenseitig in der Art überdecken, dass niemals eine Fuge auf die andere trifft. Zur Vernagelung dienen entweder hölzerne oder

eiserne Nägel oder bei sorgfältiger Konstruktion kurze eiserne Schrauben; alle Brettfugen gehen nach einem gemeinsamen Mittelpunkt, aus welchem der ganze Bohlenbogen gezeichnet ist, und muss dieser einen möglichst grossen Halbmesser haben, weil sonst die Langfasern der Bretter zu sehr überschritten werden. Da sämtliche Brettstücken am vorteilhaftesten gleiche Längen erhalten, so lassen sie sich nach ein und derselben Schablone auf ein Brett, wie dies die Fig. 295 darstellt, leicht aufzeichnen und ausarbeiten.

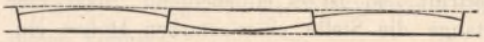


Fig. 295.

Nach dem Verhältnisse der Länge der Bohlensparren und der entsprechenden Tiefe der Räume giebt man denselben folgende Stärken:

bei Gebäudetiefen von 7,5 bis 11,5 8 cm und wählt dazu 2 Bretter
„ „ „ 11,5 „ 12,5 10 „ „ „ „ 2 „
„ „ „ 12,5 „ 14,0 12 „ „ „ „ 3 „
„ „ „ 14,0 „ 15,75 14 „ „ „ „ 2 „
und 1 Bohle zu 6 cm Dicke
„ „ „ 15,75 „ 17,30 18 cm und wählt dazu 3 Bohlen;

für je 5,0 m grössere Gebäudetiefe wird der Bohlensparren um 1,5 cm verstärkt.

Die Breite der Bohlensparren soll mindestens 20 cm betragen, ihre Entfernung von Mitte zu Mitte 0,90 bis 1,25 m.

Bei sehr belasteten Bohlendächern verstärkt man die Sparren wohl von unten auf bis zu $^2/_3$ ihrer ganzen Länge durch eine weitere Brettstärke, wodurch auch der Stand des Bohlensparrens ein festerer wird.

Als die wirksamste Form zum Tragen wird bei den Bohlensparren die des Spitzbogens verwendet und ergiebt sich hierdurch ein geringerer Horizontalschub, ein sicherer Sparrenstand und ein besseres Abfliessen des Regenwassers; Gilly bezeichnet die in den nebenstehenden Figuren 296 dargestellten Konstruktionen als die zweckentsprechendsten.

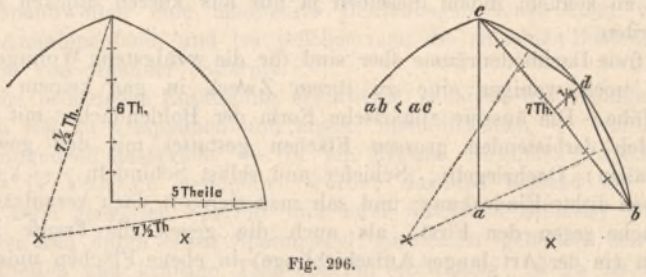


Fig. 296.

Im ersten Falle ist die halbe Tiefe des Daches in 5 gleiche Teile zu teilen, während man zur Höhe 6 solche Teile aufträgt; dem Radius der Bogenlinie sind dann $7^1/_2$ solcher Teile zu geben. Im zweiten Falle ist $a\,b$, die halbe Tiefe des Daches geringer, als dessen Höhe $a\,c$ zu wählen; in der Mitte der Hypothenuse wird dann eine Lotrechte errichtet und erhält diese $^1/_7$ $c\,b$ zur Höhe; zu den Punkten $b\,d\,c$ ist dann die Kreislinie zu ermitteln. Welche andere Konstruktion nun auch weiter gewählt werden mag, stets hat man dafür zu sorgen, dass die Bögen am Firste nicht zu flach ausfallen, damit dort nicht zu bedeutende Aufsattelungen oder selbst das Auflegen gerader Sparren nötig werden.

Werden zwei Bohlensparren zu einem Gebinde zusammengesetzt, so erhalten sie im First eine Verblattung, wenn sie aus zwei Brettstärken, dagegen Schlitz und Schlitzapfen, wenn sie aus drei Brettstärken bestehen; zur weiteren Befestigung dienen eiserne Nägel oder besser Schrauben.

Mit ihrem unteren Ende greifen die aus zwei Brettern bestehenden Bohlensparren nahezu mit ihrer ganzen Stärke in das Zapfenloch eines Balkens ein, wie dies in Fig. 297 angedeutet ist, oder sie klauen sich auf ein Schwellholz ganz oder teilweise eingezapft auf; bei Bohlensparren aus einer mittleren Bohle und zwei Brettern zusammengesetzt erhalten die Sparrenfüsse einen der Fig. 298 entsprechenden Zapfen.

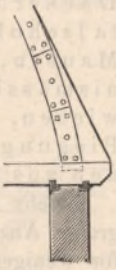


Fig. 297.

Um in den Bohlendächern einen Längenverband herzustellen, wird nach Fig. 299 eine Firstbohle auf die hohe Kante in beide Sparren eingelassen, und dient ein daselbst horizontal an beide Sparren angenageltes Brettstück dazu, diese Firstverbindung wirksam zu verstärken. In derselben Figur ist auch angedeutet, wie man am Firste die Bohlensparren durch Aufsattelung zur besseren Aufnahme der Ziegel- oder Schieferbedachung abgleicht; Fig. 297 zeigt eine ähnliche Aufsattelung am Fussende der Sparren.

Um die Bohlensparren in ihrer senkrechten Stellung zu erhalten, liess Ph. Delorme in geringen Entfernungen gerade schmale Bretter durch sie hindurchgreifen und verkeilte dieselben bei sämtlichen Durchgangsstellen, wodurch freilich die Tragfähigkeit der Bögen sehr alterirt wurde; Andere verspannten die Bohlensparren durch kurze nur wenig eingelassene Riegelhölzer, noch Andere suchten die Bohlensparren dadurch in ihrer normalen Stellung zu erhalten, dass eine hochkantig gestellte Bohle mit entsprechenden Einschnitten sie am Drehen zu verhindern hatte. Auch suchte man wohl einen Längenverband dadurch herzustellen, dass sogenannte Sturmlatten in schräger Richtung an die innere Seite der Bohlensparren angenagelt wurden; hierbei mussten dieselben nach Schraubenlinien gebogen werden und konnten dem entsprechend nur aus schwachen, biegsamen Hölzern bestehen.

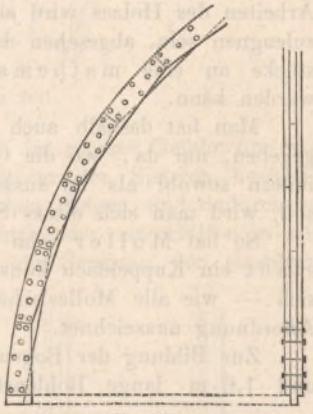


Fig. 298.

An keiner Dachkonstruktion ist mehr experimentirt worden, als am Bohlendache, dessen bogenförmige Dachfläche besonders bei der Eindeckung mit Ziegel oder Schiefer unüberwindliche Nachteile darbot; diese aufzuheben, suchte man endlich durch lange Aufschieblinge die Dachfläche zu einer ebenen zu machen und nagelte dieselben wohl seitlich an die Bohlensparren an; eine solche Anordnung, trotzdem dass sie viel Holz und Arbeit in Anspruch nahm, stellte sich doch bald als durchaus unsolid heraus und sah man sich daher genötigt, die ganze Bohlensparrenkonstruktion mit einem vollständigen Dache aus geraden Sparren in Verbindung zu bringen, wodurch dann der ursprüngliche Zweck, die Konstruktion der Dächer vorteilhaft zu vereinfachen, vollständig illusorisch gemacht war.

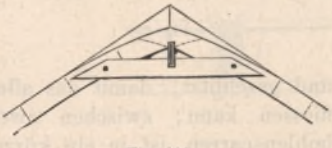


Fig. 299.

In wissenschaftlicher Beziehung hat denn auch der französische Ingenieur Kapitän P. Ardand nachgewiesen, dass die Bohlenbögen-Gespärre keineswegs billiger herzustellen sind, als Gespärre aus geraden Hölzern; dass Dächer aus Bohlenbögen einen ungemein grossen Horizontalschub ausüben und dass bei fehlendem Zugbalken die Mauern, um nicht umgekantet zu werden, eine unverhältnismässig grosse Dicke haben müssen. Ferner wird bewiesen, dass der Widerstand, den Bogengespärre gegen Biegung und Bruch zeigen, viermal geringer ist, als bei den aus geraden Hölzern konstruirten.

Sehr Bedenken erregend ist aber auch bei den Bohlensparren die übergrosse Anzahl von Fugen und die Art ihrer Verteilung; wenn auch Langholz für weniger schwindend als Breitholz angenommen werden kann, so möchte doch nur zu oft bei den Bohlenbögen der Fall eintreten, dass ihre Festigkeit hauptsächlich in den vielen Nägeln beruht, mit welchen die einzelnen Brettstücke zusammengenagelt sind; andererseits ist es nahezu unmöglich, mit so verschiedenen Brettstücken, die noch dazu oft stark überschnitten sind, ein homogenes Ganze zu erhalten. Das Schwinden und Werfen, überhaupt das Arbeiten des Holzes wird auch bei den Bohlenbögen als vorhanden nicht wegzuleugnen sein, abgesehen davon, dass bei dem Zusammenfügen so vieler Brettstücke an eine mathematische Genauigkeit sicher nicht gedacht werden kann.

Man hat deshalb auch das System von Ph. Delorme nahezu ganz aufgegeben, nur da, wo die Gewölbeform von Kuppel, Tonnengewölbe etc. im innern sowohl als im äussern in Holz ausgeführt in die Erscheinung treten soll, wird man sich dieses Systems immer noch bedienen müssen.

So hat Moller beim Bau der katholischen Kirche zu Darmstadt ein Kuppeldach konstruirt, welches 33,5 m im Durchmesser besitzt und sich — wie alle Moller'schen Konstruktionen — durch äusserst zweckmässige Anordnung auszeichnet.

Zur Bildung der Bogenrippen wurden nahezu 38 cm breite, 5 cm dicke und 1,6 m lange Bohlenstücken verwendet und bestehen die Hauptbohlensparren, welche oben in einen das Oberlicht bildenden und 7,5 m Durchmesser habenden Bohlenkranz nach Fig. 300 eingreifen, in der halben unteren Höhe aus 5, oben aus 3 Brettern.

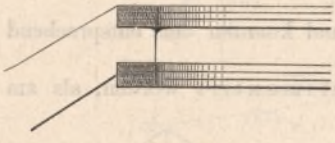


Fig. 300.

Am Fusse greifen nach Fig. 301 (S. 219) die Bohlensparren in einen Kranz von Eichenholz ein und ist das hier sich befindende Zapfenloch etwas abhängig vertieft geschnitten und geschlitzt, damit das allenfalls in dasselbe eindringende Regenwasser abfliessen kann; zwischen zwei 1,8 m von einander entfernt stehenden Hauptbohlensparren ist je ein kürzerer Nebensparren eingeschaltet, der aus 3 Brettstärken besteht, und welchem nahezu $^2/_3$ der Höhe des Hauptsparrens gegeben ist.

Um die Biegung der Bohlensparren nach aussen zu verhindern, sind nach Fig. 302 (S. 219) 10 cm hohe, 2,5 cm dicke Eichenholzreifen — ähnlich den Reifen eines Fasses — um die ganze Kuppel in Entfernungen von nahezu 2,80 m gelegt; analog diesen Reifen wirken die im innern der Kuppel angebrachten Ringe oder Gurtbänder.

Eine weitere Verbindung unter sämtlichen Bohlensparren wird erreicht

durch 12 cm hohe bogenförmig gebogene Bohlen, welche in der mittleren Breite der Sparren diese durchsetzen und Gelegenheit zu einer energischen, beiderseitigen Verkeilung geben; an den Keilen sind 50 cm lange Schraubenbolzen von rundem starken Eisendraht angebracht, um die inneren und äusseren Gurtbänder mit einander zu verbinden, wie dies durch die Figur weiter erläutert ist. Fig. 303 giebt hierüber näheren Aufschluss.

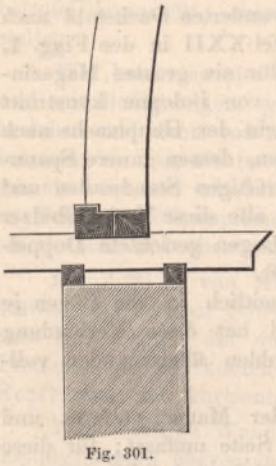


Fig. 301.

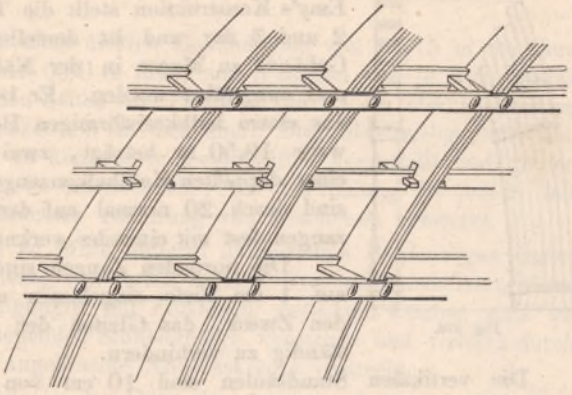


Fig. 302.

Moller macht ferner darauf aufmerksam, dass die grösste Gefahr für eine Bohlendachkonstruktion in dem ungleichen Sichsetzen der Sparren bestehe; die hieraus möglicher Weise entstehenden gefährlichen Folgen sind dadurch zu beseitigen gesucht, dass die bereits erwähnten Gurtbänder zur Hälfte in die Sparren eingelassen sind. Auf diese Art kann die Senkung der einzelnen Sparren nur auf das nächste Gurtband wirken und teilt sich durch dasselbe den Nebensparren mit; auf diese Weise kann weder nach oben noch nach unten eine eintretende Senkung fortwirken und bleibt zwischen den nächsten oberen und unteren Gurtbändern eingeschlossen.

So lässt sich die ganze Kuppel als aus lauter horizontal auf einander liegenden Kuppelmantelstücken betrachten, und bringt Moller den Umstand, dass diese Kuppel bei Wegnahme der Gerüste sich nicht im geringsten gesetzt hat, mit auf Rechnung ihrer ungemein fleissigen Ausführung*).

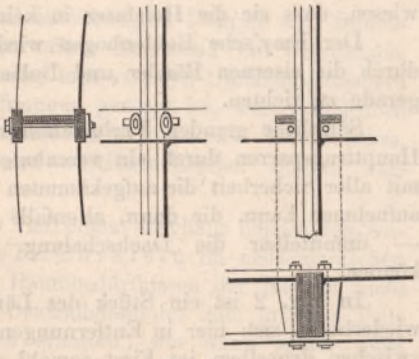


Fig. 303.

Ganz entschieden war es als ein Fortschritt zu betrachten, als der französische Ingenieur Oberst Emy im Jahre 1819 mit dem Vorschlage hervortrat, das bis dahin besonders von Legrand und Molino vertretene System

*) Beiträge zur Lehre von den Baukonstruktionen von Dr. Georg Moller, S. 4. Blatt IV.

Ph. Delorme's zu verlassen und die Bohlenbögen nach seiner Erfindung konstruirte.

Die Emy'schen Bohlenbögen bestehen aus möglichst langen 5,5 cm starken und 13 cm breiten Bohlen, welche mit ihren Breitseiten aufeinanderliegen, ähnlich wie die Federn eines Wagens; hierbei hat jeder Bogen höchstens 10 Fugen, jede Bohlenreihe in der Regel nur deren 2, höchstens 3 und ist mit eisernen Bändern, wie dies die Fig. 304 andeutet, umlegt.

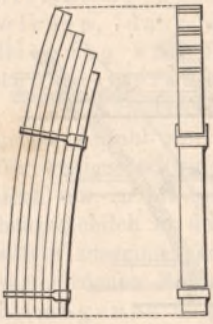


Fig. 304.

Einen seinerzeit vielfach bewunderten Dachstuhl nach Emy's Konstruktion stellt die Tafel XXII in den Figg. 1, 2 und 3 dar und ist derselbe für ein grosses Magazin-Gebäude zu Marac in der Nähe von Bologne konstruirt und ausgeführt worden. Er besteht der Hauptsache nach aus einem halbkreisförmigen Bogen, dessen innere Spannweite 19,50 m beträgt, zwei kräftigen Standsäulen und einer doppelten Kehlbalkenzange; alle diese Verbandhölzer sind durch 20 normal auf den Bogen gerichtete Doppelzangen fest mit einander verknüpft.

Die normalen Zangen sind seitlich in die Bögen je auf 1 cm Tiefe eingelassen und hat diese Verbindung den Zweck, das Gleiten der Bohlen übereinander vollständig zu verhindern.

Die vertikalen Standsäulen sind 10 cm von der Mauer entfernt und werden mit von den drei unteren Doppelzangen jeder Seite umfasst; für diese bis in die Mauer eingreifenden Zangen sind 0,30 cm tiefe und 0,20 cm weite Maueröffnungen ausgespart, so dass auf die Mauer selbst ein Schub nicht übertragen wird.

Zwischen je zwei Doppelzangen sind Eisenbänder und Bolzen zur Verwendung gekommen, welche die Bohlen zusammenhalten und sich dem Gleiten derselben nach allen Seiten hin widersetzen; diese Bolzen haben nahezu 18 mm Durchmesser, sind 0,80 m von einander entfernt und hat die Erfahrung erwiesen, dass sie die Holzfaser in keiner Weise zusammenpressen.

Der Emy'sche Bohlenbogen wird durch die angebrachten Doppelzangen, durch die eisernen Bänder und Bolzen bleibend daran verhindert, sich wieder gerade zu richten.

Sämtliche geraden Verbandhölzer haben nur 13 cm Stärke, wobei der Haupttragsparren durch ein verzahntes Sattelholz so verstärkt wurde, dass er mit aller Sicherheit die aufgekämmten und mittelst Knaggen festgelegten Pfetten aufnehmen kann, die dann, allenfalls auch — abweichend von der Zeichnung — unmittelbar die Dachschalung und Dachdeckung auf sich aufnehmen können.

In Fig. 2 ist ein Stück des Längenschnittes dargestellt; die Hauptbinder wiederholen sich hier in Entfernungen von 3,00 m von Mitte zu Mitte, und ist zwischen denselben im First sowohl als auch nahe der Traufe eine energische Längsverbindung durch Anbringen von Andreaskreuzen erzielt.

Das in Fig. 3 beigegebene Detail wird einer näheren Erörterung entbehren können*).

---

*) Näheres über die praktische Herstellung der Emy'schen Bohlenbögen siehe: Lehrbuch der gesamten Zimmermannskunst von A. R. Emy, Oberst im Ingenieur-Korps und Professor der Fortifikations-Wissenschaften etc. Deutsche Uebersetzung von L. Hoffmann, Leipzig 1860. II. Band, Seite 190 Taf. 108.

Mit bestem Erfolge wurde selbst in neuerer Zeit die Bohlenbogen-Konstruktion, wenn auch nur in vereinzelten Fällen, bei Herstellung von grossen Hallendächern zur Verwendung gebracht und liefert besonders der Dachstuhl über dem alten Central-Bahnhof in München den sprechendsten Beweis, dass eine solche Konstruktion keineswegs so total verwerflich sei, wie das vielfach angenommen wurde.

Auf Tafel XXII in Fig. 4 und 5 ist diese Konstruktion als Uebungsbeispiel dargestellt; eine Zulage lässt sich nach dem Gegebenen leicht darstellen.

Wir haben es hier mit einer lichten Gebäudetiefe von 27,75 m zu thun und mit Bohlenbögen, welche 0,50 m breit, aus 5 Bohlen von je 6 cm Stärke bestehen und dann von beiden Seiten eine Furnitur von 2,5 cm starken Brettern besitzen, so dass sie im Ganzen 35 cm dick sind. Diese Bohlenbögen wurden, um sie bequemer aufstellen zu können, in zwei Hälften hergestellt und greifen im Scheitel schlitzzapfenartig in einander ein; die Verbindung ist jedoch mit einer unten und oben angebrachten Armirung von Flacheisen verstärkt.

Die 4,80 m von Mitte zu Mitte entfernt aufgestellten Bohlenbögen unterstützen das dreimal gebrochene, von unten in allen Konstruktionshölzern sichtbare Hallendach; die durchgängig mit Zinkblech gedeckten Dächer sind als Pfettendächer mit kurzen stehenden Stuhlständern konstruirt und vielfach durch Kopfbänder und horizontal angebrachte Andreaskreuze verstrebt.

Zwei kräftige Wandstiele in der Höhe der äusseren 3 Stein starken Umfassungsmauern begrenzen in ihrem unteren Teile und beiderseits die Bohlenbögen, indem dieselben teils durch dekoratives Riegelwerk, teils durch Schraubenbolzen mit einander fest verbunden sind, so dass ein Schub gegen die Umfassungsmauern ausgeschlossen ist.

Alles sichtbare Verbandholz ist sauber gehobelt in seinen Kanten gebrochen, mit Leinölfirniss eingelassen und teilweise, besonders die Bohlenbögen, einfach ornamentirt.

Für den Abzug der von den Lokomotiven erzeugten Dämpfe und Rauchgase befindet sich im Firste eine niedrige offene Kniewand mit Schutzdach, während für die Beleuchtung der Einsteighalle, teils von den Umfassungsmauern durch Anlage hoch angebrachter Fensteröffnungen gesorgt ist, teils fällt jedoch das Licht ungehindert durch die 1,50 m hohe Kniewand des Hauptdaches, welche durchweg mit Andreaskreuzen und vertikalstehenden Stielen verspannt ist.

Die ganze Halle mit ihren Bohlenbögen rief einen durchaus imposanten Anblick hervor und war von dem Oberbaurate Fr. Bürklein im neuromanischen Stile erbaut worden. Leider hat sie, den Raumbedürfnissen der Neuzeit nicht mehr entsprechend, dem Baue eines neuen Centralbahnhofes zum grössten Teile weichen müssen, und ist nur noch teilweise erhalten, um dann später ganz beseitigt zu werden; jedenfalls möchte es angezeigt erscheinen, diese Konstruktion nicht ganz der Vergessenheit verfallen zu lassen.

2. Polygonale (Ardand'sche) Dächer.

Nachdem Ardand durch seine wissenschaftlichen und praktischen Untersuchungen nachgewiesen hatte, dass die aus geraden Hölzern zusammengesetzten Gespärre einen viermal so grossen Widerstand gegen Biegung leisten, als die Bogengespärre, wenn die Menge des verwendeten Holzes bei beiden dieselbe

ist, kam er zu der Schlussfolgerung, dass es für einen geschickten Zimmermann keine schwierige Aufgabe sein könne, die geraden Gespärre so einzurichten, dass ihre innere Form der Kreisbogenlinie nahe kommt, und dadurch einen ebenso gefälligen Anblick gewährt, als die Gespärre aus Bohlenbögen.

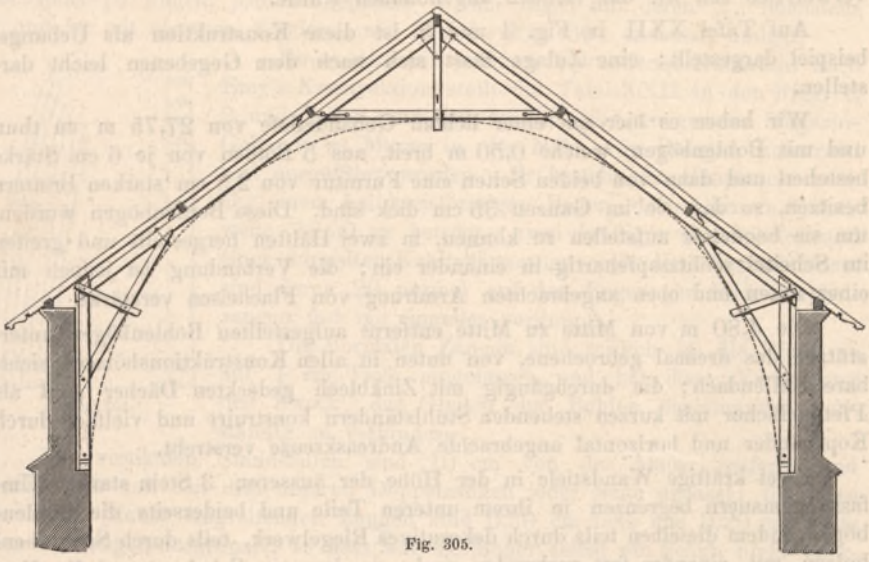


Fig. 305.

Für die Querschnitte des einfachen geraden Gespärres ohne Durchzüge, wie ein solches in der Fig. 305 dargestellt ist, hat Ardand unter Annahme verschiedener Dachneigungen folgende Werte gefunden:

Neigung des Daches gegen den Horizont	Winkel, welchen der Sparren mit der Vertikalen bildet	Formel für die Berechnung	
		der Sparren	der Pfosten
die Tiefe zur Höhe verhält sich wie:			
4 : 1	63°	$b\,h^2 = 0{,}00000104\,P.\,A.$	$b\,h^2 = 0{,}00000226\,P.\,A.$
3 : 1	57°	$b\,h^2 = 0{,}00000104\,P.\,A.$	$b\,h^2 = 0{,}00000202\,P.\,A.$
2 : 1	45°	$b\,h^2 = 0{,}00000105\,P.\,A.$	$b\,h^2 = 0{,}00000163\,P.\,A.$

In dieser Tabelle bedeutet P das ganze Gewicht, welches der Sparren trägt, A die halbe Weite des Gespärres; b die Breite und h die Höhe des Querschnittes.

Ferner giebt derselbe Autor eine annähernd berechnete Tabelle, welche die Dimensionen des Querschnittes der Verbandhölzer eines einfachen geraden Gespärres enthält, wenn nur die Spannweite desselben gegeben ist; hierbei ist die Höhe des Daches wie 3 : 1 angenommen und eine Belastung von 200 kg auf den laufenden Meter seiner Horizontal-Projektion.

Spannweite des Daches in Metern	Querschnitte in Metern ausgedrückt					
	des Sparrens		die Hälfte des aus 2 Zangenhölzern bestehendem Pfosten		der Schubstrebe und der Spannriegel	
	b	*h*	*b*	*h*	*b*	*h*
24	0,23—0,33		0,125—0,42		0,18—0,18	
22	0,22—0,32		0,125—0,39		0,18—0,18	
20	0,21—0,31		0,125—0,38		0,16—0,16	
18	0,20—0,30		0,125—0,38		0,16—0,16	
16	0,19—0,29		0,125—0,36		0,14—0,14	
14	0,19—0,28		0,125—0,35		0,12—0,12	

In gleicher Weise lassen sich aus der vorstehenden Ardand'schen Formel die Querschnitte der Verbindungshölzer des in Fig. 306 dargestellten Dachstuhles berechnen; die sich dabei annähernd für die Praxis ergebenden Werte

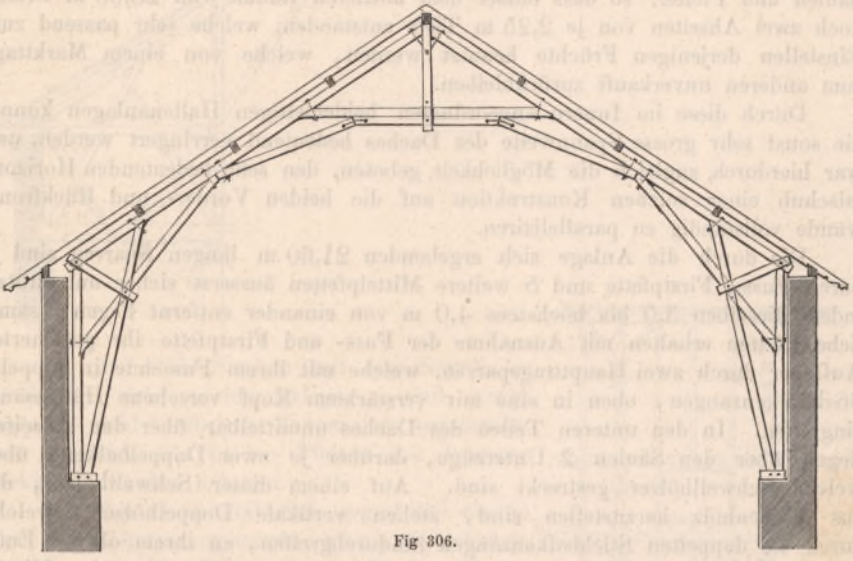


Fig 306.

giebt die folgende Tafel und zwar unter der Voraussetzung, dass die Tiefe des Daches sich zu seiner Höhe wie 3 : 1 verhält und der laufende Meter Sparren (in der Horizontal-Projektion) mit 300 kg belastet ist.

Sparrenweite des Dachstuhles in Metern	Querschnitte in Metern ausgedrückt							
	des Sparrens		der Strebe- und Schubbänder		Jedes d. Hölzer, aus welchen der Doppelpfosten besteht		der Hauptschubstrebe	
	b	*h*	*b*	*h*	*b*	*h*	*b*	*h*
24	0,20—0,25		0,20—0,20		0,125—0,25		0,20—0,25	
22	0,20—0,22		0,20—0,20		0,125—0,22		0,20—0,25	
20	0,20—0,20		0,20—0,20		0,125—0,20		0,20—0,25	
18	0,15—0,20		0,15—0,20		0,125—0,18		0,15—0,15	
16	0,15—0,18		0,15—0,15		0,120—0,16		0,15—0,15	
14	0,15—0,15		0,15—0,15		0,120—0,15		0,15—0,15	

Die bei der Zusammensetzung der 3,3 bis 4,0 m von Mitte zu Mitte aufgestellten Gespärre zu beobachtenden Vorsichtsmassregeln gehen darauf hinaus, solche Arten von Verbindungen anzuwenden, durch welche die einzelnen Hölzer nicht verschwächt werden. „Ich glaube“ — sagt Ardand — „dass es am besten wäre, die Ueberschneidungen, wobei jedes Holz zur Hälfte ausgeschnitten wird, nur im äussersten Notfalle anzuwenden und statt der Zapfen und Zapfenlöcher einfache Versatzungen, durch einen oder zwei starke Schraubenbolzen gesichert, und über diese die Zange gelegt, anzuwenden. Gut ist es auch, dünne Bleiplatten zwischen die Fugen zweier Hölzer zu bringen, die mit grosser Kraft gegen einander gedrückt werden, um jedes Ineinanderdrücken der Fasern der Hölzer zu vermeiden.“

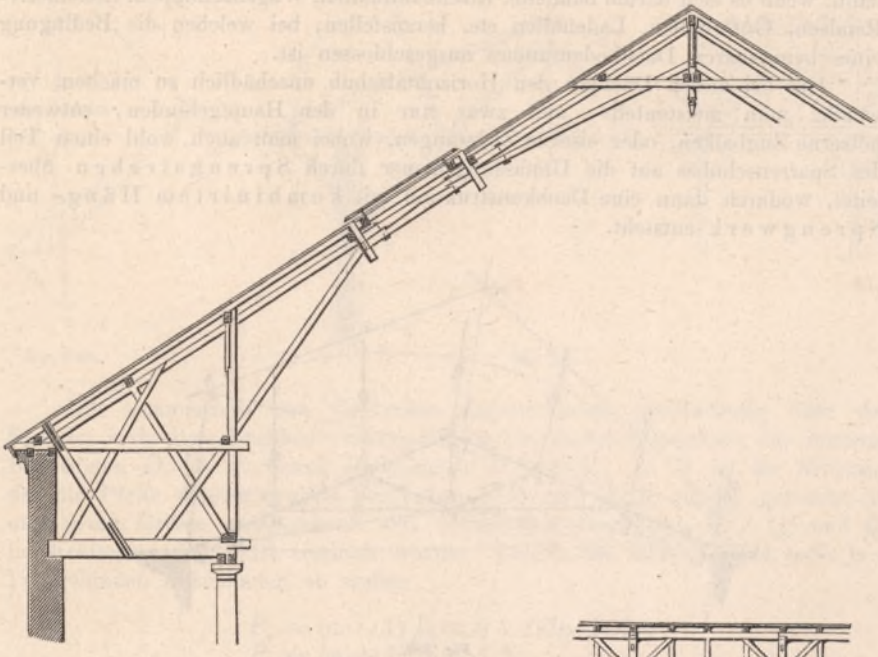
Nach Ardand'schem Prinzip ist auch der in Fig. 307 (S. 225) dargestellte Dachbinder über die Fruchthalle in Mainz konstruirt; diese Fruchthalle, im Jahre 1838 von dem Architekten Dr. Geier erbaut, hat eine lichte Tiefe von 29,50 m. Der Dachverband veranlasste den Erbauer zur Anordnung einzelner Säulen und Pfeiler, so dass ausser dem mittleren Raume von 25,00 m Breite, noch zwei Abseiten von je 2,25 m Tiefe entstanden, welche sehr passend zum Einstellen derjenigen Früchte benutzt werden, welche von einem Markttage zum anderen unverkauft zurückbleiben.

Durch diese im Innern angeordneten beiderseitigen Hallenanlagen konnte die sonst sehr grosse Spannweite des Daches bedeutend verringert werden, und war hierdurch zugleich die Möglichkeit geboten, den sehr bedeutenden Horizontalschub einer solchen Konstruktion auf die beiden Vorder- und Rückfrontwände vollständig zu parallelisiren.

Die durch die Anlage sich ergebenden 21,60 m langen Sparren sind je durch Fuss-, Firstpfette und 5 weitere Mittelpfetten äusserst sicher unterstützt, indem dieselben 3,0 bis höchstens 4,0 m von einander entfernt liegen; sämtliche Pfetten erhalten mit Ausnahme der Fuss- und Firstpfette ihr gesichertes Auflager durch zwei Haupttragsparren, welche mit ihrem Fussende in doppelte Stichbalkenzangen, oben in eine mit verstärktem Kopf versehene Hängesäule eingreifen. In den unteren Teilen des Daches unmittelbar über den Abseiten liegen über den Säulen 2 Unterzüge, darüber je zwei Doppelbalken, über welche Schwellhölzer gestreckt sind. Auf einem dieser Schwellhölzer, die aus Eichenholz herzustellen sind, stehen vertikale Doppelhölzer, welche durch die doppelten Stichbalkenzangen hindurchgreifen, an ihrem oberen Ende den Hauptsparren sicher umfassen und die dort angeordnete zweite Mittelpfette durch Kopfbänder unterstützen. Die zwischen dieser und der Fusspfette liegende erste Mittelpfette ist normal durch eine einfache Strebe, welche von dem anderen, über den Doppelbalken gestreckten Schwellhölzern ausgeht, getragen.

Im oberen Teile des Daches ist die kurze Hängesäule, der Haupttragsparren, sowie auch die betreffenden Dachsparren durch eine doppelte Kehlbalkenzange so umfasst, dass durch die letztere auch die dort sich befindende fünfte Mittelpfette sicher unterstützt wird; es handelt sich nur noch darum, den nahezu 11,50 m langen, freiliegenden und von der dritten und vierten Dachpfette belasteten Haupttragsparren gegen Bruch die notwendige Verstärkung zu geben. Zu diesem Zweck ist die am stärksten belastete Stelle des Haupttragsparrens durch ein verzahntes und verbolztes Holz verstärkt und kräftig verstrebt. Diese Verstrebung ist aber erreicht, einerseits, im unteren Teile des Daches, durch die kräftige Schubstrebe, welche, von den Doppelbalken der Seitenhallen ausgehend, den daselbst angebrachten Doppelständer durchsetzt,

andererseit durch eine zweite Schubstrebe im oberen Teile des Daches, welche zugleich zur bessern Unterstützung der kurzen First-Hängesäule wesentlich mit beiträgt.



Da wo beide Streben mit dem Sattelholze hirnseitig sich aneinanderlegen, sind kurze, doppelte und verbolzte Zangen so angebracht, dass zugleich die beiden Pfetten mit letzteren verkämmt werden konnten.

Um den Horizontalschub gegen den oberen Teil der Umfassungsmauer ganz aufzuheben, dienen zwei weitere Streben, welche in symmetrischer Anordnung eine Anzahl von unverschiebbaren Dreiecken bilden; eiserne Bänder und Bolzen tragen dazu bei, der ganzen Dachkonstruktion einen hohen Grad von Solidität zu verleihen.

Zwischen der dritten und vierten Mittelpfette sind in der Mitte der Leergebinde Fenster angebracht, welche in derselben Neigung wie das Deckmaterial liegen; von Mitte zu Mitte sind die Hauptbinder 4,00 m von einander entfernt, und nehmen so drei Leergebinde zwischen sich auf. Den Längsverband vermitteln Kopfbänder, welche von der First-Hängesäule ausgehen und solche der Doppelständer über den Seitenhallen.

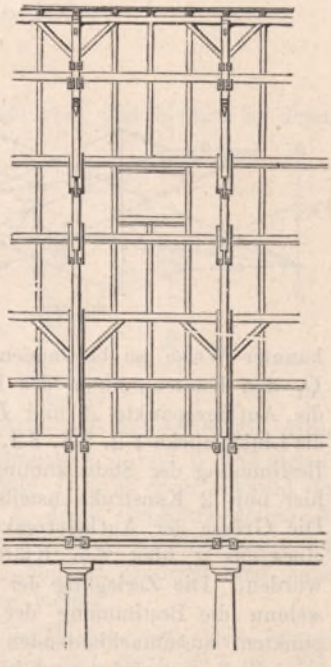


Fig. 307.

3. Hallendächer.

Diese Dächer haben in neuerer Zeit die ausgedehnteste Anwendung — hauptsächlich in unserem Eisenbahnhochbau — gefunden, und besonders dann, wenn es sich darum handelte, Eisenbahnhallen, Wagenschuppen, Lokomotiv-Remisen, Güterhallen, Ladehallen etc. herzustellen, bei welchen die Bedingung eines benutzbaren Dachbodenraumes ausgeschlossen ist.

Um bei diesen Dächern den Horizontalschub unschädlich zu machen, verwendet man meistenteils, und zwar nur in den Hauptgebinden, entweder hölzerne Zugbalken, oder eiserne Zugstangen, wobei man auch wohl einen Teil des Sparrenschubes auf die Umfassungsmauer durch Sprengstreben überleitet, wodurch dann eine Dachkonstruktion mit kombinirtem Häng- und Sprengwerk entsteht.

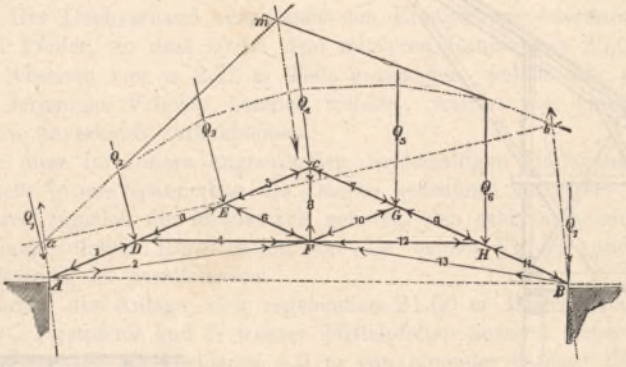


Fig. 308.

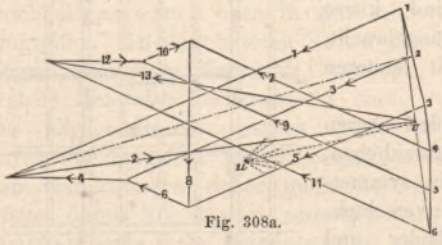


Fig. 308a.

Die statische Berechnung dieser Dächer erfolgt ganz in derselben Weise, wie sie für die übrigen Dachstühle angegeben wurde, und sollen deshalb hier nur für die in Fig. 308 und 309 dargestellten Fälle solcher Dachbinder die Spannungszahlen ermittelt werden. Durch die Sparren, deren Belastung in bekannter Weise zu bestimmen ist, werden in Fig. 308 die Lasten Q_1, $Q_2 \ldots Q_7$ den Knotenpunkten des Binders übermittelt. Q_1 und Q_7 gehen direkt auf die Auflagerpunkte A und B über. Die Kräfte Q_2, $Q_3 \ldots Q_6$ seien durch die Linienstücke 1 2, 2 3, 3 4, 4 5 und 5 6 im Kräfteplan Fig. 308a vorgestellt. Die Bestimmung der Stabspannungen beginnt am besten wieder am Auflager, da hier nur 2 Konstruktionsteile mit unbekannten Spannungen zusammenstossen. Die Grösse der Auflagerreaktionen A und B ist in bekannter Weise mittelst eines aus u über den Kräften $Q_2 \ldots Q_6$ konstruirten Seilpolygons erhalten worden. Die Zerlegung der Reaktion A in die Stabspannungen 1 und 2 und sodann die Bestimmung der Spannungen der in den verschiedenen Knotenpunkten zusammenlaufenden Konstruktionsteile braucht hier nicht nochmal wiederholt zu werden und kann lediglich auf das Diagramm Fig. 308a, welches die Lösung dieser Aufgabe enthält, verwiesen werden.

Fig. 309 zeigt den Binder eines Hallendaches, wie es häufig über Güter- und Ladehallen etc. ausgeführt wird.

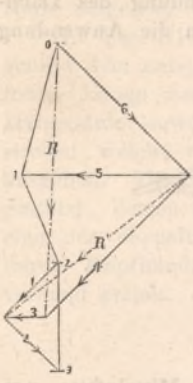


Fig. 309a.

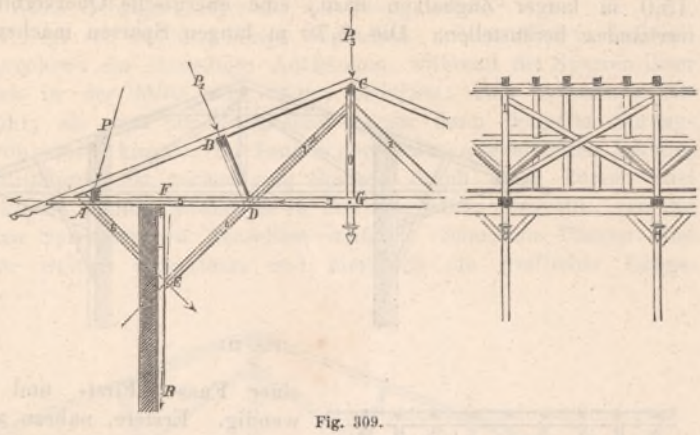


Fig. 309.

Die symmetrisch zur Dachmitte angenommene gleichmässig über den Sparren verbreitete Dachlast erzeugt in den Unterstützungspunkten des letzteren Reaktionen D, N, R, deren Richtung in C vertikal, in B in der Richtung der die Pfette unterstützenden Stuhlsäule BD und in A schräg gerichtet ist und deren Grösse entsprechend den belastenden Gewichten Q_1, Q_2 und Q_3 im Kräfteplan Fig. 310 ermittelt wurde. Folgen die Hauptgebinde nach je n Leergebinden aufeinander, so stellen

$$P_1 = (n+1)\,R = 0\,1 \quad \text{(Fig. 309a)}$$
$$P_2 = (n+1)\,N = 1\,2 \quad \text{„}$$
$$P_3 = (n+1)\,D = 2\,3 \quad \text{„}$$

die Belastungen der Fuss-, Mittel- und Firstpfette vor, und hieraus ist deren Querschnitt in bekannter Weise zu ermitteln. Zur Bestimmung der Spannungen der Konstruktionsteile des Binders übergehend, bemerkt man, dass bei der Wirksamkeit der Streben die Spannung der Konstruktionshölzer CG und EF gleich Null angenommen werden kann, während der Pfosten BD mit P_2 gedrückt wird. Um die übrigen Spannungen, welche das Diagramm Fig. 309a enthält, zu finden, zerlege man P_1 in die Stabspannungen 5 und 6 und gleichzeitig P_3 in die Spannungen 1 und 2. Im Punkte D sind dann bekannt die äussere Kraft P_2 und die inneren Kräfte 1 und 5, deren Gesamtresultante R' ist; zerlegt man diese Kraft in die Komponenten 3 und 4, so sind damit, bei der Symmetrie der Anlage, die sämtlichen Stabspannungen ermittelt und kann aus denselben der nötige Holzquerschnitt berechnet werden.

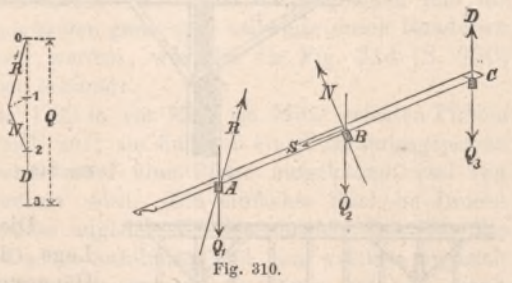


Fig. 310.

Bei den Ladehallen erhalten sehr häufig die Dächer weit nach aussen übertretende Schutzdächer, wie dies in den Figuren 311, 312, 313 (S. 228) der Fall ist.

In Fig. 311 beträgt die lichte Weite der Halle 7,00 m, der Dachvorsprung 4,30 m, die Dachhöhe $^1/_5$ der Tiefe, und dient ein nahezu 15,0 m langer Zugbalken dazu, eine energische Querverbindung des Dachverbandes herzustellen. Die 8,70 m langen Sparren machen die Anwendung

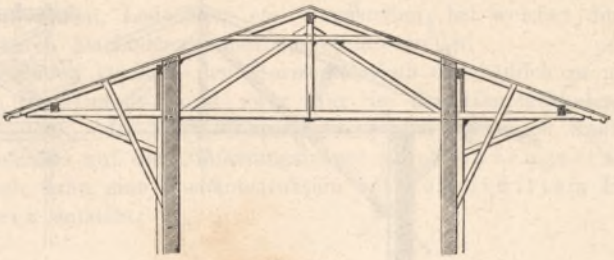
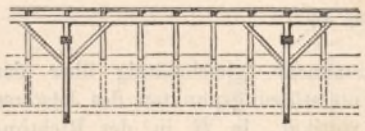


Fig. 311.



einer Fuss-, First- und Mittelpfette notwendig. Erstere, nahezu am Zugbalkenende aufgekämmt, wird durch eine Sprengstrebe unterstützt, welche von einem im Aeusseren angebrachten Wandständer ausgeht; dieser übernimmt zugleich die Funktion, die Mittelpfette zu unterstützen und dient eine Doppelstrebe weiters dazu, die ausserhalb der Halle sichtbaren Verbindungshölzer durch Bildung von Dreiecken gegen jede Verschiebung zu sichern. Die hierdurch sich bildenden symmetrischen Formen lassen sich leicht dekorativ behandeln.

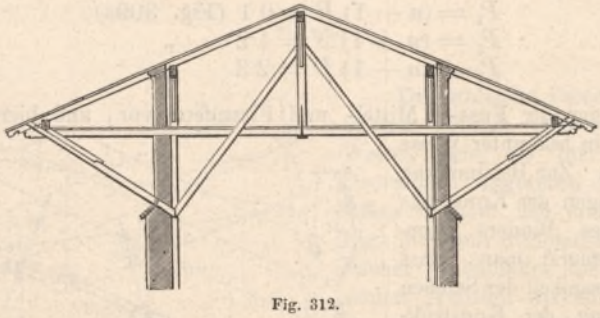
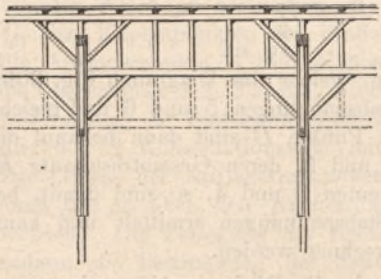


Fig. 312.



Die Firstpfette erhält ihre gesicherte Lage durch eine Hängesäule nebst 2 Hängestreben, und dient zur weiteren Sicherung der ganzen Verbindung ein doppelter Spannkehlbalken. Sämtliche Ueberblattungen sind mit schwachen Bolzen durchzogen, der Zugbalken aber ist durch Eisenbänder an die Hängesäule befestigt.

Da die First- und Mittelpfette durch Kopfbänder unterstützt werden können, so lassen sich unter Anwendung verhältnismässig schwacher Konstruktionshölzer zwischen je 2 Hauptgebinde 5 Leergebinde einschalten, wie dies der Längendurchschnitt erkennen lässt.

In Fig. 312 ist dieselbe Aufgabe durch Anwendung von doppelten Sprengstreben gelöst, welche von einem stehenden einfachen Pfosten im Innern der Halle ausgehen. Alles Uebrige erklärt die Zeichnung selbst.

In Fig. 313 liegt der 16,00 m lange Zugbalken nahezu 10,0 m frei und genügt dem entsprechend ein einmaliges Aufhängen, während die Sparren ihrer freien Länge nach in der Mitte eine Stütze bedürfen; zum Abstreben der Hängesäule sowohl, als auch der Fusspfetten dienen dann doppelte Sprengstreben, welche von einem kurzen, im Innern der Halle angebrachten Ständer ausgehen. Die Mittelpfette ist normal zum Sparren durch einen kurzen Stiel gestützt, dessen kurzer Zapfen gerade da in den Zugbalken eingreift, wo die eine der doppelten Sprengstreben denselben umfasst. Sämtliche Pfetten sind durch Kopfbänder weiters unterstützt und hierdurch ein trefflicher Längsverband erzielt.

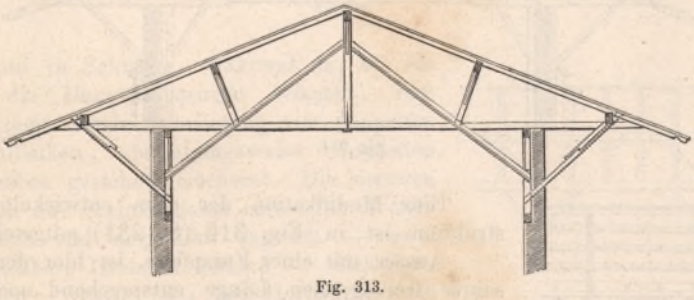
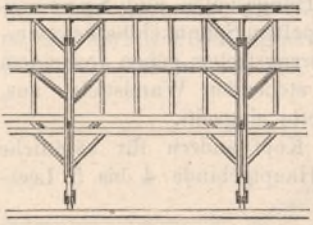


Fig. 313.



Bei einer Entfernung der einzelnen Gespärre von nahe zu 1,00 m von Mitte zu Mitte lassen sich die Hauptgebinde 4,60 m von einander entfernt legen.

Noch einfacher gestaltet sich die Hallendachkonstruktion, wenn die Zugbalken und die Hängesäulen ganz oder teilweise durch Rundeisen ersetzt werden, wie dies die Fig. 314 (S. 230) näher erläutert.

Bei diesem Dache nehmen die 1,00 m von Mitte zu Mitte gelegten Pfetten die Dachschalung unmittelbar auf sich auf; sie sind von einem Haupttragsparren unterstützt, welcher an seinem Fussende auf eine Pfette aufgekämmt und von einer doppelten Zugbalkenzange umfasst wird. Ein einfacher Stiel im Innern der Halle trägt ein Rahmholz, welches zugleich die Sparrenstichhölzer für die Leergebinde im unteren Teile des Daches aufnimmt, und von welchem zugleich eine Sprengstrebe ausgeht, die den Haupttragsparren in seiner sonst zu weit freiliegenden Länge noch einmal sicher unterstützt.

Da die verhältnismässig schwachen Pfetten nicht zu stark belastet werden dürfen, so sind die Hauptgebinde bis 3,70 m von einander entfernt angeordnet. Zur sicheren Aufnahme der den Dachvorsprung stützenden Sprengstrebe ist die Mauer nach aussen zu durch Strebepfeiler verstärkt, und zwar da, wo die innere Sprengstrebe sich gegen den stehenden Stiel anspreizt.

Eine äusserst einfache Hallendach-Konstruktion ist in Fig. 315 (S. 230) dargestellt und lässt sich dieselbe selbst noch bei Zugbalken von 12,0 m freier Länge zur Anwendung bringen; die nahezu 9,0 m langen Sparren sind hier sehr sicher durch Fuss- und Firstpfette, sowie je durch 2 Mittelpfetten unterstützt.

Die Firstpfette ist mit der Hängesäule verzapft und letztere von zwei Hängestreben in Schwebe gehalten, welche zugleich die Funktion von Haupttragsparren für die Mittelpfetten übernehmen; um diese Tragsparren, resp. Hängestreben besser funktioniren zu lassen, sind sie da, wo die oberen Mittelpfetten liegen, durch doppelte, an die Hängesäule angeblattete Strebebänder umfasst.

Da ein Längsverband durch Kopfbänder bei dieser Konstruktion sich nur auf die Firstpfette beschränkt, lassen sich zwischen je 2 Hauptgebinde nur 3 Leergebinde einschalten.

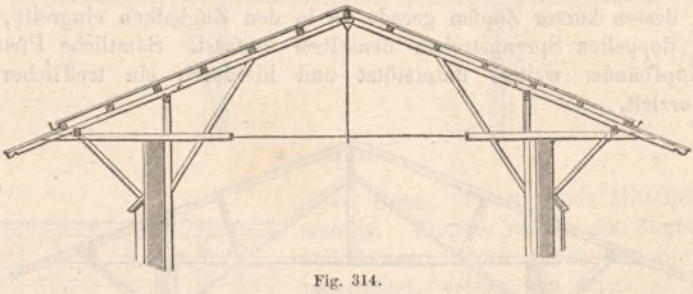
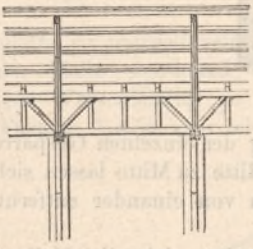


Fig. 314.



Eine Modifikation der eben entwickelten Konstruktion ist in Fig. 316 (S. 231) mitgeteilt.

Ausser mit einer Fusspfette, ist hier der Sparren seiner freiliegenden Länge entsprechend noch durch eine Mittelpfette gestützt, während der doppelte Zugbalken durch einfache Hängesäulen und Sprengstreben und mittelst doppeltem Spannkehlbalken zweimal aufgehängt ist; die Sprengstreben gehen von einem auf einem Steinkonsol stehenden Wandstiele aus, welcher zugleich mit kurzem Zapfen in die Fusspfette eingreift.

Da diese Konstruktion die Anordnung von Kopfbändern für sämtliche Pfetten gestattet, so lassen sich zwischen je zwei Hauptgebinde 4 bis 5 Leer-

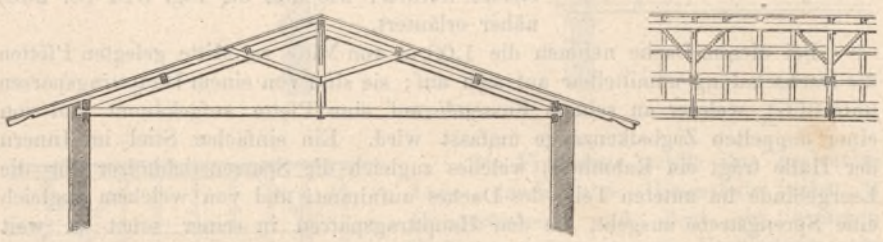


Fig. 315.

gebinde anbringen; die einfachen Hängesäulen, welche durch den doppelten Zugbalken hindurchgreifen, machen auch die Verwendung von Hängeeisen entbehrlich.

Bei allen soeben besprochenen Hallendächern lassen sich ohne weiteres die durchgehenden Zugbalken durch eiserne Zugstangen ersetzen, wie dies in Fig. 317 (S. 231) geschehen ist. Wir haben es hier mit einer Halle von 16,0 m lichter Tiefe zu thun, und einer Dachhöhe von $^1/_3$ der Dachtiefe, so dass eine Eindeckung mit französischen Falzziegeln angenommen ist. Die nahezu 13,0 m

langen Sparren sind durch 1 Fusspfette, 2 Mittelpfetten und 1 Firstpfette gestützt, welche ihrerseits wieder von den Hauptsparren getragen sind. Diese Haupttragsparren halten zugleich die mittlere vom First ausgehende kurze

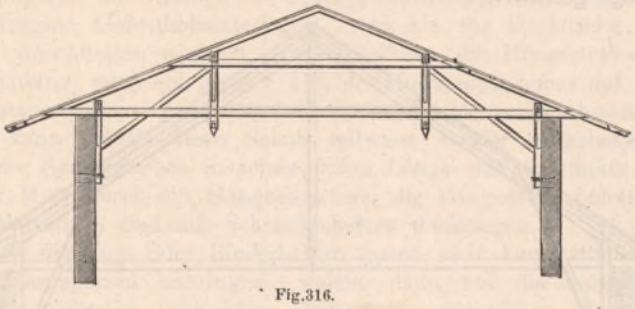
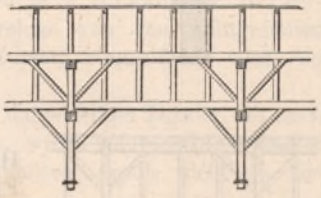


Fig. 316.

Hängesäule in Schwebe, während da, wo die Pfetten die Haupttragsparren belasten, ihre Tragfähigkeit durch Anbringung von doppelten Spannkehlbalken, beziehungsweise doppelten Sprengstreben gesichert erscheint. Die letzteren gehen von auf Steinkonsolen stehenden Wandstielen aus und umgreifen zugleich — zwei unverschiebbare Dreiecke bildend — diejenigen Stichbalken, welche, um den Horizontalschub des Daches aufzuheben, durch eine regulirbare Zugstange verbunden sind. Um diese Zugstange am Durchbiegen zu verhindern, ist eine runde Eisenstange an der kurzen Firsthängesäule befestigt und nimmt die erstere unten in einen Ring endigend in sich auf.



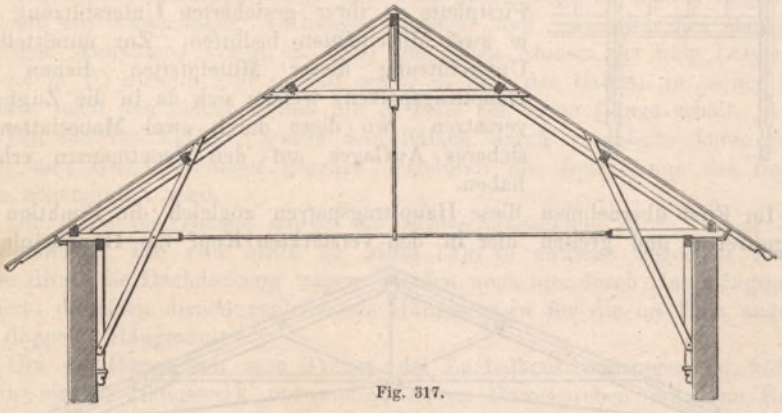


Fig. 317.

Dieselbe Aufgabe lässt sich auch ohne Anwendung von eisernen Zugbändern nach Fig. 318 (S. 232) lösen, und bedarf wohl keiner weiteren Erklärung.

Eine sehr einfache Lösung für eine Hallendachkonstruktion bei 16,00 m lichter Tiefe giebt die Fig. 319 (S. 232) an, wo der Zugbalken durch runde Zugstangen von Eisen ersetzt ist; dieselben halten die hier verwendeten eisernen Schuhe zusammen, welche die Hauptsparrenfüsse in sich aufzunehmen haben, und

unterstützen zugleich den höher liegenden doppelten Zangenkehlbalken in seiner Mitte der Art, dass der betreffende Stützpunkt von oben aus durch ein Hängeeisen gewonnen wird; die oberen Mittelpfetten sind durch kurze Strebebänder in ihrer Lage gesichert.

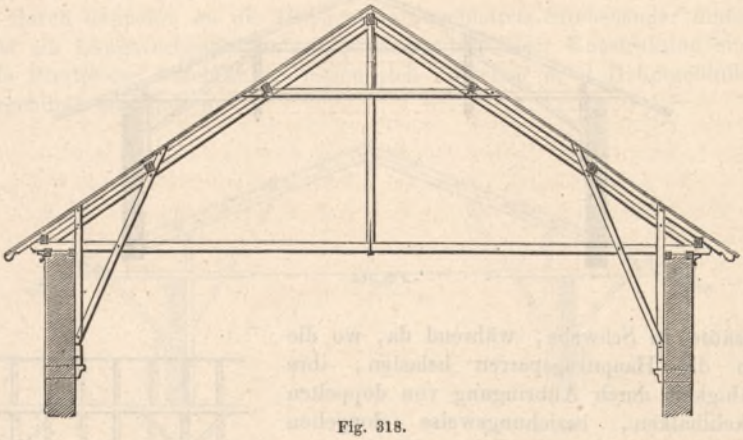
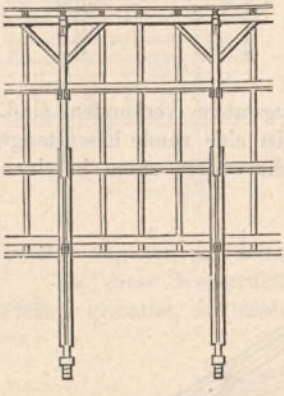


Fig. 318.



Als Uebungsbeispiel für die Konstruktion der Hallendächer dient die Tafel XXIII; das in den Figg. 1, 2 und 3 dargestellte Hauptgebinde überspannt eine lichte Weite von 14,85 m, die Höhe des Daches verhält sich zu seiner Tiefe wie 1 : 3.

Bei den weit über die Umfassungsmauern vortretenden Sparrenköpfen ergeben sich 11,25 m lange Sparren, welche ausser den Fusspfetten und der Firstpfette zu ihrer gesicherten Unterstützung noch je zwei Mittelpfetten bedürfen. Zur unmittelbaren Unterstützung dieser Mittelpfetten dienen zwei Haupttragsparren, welche sich da in die Zugbalken versatzen, wo diese durch zwei Mauerlatten ihr sicheres Auflager auf den Frontmauern erhalten haben.

Im First übernehmen diese Haupttragsparren zugleich die Funktion von Hängestreben und greifen hier in den verstärkten Kopf der Hängesäule mit

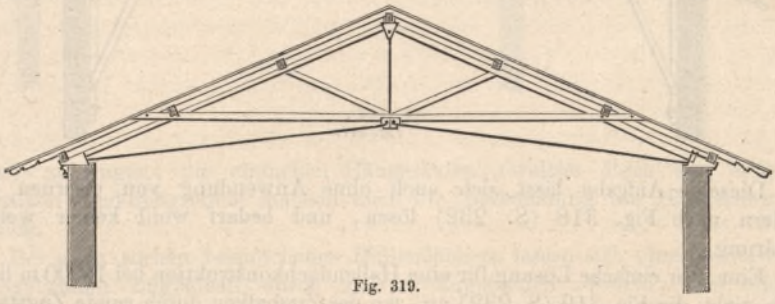


Fig. 319.

Versatzung und kurzem Zapfen ein. Um die Haupttragsparren fähig zu machen, die auf die Pfette übertragene Last mit Sicherheit zu tragen, dient im oberen

Teile des Daches ein doppelter Zangenkehlbalken, welcher die Sparren, die Hängestreben und die Hängesäule umfasst, während im unteren Teile des Daches zwei ebenfalls doppelte Sprengstreben die gleiche Funktion übernehmen. Die Doppelpfosten, von welchen die Sprengstreben ausgehen, haben von Steinkonsolen getragene Eichenholzunterlagen, sind bis zur Dachfläche hinauf geführt und umschliessen zugleich den Zugbalken, die Hängestreben und die Sparren; hierdurch wird ein grosser Teil des Horizontalschubes auf die starken Umfassungsmauern übertragen, durch Anordnung der unverschieblichen Dreiecksformen kann jedoch dieser Schub teilweise wieder aufgehoben werden. Der durch die Sprengstreben in seiner freien Länge sehr verstärkte Zugbalken ist in seiner Mitte durch ein Hängeeisen an die Hängesäule befestigt; sämtliche Ueberblattungen sind mit Schraubenbolzen durchzogen.

Zwischen die Zug- oder Binderbalken lassen sich kurze Stiche zur Aufnahme der Leersparren anbringen, welche dann auf die doppelten, durch schwalbenschwanzförmig geschnittene Brettstücke verbundenen Mauerlatten aufgekämmt sind; in Fig. 3 ist dies in der Zulage dargestellt.

In Fig. 2, dem Längenschnitte, sind zwischen je 2 Hauptbinder 3 Leergebinde eingeschaltet; durch die Kopfbänder, welche von den Hängesäulen ausgehen und in die Firstpfette mit kurzem Zapfen eingreifen, wird ein besserer Längsverband erreicht.

Die Figg. 4, 5 und 6 geben die isometrisch dargestellten Details des nach Moller'schem System konstruirten Hallendachstuhls, wobei hauptsächlich darauf Bedacht genommen wurde, die doppelten Verbandhölzer durch nicht zu tief eingeschnittene Verbindungen zu verschwächen.

Ein weiteres Uebungsbeispiel für ein Hallendach wird durch die Tafel XXIV in den Figg. 1, 2 und 3 mitgeteilt; es hat eine lichte Weite von 15,80 m zu überspannen und dienen dessen Pfetten zur unmittelbaren Aufnahme der Dachschalung.

Bei der vorhandenen Länge des hier notwendig werdenden Zugbalkens erscheint ein zweimaliges Aufhängen geboten und zwar ist dies nach den bisherigen Annahmen (vergl. S. 188) geschehen, indem die freie Länge des Balkens in 10 gleiche Teile geteilt wird, so dass der Balken in seiner Mitte 4 Teile, nach den beiden Seiten hin 3 Teile der freien Länge erhält.

Ein sicheres Auflager wurde dem Balken durch verdübelte kurze Sattelhölzer und Konsolenstützen gegeben, wodurch die freie Länge des Balkens etwas abgemindert wird.

Die Höhe des Daches wurde für Schiefereindeckung $= {}^1/_4$ seiner Tiefe angenommen. Die von Mitte zu Mitte 1,00 m entfernt liegenden Pfetten, welche direkt die Dachdeckung tragen, werden auch hier durch Haupttragsparren gestützt; dieselben dienen zugleich als Hängestreben für die im First angeordnete doppelte Hängesäule.

Um die Hängeeisen zum Tragen des Zugbalkens anbringen zu können, ist ein eigenes Hängewerk notwendig, dessen Hängestreben mit dem Haupttragsparren verdübelt und verbolzt, in schmiedeeiserne Schuhe eingreifen, welche mittelst eines einfachen und durch die mittlere Hängesäule durchlaufenden Spannriegels auseinandergespreizt sind.

Fig. 4 stellt das Detail der im First angeordneten Hängesäule mit Firstpfette und Spannriegel dar.

Fig. 5 zeigt den eisernen Schuh mit Hängestrebe und Spannriegel; dann den mit der Hängestrebe verdübelten und verbolzten Haupttragsparren, sowie die allenfalls mit Knaggen festgelegten Pfetten.

Fig. 6 giebt die Darstellung der Zugbalkenkopf-Verstärkung mit den doppelt versatzten, verdübelten und verbolzten Streben, Pfetten und den, den überstehenden Dachrand bildenden Sparrenkopf-Stichen, welche, mit der ersten Pfette sich verblattend, in die zweite Pfette eingezapft sind.

Diese Figur wird in den später folgenden Abschnitten über die Gesimsbildungen und die Dachdeckung, noch weiters besprochen werden.

Als der Repräsentant einer Dachkonstruktion mit reinem Sprengwerk, bei welchem sämtliche Unterstützungen nur von den Umfassungsmauern ausgehen, ist der von Moller entworfene und ausgeführte Dachstuhl über der Reitbahn in Wiesbaden zu betrachten und stellt die Fig. 320 diese in alle Lehrbücher übergegangene Konstruktion dar.

Die 0,75 m starken Frontwände des im Lichten 18,50 m tiefen Gebäudes haben hier den Horizontalschub, soweit er nicht durch die Konstruktionsanordnung selbst aufgehoben ist, aufzunehmen.

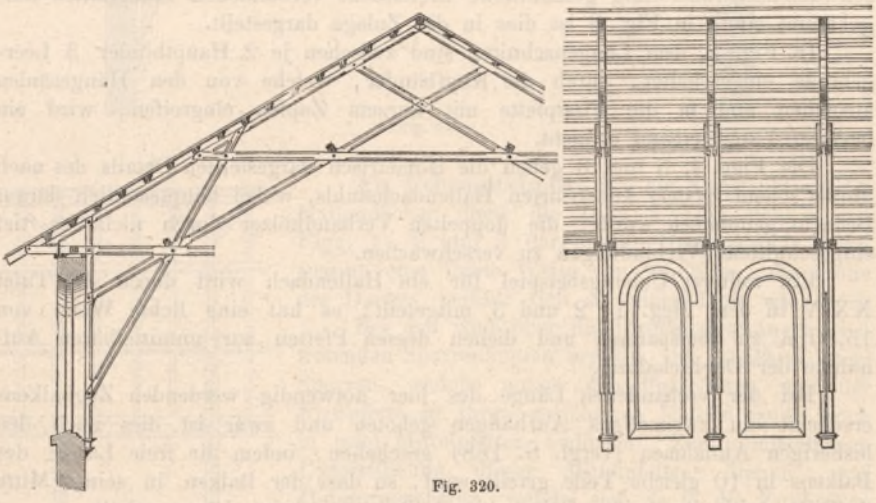


Fig. 320.

Das Dach ist ein Pfettendach im Sinne von Fig. 290 S. 208 und greifen die zur Unterstützung der Dachpfetten angeordneten Haupttragsparren, sich im Firste überblattend, mit ihrem Fussende in einen doppelten kurzen Stichbalken ein. Von den im Inneren der Umfassungsmauer angebrachten und auf Steinkonsolen stehenden Doppelpfosten gehen dann zwei Sprengstreben aus; die mit dem Haupttragsparren parallellaufenden sind einfach und überblatten sich in ihren Kreuzungspunkten, während die anderen steil gestellten Sprengstreben doppelt sind.

Auch die unmittelbar auf der Mauer, beziehungsweise auf den doppelt gelegten Mauerlatten aufgekämmten Stichbalken sind doppelt, und gilt dasselbe von den Kehlbalkenzangen, welche die Hauptsparren sowohl, als auch die beiden Sprengstreben, Dreiecke bildend, übergreifen.

Da die vielen Dachpfetten allein schon einen sehr energischen Längsverband herstellen, so sind im Innern nur noch vier Riegelhölzer der Länge nach (oberhalb der Kreuzung der Zangen und Sprengstreben) angebracht und daselbst genau angepasst und verschraubt.

Sämtliche Ueberblattungen sind mit Bolzen durchzogen.

Die innere Begrenzung dieser mit der grössten Präzision ausgeführten

Dachkonstruktion bildet 5 Seiten eines regelmässigen Zehnecks, so dass die Form nicht weniger als die sinnreichen Details sämtlicher Verbandstücke in hohem Grade befriedigen.

Immerhin aber möchte eine Dachkonstruktion, bei welcher die Haupttragsparren an ihren Fussenden nicht durch einen Zuganker verbunden sind, zu dem Bedenken Anlass geben, ob nicht durch das stete „Arbeiten“ des Holzes die Umfassungswände dennoch sehr stark in Anspruch genommen werden.

Auch G. A. Breymann teilt in dieser Beziehung mit, dass ein Modell, nach der Mollerschen Zeichnung angefertigt und auf bewegliche Unterlagen gestellt, einen merklichen Horizontalschub wahrnehmen liess, sobald man dasselbe belastete; eine sichtbare Verminderung trat jedoch ein, nachdem man im First in den Haupttragsparren eine eiserne Hängestange einbrachte und dieselbe in der Mitte des doppelten Spannkehlbalkens befestigte.

4. Kirchendächer.

Historisches. Der konstruktive Teil der Baukonstruktion wird als eine der hervorragendsten Erfahrungswissenschaften nur dann den ihr gebührenden Rang einnehmen, wenn man die ausgeführten Bauwerke der Vorzeit genau auch nach dieser Richtung hin zu erforschen sucht; nur hierdurch wird sich ein vollständiges Verständnis gewinnen lassen, und gelangt man dabei zu Vergleichen und dann zu Schlussfolgerungen, welche eine sichere Basis für die Ableitung brauchbarer Theorien abgeben.

Aus dem Steinbau besitzen wir viel tausendjährige Zeugen der früheren Technik und bewundern die Genialität, mit welcher von den ältesten Kulturvölkern die schwierigsten Probleme gelöst wurden; das viel mehr der Zerstörung ausgesetzte Holz jedoch hat uns aus der Zeit des Altertums nur wenig hinterlassen und wurde bereits in dem Kapitel über die geschichtliche Entwickelung des Holzbaues hierauf hingewiesen.

Bei Betrachtung der Kirchendächer, welche der christlichen Zeit ihre Entstehung verdankten, mögen hier noch einige kurze Ergänzungen Platz finden.

Bis zum XI. Jahrhunderte wurde in den waldreichen Gegenden Galliens, unter der Regierung der Merovinger und Karolinger die Zimmerkunst neben dem Steinbau schwungvoll betrieben, hatte man ja doch diese Kunst von den Römern ererbt; leider sind aus der auf hoher Stufe stehenden Holztechnik jener Zeit keine Beispiele unserer Zeit erhalten als einige wenige aus dem XIII. Jahrhunderte.

Bevor jedoch einzelne Beispiele in spezielle Betrachtung gezogen werden, erscheint es wünschenswert, über die Entwickelung der Dachstuhlkonstruktionen hier einige allgemeine Bemerkungen voran zu schicken.

Bei der grossen Fülle an vorhandenen starken Bauhölzern wurde die Festigkeit der Dachstühle mehr durch starke Massverhältnisse, als durch Konstruktionen, welche den speziellen Eigenschaften des Materials und der vorliegenden Aufgabe entsprochen hätten, gewonnen; nach Viollet le Duc sind derartige Beispiele noch vielfach aus der Zeit der anglo-normannischen Bauperiode nachzuweisen; ihre Festigkeit beruhte vorherrschend auf unverhältnismässig grossen Dimensionen, während in Frankreich die Zimmermannskunst vom XIII. Jahrhunderte an die Stärke der Holzverbindungen durch entsprechende Kombinationen zu ersetzen strebte.

Die Holzkonstruktionen wurden nach Massgabe des Steinbaues modifizirt,

der, von den römischen Traditionen abweichend, gleichfalls mit weit geringeren Massen operirte.

Abweichend von den Griechen und Römern, welche ihren Dachungen eine nur sehr geringe Höhe gaben, wurden im Abendlande, besonders gegen die Mitte des XII. Jahrhunderts, die Dachungen sehr steil konstruirt, ein Umstand, welcher eine von dem alten Basiliken-Dachstuhl sehr abweichende Konstruktion zur Folge haben musste, und während die Griechen und Römer vorzugsweise die harzreichen Cedern-, Lärchen-, Föhren- und Tannenhölzer zur Herstellung ihrer Dächer verarbeiteten, verwendete man in Frankreich und Deutschland das weniger elastische aber sehr harte Eichenholz.

Besonders waren es die nautisch-ausgebildeten Normannen, welche schon frühzeitig in der Zimmermannskunst so Vorzügliches geleistet hatten, und von welchen Norwegen und England noch eine grosse Anzahl von Werken besitzt; diese Werke — obwohl aus dem XIII. und XIV. Jahrhundert stammend, — sind als das Resultat der älteren normannischen Tradition zu betrachten und gilt das Gleiche von mehreren Dachkonstruktionen in der Normandie, z. B. in Caen, woselbst die Schiffe der Abtei (aux-hommes) und die der Dreifaltigkeitskirche (St. Trinité) ursprünglich mit von unten sichtbaren Dachkonstruktionen versehen waren.

Mit dem Beginne der gotischen Bauperiode, wo die von unten sichtbaren Dachkonstruktionen nahezu vollständig ausgeschlossen sind, haben sich namentlich in Deutschland ziemlich übereinstimmende Konstruktionsweisen herausgebildet, die in den beifolgenden lithographirten Tafeln IA und IIB im Massstabe wie 1 : 200 dargestellt sind und welche hier eine kurze Besprechung finden sollen.

In Fig. 1 erblicken wir eine der ältesten Dachkonstruktionen, die sich in Süddeutschland vorfindet; der Dachstuhl der Abteikirche zu Schwarzach besteht nach Dr. Geier*) in seinen ursprünglichen Teilen aus ziemlich schwachen eichenen Verbindungshölzern, während die in späterer Zeit erneuten Teile aus Tannenholz von kräftigen Dimensionen hergestellt sind. Wie in allen älteren Dachstühlen des XII. und XIII. Jahrhunderts besteht hier kein Unterschied in den einzelnen Dachbindern und sind dieselben alle in durchaus gleicher Weise konstruirt; auf die Bildung von unverschiebbaren Dreiecksformen ist eine ganz besondere Rücksicht genommen.

Wie bei den ältesten mittelalterlichen Dachstühlen sowohl die Dachrähme, als auch die Dachpfetten fehlen, so ist dies auch hier der Fall, indem die Sicherung der Gespärre nach der Länge einzig und allein nur durch sogenannte Windrispen und durch Verlattung zu Stande gebracht ist. Das senkrechte Verbindungsholz, welches, vom Dachfirst ausgehend, bis zur Mitte des Balkens herabreicht, ist mehr als Hängesäule, denn als senkrechter Tragständer zu betrachten, und reicht seine Befestigung mit den Sparren hinlänglich aus, um seiner Funktion vollkommen zu entsprechen.

Sämtliche Verbindungen bestehen — wie in allen älteren Dachkonstruktionen — nur aus Ueberblattungen mit Ausschluss aller anderen Verbindungen. Die Gespärre stehen 0,98 m im Lichten von einander entfernt; als Holzstärken sind gewählt: für die Balken 35/22 cm; Kehlbalken 20/10 cm; Sparren 24/14 cm; Hängesäulen 18/11 cm; Kopfbüge 11/10 cm; für die unteren Fussbänder 24/14 cm.

*) Statistische Uebersicht bemerkenswerter Holzverbindungen Mittel- und Süd-Deutschlands, gesammelt und herausgegeben von Dr. Fr. Xav. Geier, Mainz, II. Auflage 1859.

Fig. 2 stellt den Dachstuhl über der Dionysius-Kirche in Esslingen dar; dieses höchst interessante Bauwerk ist den Ausgängen der romanischen Zeit zuzuschreiben, nur der Chor gehört dem XIV. Jahrhunderte an; der Dachstuhl selbst besteht gleichfalls wie der vorher besprochene aus lauter gleich konstruirten Bindern.

Sämtliche Hauptkonstruktions-Hölzer legen sich um einen Halbkreis als Tangenten an, dessen Kreismittelpunkt nahezu in der unteren Balkenkante liegt und zeigt die ganze Konstruktions-Anordnung jene augenfällige Regelmässigkeit, welche an den in damaliger Zeit vorherrschendem Gebrauch des Zirkels erinnert. Auch in dieser Konstruktion spielt die Dreiecksform eine bedeutende Rolle.

Die Querschnitte der Balken haben 30/26 cm, der Kehlbalken 20/15 cm, der Sparren 20/18 cm, der Schwertbänder 18/15 cm; sämtliche Verbindungen mit Ausnahme der Schwertstreben bestehen aus Verblattungen; letztere sind mit den Sparren an ihrem oberen Ende verkämmt.

Fig. 3 zeigt gleichfalls noch die älteste Dachkonstruktions-Weise, obwohl dieses aus Eichenholz konstruirte Dachgerüst vom Refektorium in Bebenhausen der Endperiode des gotischen Stils zuzurechnen sein möchte.

Zur Unterstützung der Balken geht von den gut verstrebten Kehlbalken eine Hängesäule aus. Die relative Festigkeit der bei dieser Konstruktion in Anwendung gebrachten Eichenbalken hat sich jedoch so bedeutend erwiesen, dass sich sämtliche Balken genau wagerecht erhalten haben, trotzdem bei den meisten Gespärren die Hängesäulen abhanden gekommen sind, die Balken selbst aber 12,0 m freie Länge besitzen und nur $^1/_{18}$ ihrer Länge zur Höhe haben.

Die Balken haben 25/23 cm, Kehlbalken 20/17 cm, Sparren 18/17 cm und die angelegten Zangenhölzer 16/16, bezw. 13/12 cm.

Fig. 4. Beim Dachgespärre über dem Querschiffe der St. Stephans-Kirche in Mainz*) aus dem Ende des XIII. Jahrhunderts, und zwar in der Verlängerung der Axe des Mittelschiffes der Kirche, ist nur ein Gebinde, wie es die rechte Seite der Figur darstellt, vorhanden; in allen übrigen Gespärren des Querschiffes jedoch befindet sich nur ein unterer und ein oberer Kehlbalken, durch welche die ganze Dachhöhe in zwei gleiche Teile geteilt ist.

Am Fusse setzen sich die Sparren in kurze Stichbalken ein, während ein kurzes seitwärts angeblattetes Zangenholz mit dem Sparren und dem Stichbalken ein rechtwinkliges Dreieck bildet. In Entfernung zu Entfernung — jedoch ohne regelmässige Wiederholung — sind bei den Gespärren durchlaufende Ankerbalken angebracht, welche wie die Stichbalken auf einer Mauerlatte aufliegen. Die weitaus grössere Anzahl der Dachgebinde besitzen jedoch nur Stichbalken, wie dies die linke Seite der beigegebenen Figur darstellt.

Diese Konstruktion wird für die älteste sich erhalten habende Dachkonstruktion Deutschlands gehalten; die Balkenstärken betragen 50/23 cm; die Stichbalken 32/23; die Sparren am Fusse 30/15, am Firste 25/12 cm; die Kehlbalken 25/13 cm; die Zangenhölzer 23/13 cm.

Fig. 5. Der Dachstuhl über dem Mittelschiff des Münsters zu Freiburg, dessen ältester Teil noch der romanischen Bauperiode angehört, während sich später in dem Baue die erste Entwickelungsperiode des gotischen Stils geltend machte, zeigt ebenfalls noch lauter gleichkonstruirte

*) Die Stephans-Kirche in Mainz gehört in ihrem östlichen Teile dem XIII. Jahrhunderte an, der westliche Teil wurde 1317 begonnen.

Gebinde; in der Balkenlage liegen jedoch in Entfernungen von 2,9 oder 3,40 m durchlaufende Zugbalken, während die drei oder vier dazwischen liegenden Gebinde kurze Stichbalken mit Zangenhölzern haben, wie dies auf der rechten Seite unserer Figur dargestellt worden ist; diese Konstruktionsweise, wie sich solche in sehr vielen anderen gut erhaltenen Kirchendachstühlen der gleichen Zeit vorfindet, deutet den später sich geltend machenden Unterschied von Haupt- und Leergebinde wenigstens an.

Was die Spezialverbindung der einzelnen Verbindungshölzer anbetrifft, so besteht dieselbe zwar auch — und zwar ausschliesslich — aus blattartigen Ueberschneidungen, jedoch ist überall darauf bedacht genommen, eine zu grosse Verschwächung der Verbandhölzer zu vermeiden, indem man die Holzstärken soviel wie möglich zu schonen suchte.

Zu den Balken verwendete man Holz mit dem Querschnitte von 30/37 cm; die Kehlbalken messen 17/13 cm; die Sparren unten 20/17, oben 18/14 cm; die Schwertstreben 16/11 cm; die Zangen 18/15 cm.

Fig. 6. In der Moritz-Kirche zu Rottenburg tritt uns ein Dach-Konstruktionssystem entgegen, welches sich vorherrschend in der Mitte des XIV. Jahrhunderts herausbildete und in seiner weiteren Entwickelung das XV. Jahrhundert nahezu beherrschte.

Der Hauptunterschied bei diesem Konstruktionssystem liegt in der Einführung einer zweckmässigen Unterstützung der Kehlbalken, wodurch ein energischer Verband nach der Länge des Dachwerks gewonnen wurde, und sich zugleich eine Scheidung von Haupt- und Leergebinden ergab.

Das Grundschema aller mittelalterlichen Dachkonstruktionen: Flächenbildung mittelst Dreiecksabschlüssen blieb hierbei unverändert.

Die die unteren Kehlbalken unterstützenden Dachrähme *b b* sind durch stehende Stuhlsäulen unterstützt, welche sich zur besseren Verteilung des Druckes über das Gebälk auf die Schwellen *a a* aufsetzen. Sturmstreben und angeblattete Winkelbänder dienen zur besseren Verstrebung, beziehungsweise zur Erzielung einer erhöhten Tragfähigkeit der Dachrähme. Die in den Hauptgebinden vorhandenen Zangen *c c* reduziren die freie Balkenlänge in den Hauptgebinden und heben den Druck auf die Schwellen bei *a* teilweise auf.

Die Balken messen 32/23 cm; die Kehlbalken 20/18 cm; die Sparren 20/18 cm; die Stuhlsäulen 20/20 cm; die Zangen 19/19 cm.

Fig. 7. Der Dachstuhl der Gallus-Kirche in Ladenburg (Baden) aus dem XV. Jahrhundert zeigt ein vollständig ausgebildetes Kehlbalkendach mit stehendem Stuhl, in welchem durch lange Sturmstreben für eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen seitliche Verschiebung durch Stürme Sorge getragen wurde.

Dass das Gewölbe der Ladenburger Kirche unmittelbar vom Dachwerke mit belastet wurde, ist als seltene Ausnahme zu betrachten, indem sonst die Dachwerke mit den Kirchengewölben nicht in Verbindung stehen.

Die nachteiligen Folgen des hier angewendeten Konstruktions-Verfahrens hat denn auch später ein besonderes Hängewerk notwendig gemacht, welches neben dem Hauptbinder angebracht, und an welchem der Unterzug aufgehängt wurde.

Die auffällig breiten Sparren stehen mit ihren Fussenden auf Stichgebälken, die nur wenig über die innere Mauerwand vortreten; auch die hier angeordneten stehenden Stuhlsäulen sind durch Sturmstreben mit einander

verblattet, und verknüpfen zugleich durch schwalbenschwanzförmige Ueberschneidungen die Stichgebälke mit den Kehlgebälken.

Der Verband ist durchgängig mittelst Ueberblattung auf halbes Holz bewirkt und in seinen Kreuzungspunkten mit starken eichenen Nägeln versehen, welche hier schon mit jener Sorgfalt behandelt sind, wie man sie sonst erst später bei den älteren Holzkonstruktionen in Schwaben antrifft.

Die Balken haben einen Querschnitt von 30/22 cm; die unteren Kehlbalken 17/15, die oberen Kehlbalken 16/14 cm; die Stuhlsäulen 16/22 cm; die Dachrähme 18/16 cm; die Sturmstreben 16/12 cm; die Sparren 23/17 cm.

Fig. 8 stellt den sehr beachtenswerten Dachstuhl der St. Bartholomäus-Domkirche in Frankfurt a/M.*) dar, in seinem oberen Teile erinnert diese Konstruktion an das ältere System, nach welchem sämtliche Gebinde gleiche Form hatten; neu jedoch ist der hier vorhandene Längenverband und die Hängesäule, welche die Hauptbinderbalken in der Mitte in Schwebe hält. Zur Unterstützung der sehr langfreiliegenden Kehlbalken sind Rahmhölzer verwendet, welche von der Hängesäule durch Ueberschneidung aufgenommen sind.

Der untere Teil des Daches schliesst sich mehrfach an die im XIV. Jahrhundert üblich gewordene Konstruktion mit stehendem Stuhl an, obwohl die Stuhlsäulen (rechts und links von der Hängesäule angeordnet) die Kehlbalken sowohl, als auch die Sparren schwalbenschwanzförmig überblatten und mit ihren Fussenden von Schwellhölzern aufgenommen werden.

Die Hängesäule ist von zwei langen und starken Hängestreben in Schwebe gehalten, welche seitlich an den Hauptbinderbalken und an die Hängesäule angeblattet sind.

Auffällig ist bei den meisten mittelalterlichen Dachstühlen das Fehlen von eisernen Klammern, Bolzen und Hängeeisen, während man doch beim Steinbau einen so ausgiebigen Gebrauch vom Eisen machte; die Ursache hiervon mag in der richtigen Erkenntnis von der Selbständigkeit des Holzverbandes zu suchen sein! Immerhin war das Hängewerk dem Mittelalter nichts Neues, aber es wurde in der Art der altrömischen Hängewerke mit hölzernen Schliessen und Keilen hergestellt, und finden sich hierfür in den mittelalterlichen Holzkonstruktionen vielfache Beispiele.

Der Hauptbinderbalken des Dachstuhls vom Frankfurter Dom, zwar ziemlich stark, hat sich während nahezu 500 Jahren auf das vorzüglichste in seiner horizontalen Lage erhalten; die ganze Dachkonstruktion zeigt ferner als neues Element eine sehr sorgfältig angeordnete Längenverstrebung, welche durch verschiedene lange und sich kreuzende Schubstreben erzielt wird, aber den Eindruck der Ueberladung hervorruft. Immerhin ist die ganze Dachkonstruktion mit vielem Geschick erdacht und mit grosser Sorgfalt ausgeführt.

Die Balken sind 42/22 cm; die unteren Kehlbalken 22/14, die oberen 20/12 cm; die Sparren messen am Fussende 25/16, am First 21/14 cm; die Streben 17/15 cm; die verdoppelte Hängesäule 33/18 cm; die Dachrähme 24/15 cm; die stehenden Stuhlsäulen 17/17 cm.

Fig. 9. Die im Jahre 1406 begonnene, dann durch Hans Böblinger (1440—82) nahezu vollendete herrliche Frauenkirche, Esslingens Münster, ist als Hallenkirche in seinen drei Schiffen mit einem Dache überdeckt.

---

*) Der Dom zu Frankfurt a/M. wurde gleichzeitig mit dem Dom zu Köln 1248 zu bauen begonnen, der Grundstein für den Thurm wurde 1415 gelegt.

In dem unteren Teile des Daches (A) ist der stehende Stuhl mit Rahmholz und Kehlbalken vertreten, während der obere Teil in sämtlichen Gebinden mit zwei Kehlbalken-Anordnungen über einander horizontal abgeteilt und dann mit langen sich kreuzenden Schwertstreben zusammengehalten ist; hierdurch gewinnt diese ganze Partie mit ihrer vielfachen Dreiecksbildung den Charakter der ältesten Dachkonstruktionen.

Die stehenden Stuhlsäulen im unteren Teile des Daches stehen übrigens nicht in regelmässigen Entfernungen, sondern wiederholen sich in ungleichen Zwischenräumen, und sind an ihren Kopf- und Fussenden des besseren Querverbandes wegen mit angeblatteten Winkelbändern versehen.

Mehrere Spuren von Einschnitten bei verschiedenen Gespärren lassen vermuten, dass die Sparrenlängen im unteren Teile des Daches nach Fig. B (rechte Seite der Zeichnung) verstärkt waren, in welchem Falle das untere Kehlgebälk noch von dem oberen kräftig verspreizten aus durch das einpunktirte Zangenband mit getragen werden konnte.

Der Esslinger Münster-Dachstuhl ist ein wahres Muster von Einfachheit und möchte wohl keines der Konstruktionshölzer entbehrlich sein; durch die Verquickung des älteren und neueren Konstruktion Systems ist dieser Dachstuhl ganz besonders beachtenswert.

Die Holzstärken betragen bei den Balken 29/23 cm; Kehlbalken 22/21 cm; Sparren 21/21 cm; stehende Stuhlsäulen 26/26 cm; Dachrähme 24/24 cm; Streben und Zangen 16/14 cm.

Fig. 10. Der Dachstuhl der grossartigen dreischiffigen Hallenkirche in Schwäbisch-Gmünd (in den Jahren 1351—1410 von Heinr. Arter erbaut) zeichnet sich ganz besonders durch seine geniale durchaus verständige Lösung aus.

Auf die Hauptbinderbalken, welche durch die Langmauern des Mittelschiffes mit gestützt sind, stehen je zwei kräftige sehr hohe Stuhlsäulen und unterstützen unter Vermittelung eines Rahmholzes das erste an die Sparren schwalbenschwanzförmig angeblattete Kehlgebälk; durch ein weiteres Kehlgebälk, beziehungsweise durch Anordnung von Hahnenbalken erhielt der obere Teil des Daches unter Zuziehung sehr langer sich kreuzender Schwertstreben, Dachrähme und Schwellhölzer seine vollständige Widerstandsfähigkeit.

Bei den Hauptbindern gehen die eben erwähnten Schwertstreben — wie dies in A sichtbar ist — von den stehenden Stuhlsäulen aus, während dieselben in den Leergebinden auf ein kurzes Stichbalkenholz auslaufen, welches durch eine Gegenstrebe balanzirt und durch ein seitwärts angeblattetes wagrechtes Verbindungsstück weiters verknüpft wird.

Der untere Teil des ziemlich weit freiliegenden Sparrens ist gegen etwaiges „Einschlagen“ durch Streben- und Zangenhölzer vollkommen gesichert. Alle Konstruktionshölzer sind an den Stellen, wo sie sich überkreuzen, auf halbes Holz mit einander verschnitten und aufs kräftigste mit Eichenholznägeln verfestigt.

Die Längenverbindung ist ausser durch die Rahm-, Schwell- und einfachen Spannriegelhölzer noch durch Strebebänder erwirkt, welche die untersten Stuhlsäulenschwellen mit den Stuhlsäulen selbst durch Ueberblattung verbinden.

Die Entfernung der Hauptbinder beträgt im Lichten 4,60 m, zwischen denselben liegen je drei Leergebinde, welchen jedoch die Schwertstreben nicht fehlen.

Bei vorzüglicher Ausführung erhielten die einzelnen Verbandhölzer die folgenden Abmessungen: Balken 30/30 cm; der untere Kehlbalken 25/20,

der obere 22/20 cm; der Hahnenbalken 20/20 cm; die untere Stuhlsäule 30/30, die obere 25/25 cm; die Streben 25/21; die Sparren am Fussende 26/23, am Firste 24/19 cm.

Fig. 11. Wie in der Esslinger Frauenkirche eine Kombination der älteren mit der jüngeren Dachkonstruktion unter Anwendung des stehenden Stuhles Verwendung fand, so ist dies in ähnlicher Weise der Fall bei der Dachkonstruktion über dem Mittelschiffe des Ulmer Münsters, welcher 1377 gegründet wurde, während das Mittelschiff unter Math. Ensinger's Leitung eingewölbt worden war.

Wir haben es hier mit einem der ältesten und schönsten Beispiele, bei welchem der liegende Stuhl Anwendung fand, zu thun; hierbei wurden die Umfassungsmauern allein für die Stützpunkte ausgenützt.

Die liegende Dachstuhlkonstruktion tritt in Deutschland nicht vor dem XV. Jahrhundert auf und erhielt erst am Ende des XVI. Jahrhunderts diejenige Anordnung, welche in der späteren Zeit eine so charakteristische Rolle spielte.

Der untere Teil des Ulmer Münster-Dachstuhles ist von dem oberen Teile durch ein Kehlgebälk getrennt, welches durch Dachrähme und in den Hauptgebinden durch liegende Stuhlsäulen getragen wird. Zum Verspannen der liegenden Stuhlsäulen dienen die unmittelbar unter den Kehlbalken liegenden Spannriegel. Diese doppelt über einander liegenden Verbandhölzer wurden in den meisten Fällen durch angeblattete Winkelbänder mit einander fest verknüpft und geschah dasselbe bei den Sparren und der unmittelbar darunter liegenden, nach oben hin stark verstärkten liegenden Stuhlsäulen.

Der obere Teil des Dachstuhles ist in jedem Gebinde durch sich kreuzende Schwertstreben in unverschiebbare Dreiecksformen zerlegt.

Der vorzüglich ausgeführte Dachstuhl zeigt die in Schwaben so charakteristischen eichenen Nägel, deren Köpfe reich geschnitzt sind.

Die Holzstärken sind für die Balken 35/30 cm bei 0,60 m Zwischenweiten; Kehlbalken 21/18 cm; Sparren 21/18 cm; Streben 19/18 cm; liegende Stuhlsäule oben 40/25, unten 30/25 cm; Spannriegel 25/23 cm; Winkelstreben 18/18 cm.

Fig. 12. Der hier dargestellte Dachstuhl über dem Chore der Marienkirche in Hanau ist zwar sehr alt, reicht aber über das XV. Jahrhundert nicht hinaus, und zeigt dabei den eingentümlichen Charakter der ältesten liegenden Dachstuhlkonstruktionen in sehr ausgeprägter Weise.

Nur die Balken der Hauptgebinde sind durchlaufend, die leeren Sparren haben Stichbalken, welche nur etwa 30 cm über die innere Kante der Hauptmauer vortreten.

Das im Dachstuhle vorhandene Hängewerk mit seinen doppelten Hängesäulen gestattet es, sämtliche Kehlbalken der Leergebinde durch Rahmstücke zu unterstützen und wird hierdurch zugleich ein Längenverband gewonnen, welcher — unter Beiziehung von den sich kreuzenden Strebebändern — der ganzen Konstruktion einen äusserst soliden Charakter verleiht. Die vielfach sich kreuzenden Konstruktionshölzer sind sämtlich auf die halbe Holzstärke mit einander verblattet; zu den liegenden Stuhlsäulen, Spannriegeln und Winkelstreben ist Eichenholz, im übrigen aber Fichtenholz verwendet. Das Holzwerk, durchgängig ziemlich leicht gehalten, hat folgende Abmessungen: Balken 28/24 cm; Kehlbalken 18/14 cm; liegende Stuhlsäulen 24/14 cm; Hängestreben 17/12 cm; doppelte Hängesäule 31/14 cm; Sparren 15/12 cm.

Mit der zweiten Hälfte des XV. Jahrhunderts trat in Deutschland die

Form der Hallenkirchen überall in den Vordergrund, wobei grösstenteils alle drei Schiffe auf gleiche oder nahezu gleiche Höhe eingewölbt wurden; selbst bei nicht unbedeutenden Abweichungen in den Höhen erhielten solche Kirchen ein enorm grosses Dachwerk und ergaben sich dabei Gebälkanlagen, welche Balken von oft mehr als 30,0 m Länge erforderten, oder deren Hauptbalken unterbrochen wurden, wobei dann die Mauern des Mittelschiffs bis unter das erste Kehlgebälk hinauf reichten, wie dies in

Fig. 13, bei der St. Kilians-Kirche in Heilbronn der Fall ist, eine Kirche, die zwar in ihren Anfängen der früh gotischen Bauperiode angehört, später jedoch als Hallenkirche umgebaut wurde.

In dem unteren Teile der Dachung mit nicht durchlaufendem Gebälke, war man auf die Verwendung des liegenden Dachstuhls schon dadurch hingewiesen, weil hier kein anderer Stützpunkt als die Hauptumfassungsmauer vorhanden war; der aber hierdurch sich ergebende sehr bedeutende Horizontalschub ist sehr glücklich aufgehoben durch die angeblatteten Zangenhölzer, welche von einem an der Mittelmauer stehenden Pfosten ausgehen und dann die Kehlbalken, Spannriegel und Sparren durch Ueberblattung verknüpfen.

Sehr verständnisvoll sind die bis unter das erste Kehlgebälk aufgeführten Mittelmauern mit in die Dachkonstruktion hineingezogen, indem dieselben die gesicherten Stützpunkte für die stehenden Stuhlsäulen, die Hauptkonstruktions-Hölzer des mächtigen Dachwerks abgeben, welches in seinem oberen Teile noch dreimal durch Kehlgebälke durchzogen ist.

Die spezielle Anordnung der liegenden Stuhlsäulen, des Hängewerks, die allseitigen Verstrebungen nach der Quere und Länge zeugen von einem sehr umsichtigen Konstrukteur, welcher die ihm gestellte Aufgabe mit klarstem Verständnis zu lösen wusste.

Sämtliche Verbandhölzer sind mit Schwalbenschwanzblättern auf halbes Holz überschnitten und mit eichenen starken Nägeln zusammengehalten; die Ausführung ist eine durchaus musterhafte.

Die einzelnen Konstruktionshölzer haben folgende Abmessungen: die Balken 28/20 cm; Kehlbalken 20/18 cm; Stuhlsäulen 37/19 cm; doppelte Hängesäulen 42/18 cm; Sparren 20/17 cm.

Fig. 14. In dem Dachwerke der Stuttgarter Stiftskirche (aus der gotischen Spätzeit in den Jahren 1436 bis 1490 erbaut) ist in sehr auffälliger Weise nur der liegende Stuhl in der älteren Konstruktionsweise, unter Anwendung von Spannriegeln und den sehr wirksam angeblatteten Winkelstreben zur Ausführung gekommen. Die Zuziehung des stehenden Stuhles ist unterblieben, obwohl die Mittelschiffmauer mit ihren natürlichen Stützpunkten darauf hätte hinführen sollen; wenn auch dem ersten Kehlgebälke in passend wirksamer Weise hier eine Unterstützung gegeben wurde, so sind doch die vorhandenen, für die vorliegende Aufgabe so wichtigen Stützpunkte für den oberen Teil des Daches ohne alle Verwertung geblieben.

Auch die zweifachen mehrfach unterstützten Aufschieblinge am Dachfusse, die doch nur an das Hauptdach angeflickt erscheinen, verleihen der ganzen Konstruktion einen durchaus zweifelhaften Wert.

Uebrigens ist die Ausführung der Arbeit eine sehr sorgfältige und sind alle Verbandstellen mit eichenen Nägeln versehen, welche, so weit sie in das Holzwerk eindringen, vierkantig gearbeitet sind, dann aber mit einem Uebergang zur Cylinderform noch etwa 12 cm vor dem Holzwerk beiderseits vorstehen; eine solche sorgfältige Bearbeitung der Holznägel und ihre vielfache

Verwendung war — wie schon erwähnt — für den schwäbischen Holzbau des XV. Jahrhunderts äusserst charakteristisch.

Die Holzstärken bei dem Stuttgarter Stiftskirchen-Dachstuhl sind: für die Balken 20/21 cm; für die unteren Kehlbalken 24/19, für die oberen 18/18 cm; für die Stuhlsäulen 40/30 cm; für die Winkelstreben 42/21 cm; für die Hängesäulen 32/14 cm; für die Sparren 16/19 cm.

Fig. 15. Höchst originell vom Meister Heinrich aus Straubing konstruirt ist der Dachstuhl der Liebfrauen-Kirche in München, welche in den Jahren 1468—1488 von Jörg Ganghofer erbaut wurde.

Dieser Dachstuhl über einer der grössten Hallenkirchen misst in lichter Weite zwischen den inneren Kanten seiner Umfassungsmauern 29,40 m, hat 25,50 m lange Dachsparren und erhebt sich über 3 Gebälken, von welchen das mittlere über dem Mittelschiff eine äusserst wirksame Unterstützung durch die Mittelmauern erhalten hat. Die Konstruktion des Daches beruht einzig und allein auf dem System des Kehlbalkendachs mit stehendem Stuhl, und spricht sich in hervorragender Weise der Unterschied zwischen den Haupt- und den Leergebinden aus.

Als hauptsächlichstes Konstruktions-Moment erscheinen die dreifach stehenden Stuhlsäulen, welche, mit ihren Fussenden auf 3 Langschwellen stehend, oben am Kopfende jene 3 Dachrähme tragen, über welche dann ein vollständiges Kehlgebälk mit Dachbodenbelag aufgebracht ist. Diese 11,70 m hohen Stuhlsäulen sind unter sich durch die sorgfältigste Verspannung mittelst Spannriegeln, Schwertstreben, Andreaskreuzen und Kopfbändern so ausreichend verknüpft, dass sie nicht nur das obere Kehlgebälk zur Aufnahme eines weiteren doppelt stehenden Stuhles vollständig sicher unterstützen, sondern auch fest genug sind, um seitwärts jene nur in den Hauptgebinden angebrachten Kehlbalkenstiche aufzunehmen, die von den 6,20 m hohen stehenden Stuhlsäulen unter Zuziehung von Schwellen und Rähmen getragen werden, und haben wir es nunmehr mit 5 Stuhlsäulen zu thun. Um jedoch für die untere Partie der Sparren weitere wünschenswerte Stützpunkte zu gewinnen, wurden noch zwei andere 2,30 m hohe Stuhlsäulen ebenfalls mit Schwell- und Rahmhölzern versehen angebracht, um jene Kehlbalkenstiche in den Hauptgebinden zu unterstützen, welche mit ihren inneren Enden je in die fünfte Stuhlsäule eingezapft sind.

Wie die drei mittleren langen Stuhlsäulen allseitig in ihrer Stellung, der Länge und der Quere nach, verstrebt und verspannt sind, so ist dasselbe der Fall mit den kürzeren und kürzesten der stehenden Stiele, so dass die Hauptbinder im unteren Teile des Daches als durchaus unverschiebbar zu betrachten sind.

Oberhalb des Hauptkehlgebälkes, in dem oberen Teile des Daches mit seinem darüber angebrachten Kehlgebälk, und Bodenraum mit doppelt stehendem Stuhl, ist zur Versteifung der Sparren nahe dem Firste noch in jedem Gebinde ein Hahnenbalken eingezogen; ausserdem befinden sich auch hier rechts und links von den doppelt stehenden 4,0 m hohen Stuhlsäulen, kürzere 1,60 m hohe Stiele, welche in den Hauptgebinden unter Anwendung von Schwell- und Rahmhölzern Stichkehlbalken in derselben Weise unterstützen, wie dies im unteren Teile des Daches mehrfach geschehen ist.

Gegen eine allenfallsige seitliche Verschiebung durch Stürme sind auch in dem oberen Teile des Daches, in jedem Hauptgebinde zwei kräftige Sturmstreben mit parallelen Lagen gegen die Sparren, und alle sich kreuzenden Verbindungshölzer überblattend angeordnet; ferner sind den sämtlichen Stuhl-

säulen Fuss-Winkelbänder beigegeben, um ihnen einen durchaus sichern Stand zu verleihen.

Höchst eigentümlich und wohl bei keiner anderen Dachkonstruktion vorkommend, ist nun die Art und Weise, wie sämtliche Dachrähme, welche kein volles Kehlgebälk tragen, in den Leergebinden die Sparren unterstützen. Es geschieht dies nicht direkt, wie bei den Pfettendächern, sondern indirekt durch ganz kurze sich im rechten Winkel etwas übergreifende und mit einander verblattete Verbandhölzer, welche mit den Sparren dann ein kleines rechtwinkliges Dreieck bilden; von den Dachrähmen äusserst wirksam unterstützt, verhindert diese Konstruktion ein Verrücken beziehungsweise ein Drehen der so wichtigen Dachrähme, welche mit dem horizontal liegenden kurzen Riegel verkämmt sind.

Diese eigentümliche Art, die Sparren in den Leergebinden zu unterstützen, möchte als ein Vorläufer für die Pfettendachkonstruktion zu betrachten sein, die bekanntlich im Mittelalter vielfache Anwendung fand.

Endlich ist zur Erläuterung des Münchener Kirchendachstuhles noch zu erwähnen, dass nahezu in seiner mittleren Höhe der Länge nach zwei 2,70 m breite Laufgalerien (wahrscheinlich nachträglich) auf kurzen 1,0 m hohen Stielen und den dazu gehörenden Rahm- und Schwellhölzern hergestellt sind, um auch von hier aus, wie von den durchgehenden Dachböden, allenfallsige Reparaturen vornehmen zu können; ein eigener Brüstungsriegel, in den dort vorhandenen Hauptstuhlsäulen eingezapft, schützt den Begeher der Galerie vor dem Herabstürzen.

Die praktische Ausführung des vollständig intakt gehaltenen Riesendachstuhles ist eine ganz vorzügliche, auch die Mannigfaltigkeit der Spezial-Verbindungen lässt sich hier, anderen älteren Dachkonstruktionen gegenüber, konstatiren; vielfache Zapfenverbindungen, Verkämmungen und Versatzungen und besonders Nagelungen aus Eichenholz mit dekorirt geschnittenen Köpfen lassen überall die geschickte Hand des Zünftlers erkennen.

Die vorkommenden Masse der einzelnen Verbandhölzer sind:

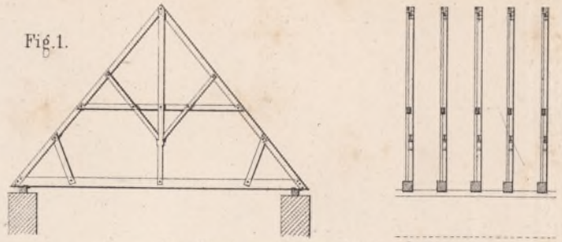
für die	Mauerlatten aus Eichenholz . . .	22/22 cm
„ „	Balken über dem Mittelschiff . . .	40/30 „
„ „	„ „ den Seitenschiffen . .	30/26 „
„ das	I. Kehlgebälk	30/28 „
„ „	II. „	22/16 „
„ die	Hahnenbalken	14/13 „
„ „	Kehlbalkenstiche	25/19 „
„ „	unteren Stuhlschwellen	27/22 „
„ „	oberen „	25/18 „
„ „	Rahmhölzer 1 und 2	22/20 „
„ das	3. Rahmholz	32/22 „
„ „	4. und 5. Rahmholz	25/20 „
„ die	drei Hauptstuhlsäulen	34/27 „
„ „	Stuhlsäulen über den Seitenschiffen .	28/22 „
„ „	oberen Stuhlsäulen	25/20 „
„ „	Sturmstreben im Mittelschiff . . .	28/21 und 22/15 cm
„ „	„ in den Seitenschiffen .	21/14—22/17 cm
„ „	obere Sturmstrebe	20/14 cm
„ „	Sparren	23/28 „

Wir können die Besprechung über die älteren Dachkonstruktionen, wie sie sich in vielen Kirchen erhalten haben, nicht zum Abschluss bringen, ohne auf das reiche Material hinzuweisen, welches Viollet le Duc in seinem

Dachkonstruktionen des Mittelalters.

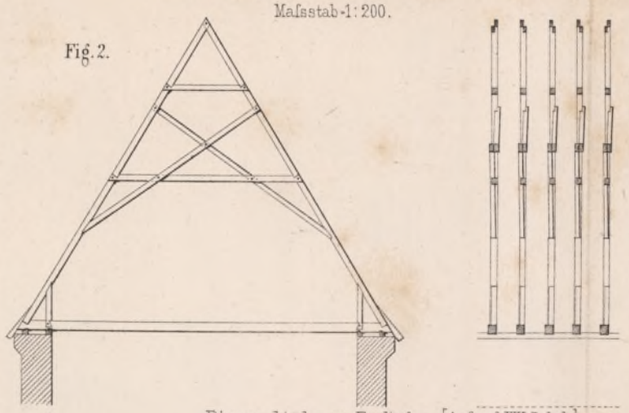
Maßstab 1:200.

Fig. 1.



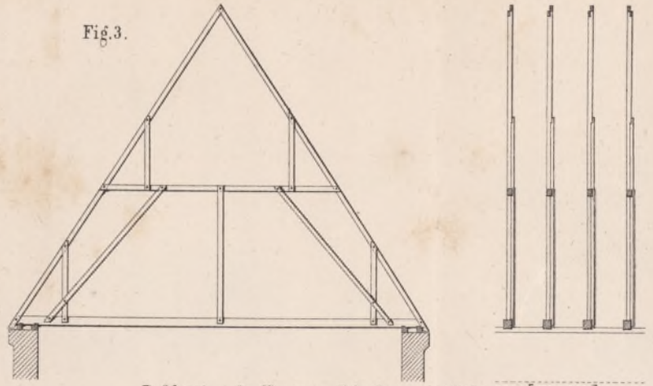
Abteikirche zu Schwarzbach. [XIII. Jahrh.]

Fig. 2.



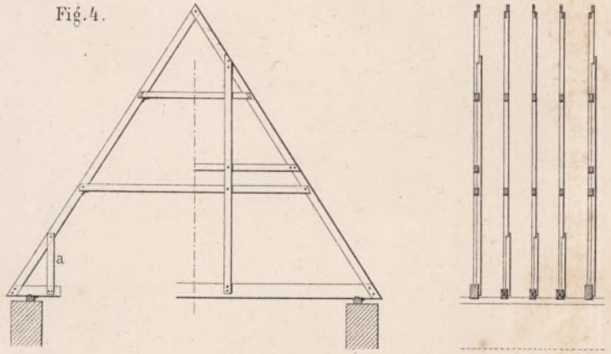
Dionysuskirche zu Esslingen. [Anfang XIV. Jahrh.]

Fig. 3.



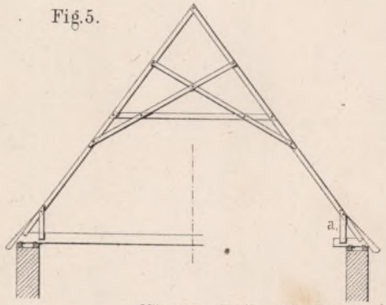
Refektorium des Klosters zu Bebenhausen bei Tübingen. [XIV. Jahrh.]

Fig. 4.



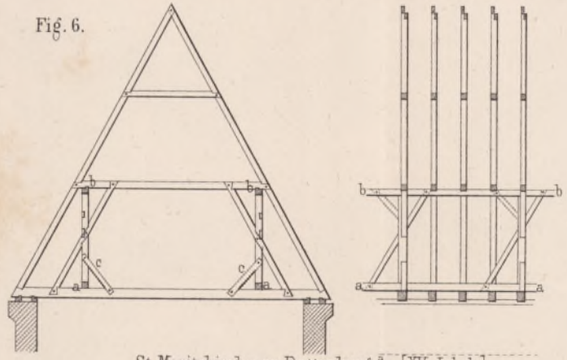
St. Stephan zu Mainz. [Ende XIII. Jahrh.]

Fig. 5.



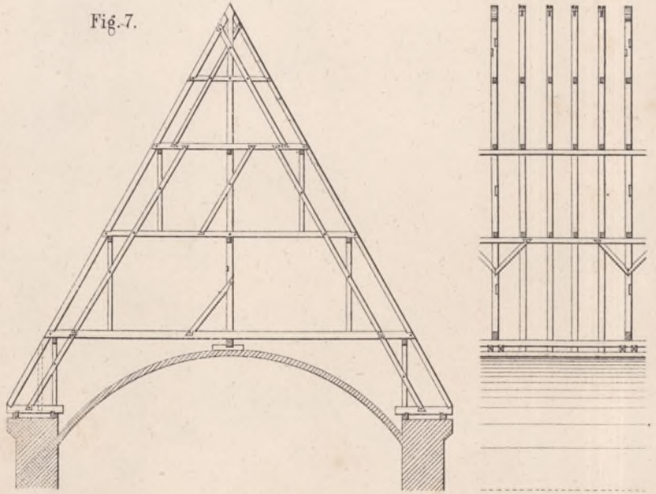
Münster zu Freiburg (im Breisgau.) [IIte Hälfte XIII. Jahrh.]

Fig. 6.



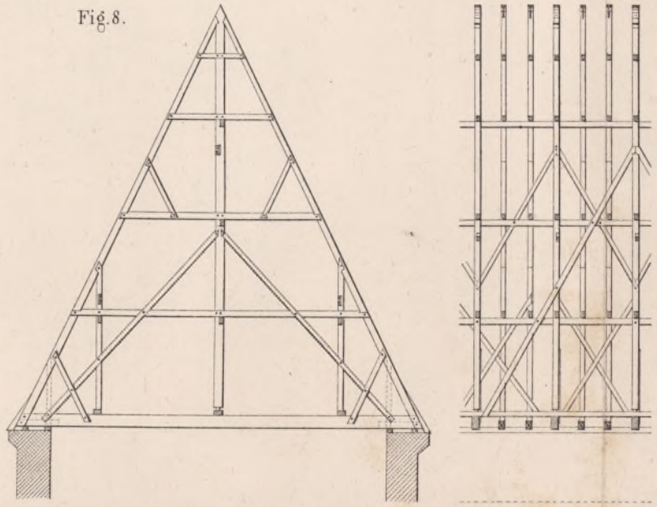
St. Moritzkirche zu Rottenburg a. N. [XV. Jahrh.]

Fig. 7.



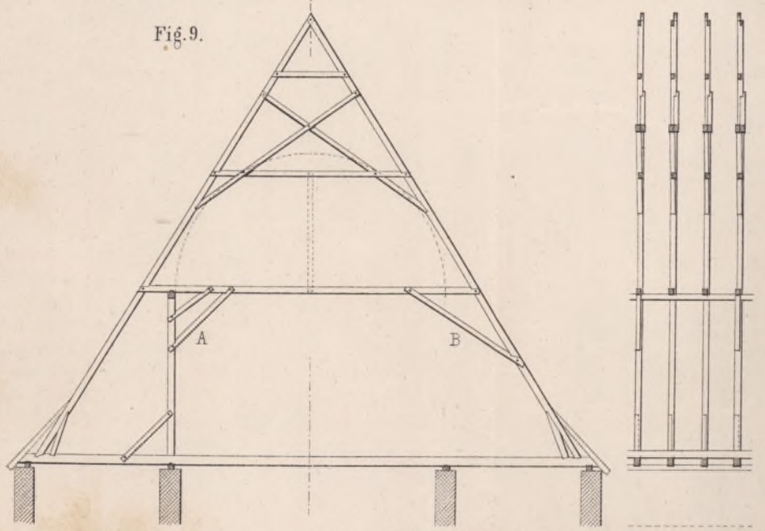
St. Galluskirche zu Ladenburg. [Anfang XV. Jahrh.]

Fig. 8.

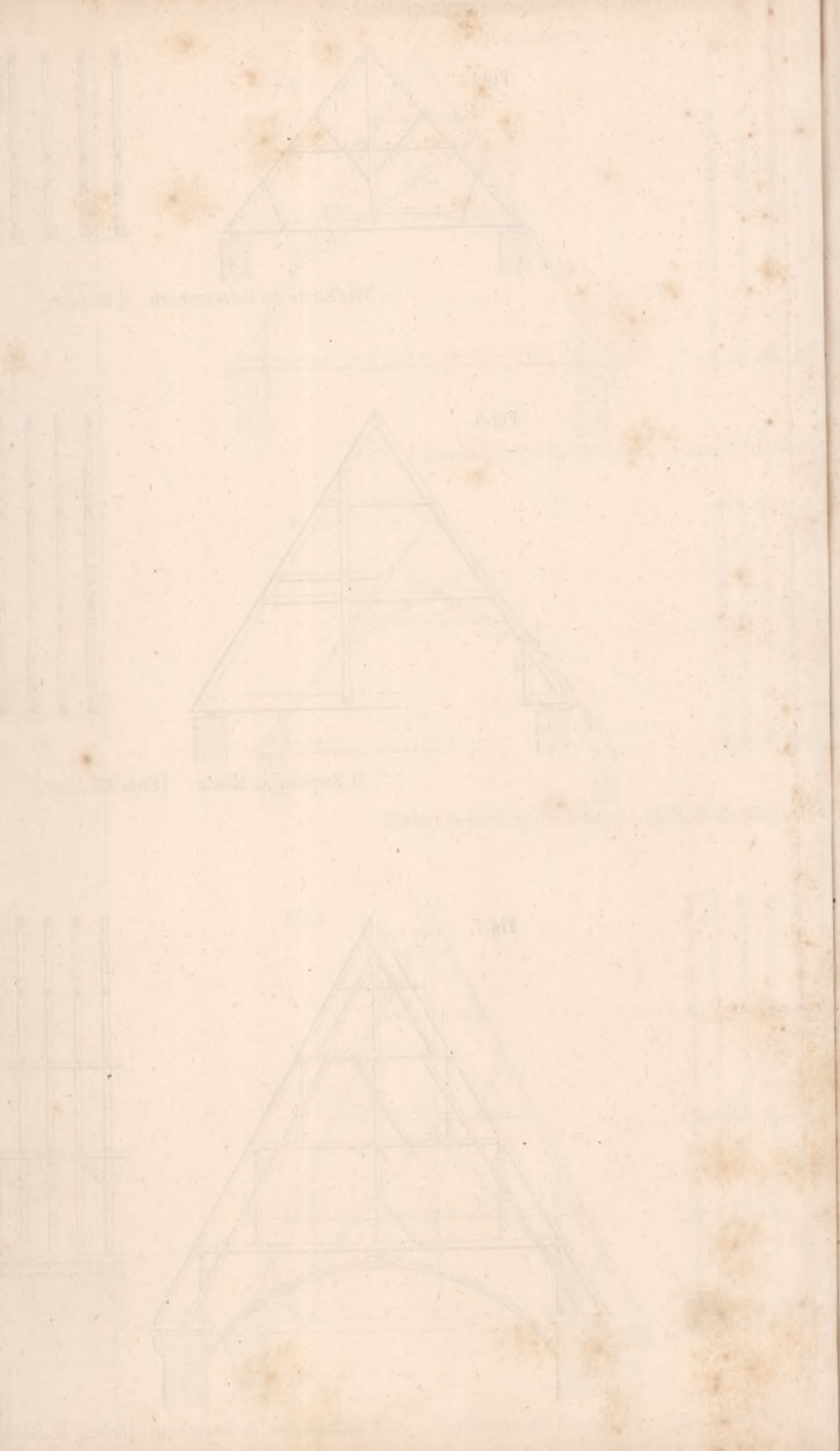


Domkirche zu Frankfurt a. M. [XIV. Jahrh.]

Fig. 9.

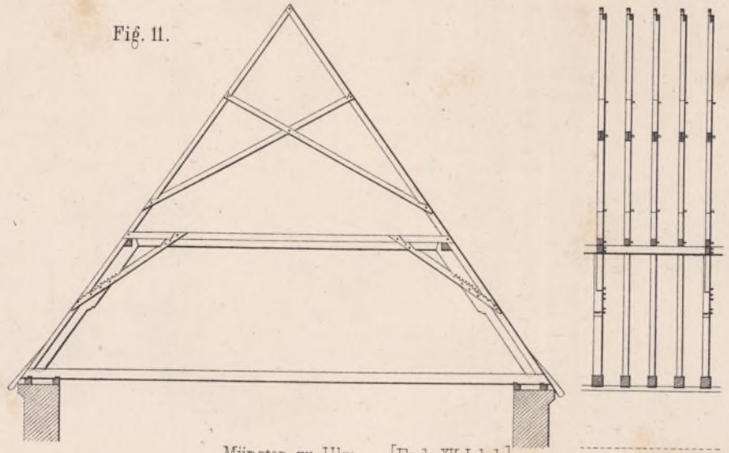


Münster zu Esslingen. [Ende XV. Jahrh.]



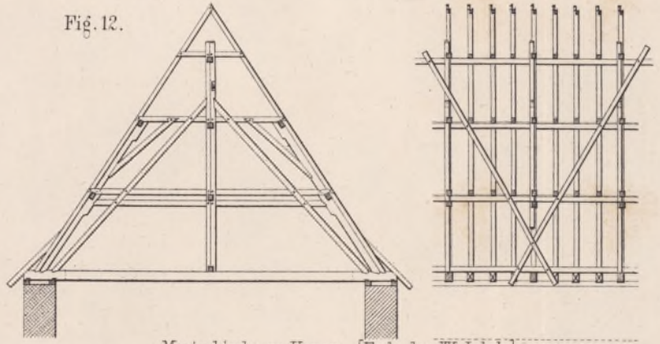
Dachkonstruktionen des Mittelaers. Maßstab 1:200.

Fig. 11.



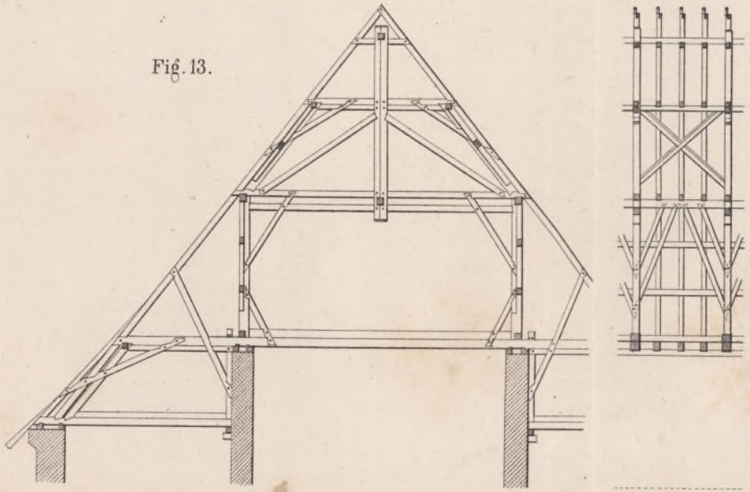
Münster zu Ulm. [Ende XV. Jahrh.]

Fig. 12.



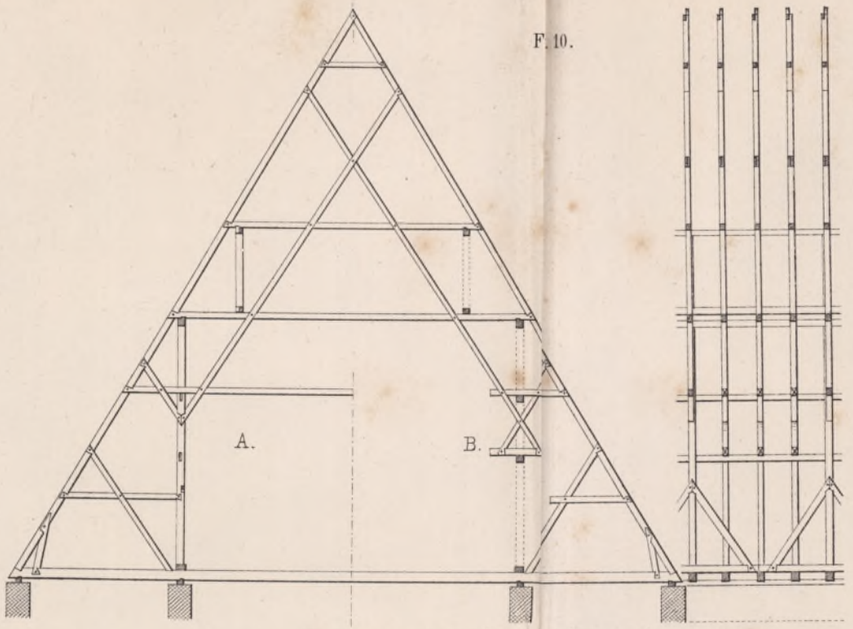
Marienkirche zu Hanau. [Ende des XV. Jahrh.]

Fig. 13.



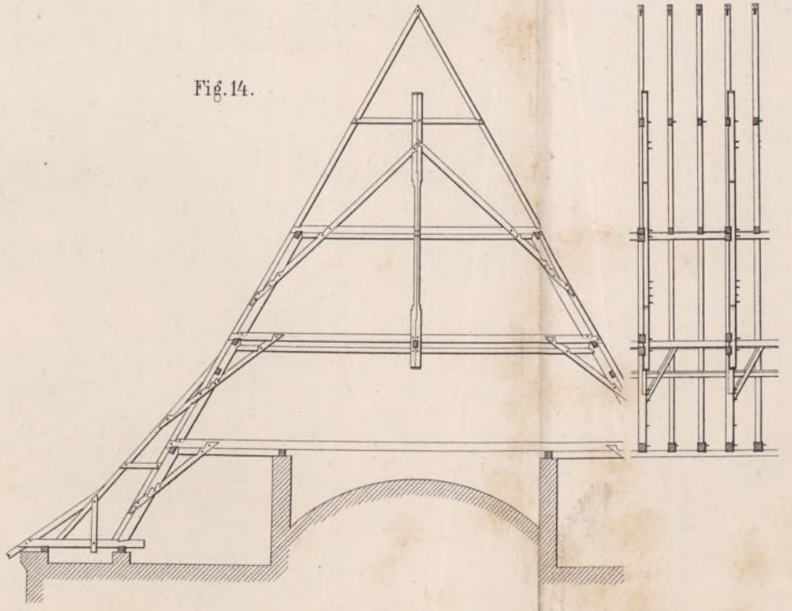
St. Kilianskirche zu Heilbronn. [Ende XV. Jahrh.]

F. 10.

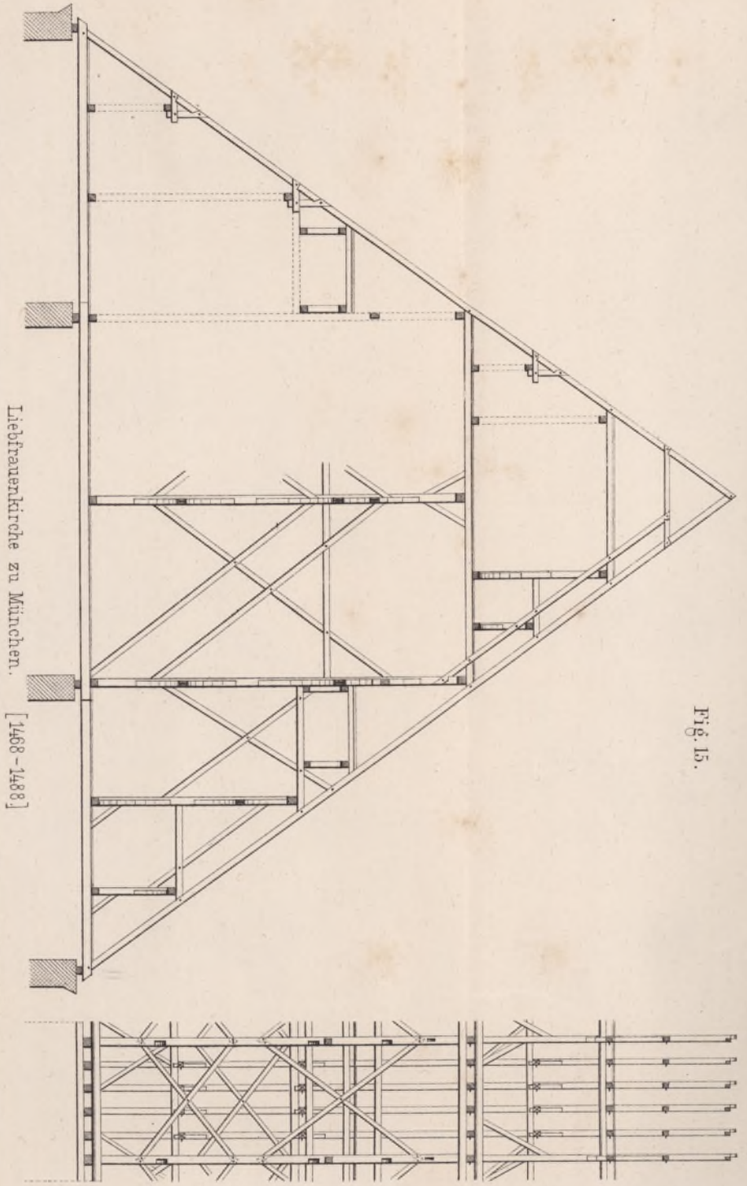


Domkirche zu Gmünd. (Schwäb). [XV. Jahrh.]

Fig. 14.

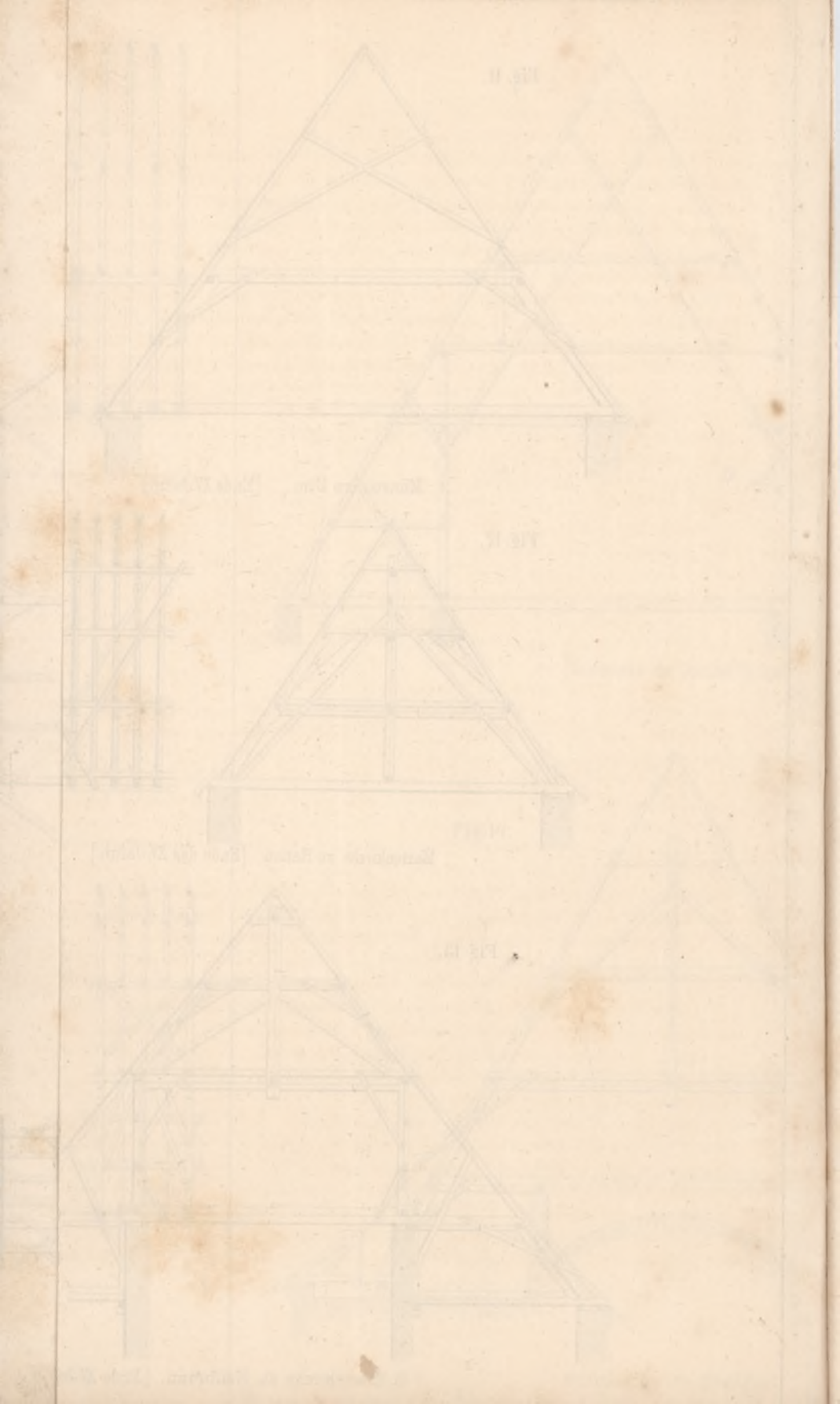


Stiftskirche zu Stuttgart. [Ende XV. Jahrh.]



Liebfrauenkirche zu München. [1468–1488.]

Fig. 15.



Dictionnaire raisonné und speziell im Artikel Charpentier in bezug auf die ältesten Kirchendachstühle in Frankreich aufgenommen hat, und aus welchem sich folgern lässt, dass die erhaltenen Dachstühle der Kathedralen von Reims und Amiens, aus dem Beginn des XVI. Jahrhunderts stammend, den Höhepunkt der Zimmerkunst im Mittelalter bezeichnen. Charakteristisch ist bei den meisten dieser Konstruktionen die Verwendung von Dachpfetten, welche sich schon bei dem Dachstuhl der Kirche St. Quen in Rouen aus dem XIV. Jahrhundert nachweisen lassen.

Dass diese Konstruktionsweise auch in Deutschland zur Ausführung kam, beweist der Dachstuhl der Schlosskirche zu Meisenheim, nach Moller dem XIV. Jahrhundert angehörend; diese Konstruktion, in Fig. 195 S. 144 dargestellt, zeigt, wie dies der Längenschnitt deutlich ersehen lässt, dass sämtliche Sparren direkt von den Pfetten getragen werden und dass die in den Hauptgebinden vorhandenen Kehlbalken keineswegs die Funktion eines Gebälkes zu übernehmen haben, sondern nur dazu da sind, um in den Hauptgebinden eine energische Querverbindung zu gewinnen.

Es erscheint nahezu unbegreiflich, wie unter den vorhandenen Umständen nach der Verdrängung der gotischen Baukunst der sogenannte liegende Stuhl 3 Jahrhunderte hindurch fast einzig und allein das Feld behaupten konnte; eine Erklärung dafür lässt sich nur darin finden, dass mit der neuen Geschmacksrichtung in der Baukunst eine sehr eingreifende Veränderung in der praktischen Ausführung der Bauwerke sich geltend machte.

Die früheren Meister arbeiteten nach ihren eigenen Plänen, sie waren Architekten und Werkmeister in einer Person. Später als die sogenannte italienische Bauart Mode wurde, trennte sich der Stand der Baumeister von dem der Handwerker; die ersteren wurden vornehmer und gelehrter, verloren aber dabei an praktischer Geschicklichkeit und suchten ihre Kunst in der Anwendung der Säulenordnungen; die Werkmeister dagegen verloren an Intelligenz und sanken oft zum gedankenlosen Schlendrian herab.

Erst im vorigen Jahrhundert wurde dem konstruktiven Teile der Baukunst, hin und wieder durch hervorragende Militär- und Wasserbaumeister, die verdiente wissenschaftliche Behandlung zu teil, unsere neuere Zeit ist bemüht, die Resultate der praktischen Baukonstruktion, durch die Kontrolle wissenschaftlicher Forschungen, zu klarem Verständnis zu bringen, nur hierdurch wird es möglich werden, Werke auszuführen, welche in Hinsicht auf die Verbindungen von Leichtigkeit mit Festigkeit alles bisher Dagewesene übertreffen.

Wenden wir uns von diesem Rückblick zu der Besprechung der

neueren Kirchendächer.

Lässt sich auch bei den hier, zur gemeinsamen Besprechung zusammengefassten Dächern eine prinzipiell gleiche Konstruktionsweise nicht nachweisen, so haben dieselben in der Regel doch das Gemeinsame, dass ihre Dachbodenräume wohl nur äusserst selten in dem Sinne benutzt werden, wie dies bei anderen Gebäuden der Fall ist.

Bei dem in konstruktiver Hinsicht äusserst elastischen Begriffe „Kirchendach“ haben sich zwar die heterogensten Kombinationen herausgebildet, im allgemeinen aber möchte es gestattet sein, zwei Hauptgruppen zu unterscheiden und zwar:

1. Kirchendächer, welche den vom Dache abgeschlossenen, häufig eingewölbten Kirchenraum überdecken;
2. Kirchendächer, bei welchen die aus Holz hergestellte

von unten sichtbare Decke des Kirchenraums mit der Dachkonstruktion in unmittelbarem Zusammenhange steht.

Zu der ersten Gruppe ist beispielsweise der in sehr bescheidenen Massen ausgeführte und in Fig. 321 dargestellte Dachstuhl der Weissgärber Kirche bei Wien zu rechnen; die freie Länge des Binderbalkens misst beiläufig 8,0 m, während die Höhe des Dachfirstes — des gotischen Baustiles wegen — etwas mehr als die ganze Tiefe des Gebäudes beträgt.

Der Binderbalken dient zugleich als Zugbalken zur Verankerung der sich gegenüberliegenden Umfassungsmauern. Die sehr steil gestellten 11,0 m langen Sparren sind ausser durch Fuss- und Firstpfette noch durch je eine Mittelpfette sicher untersützt und übernehmen die nach Art der Pfettendächer hier angeordneten Haupttragsparren zugleich die Funktion, die zum Tragen der Binderbalken notwendige Hängesäule in Schwebe zu halten.

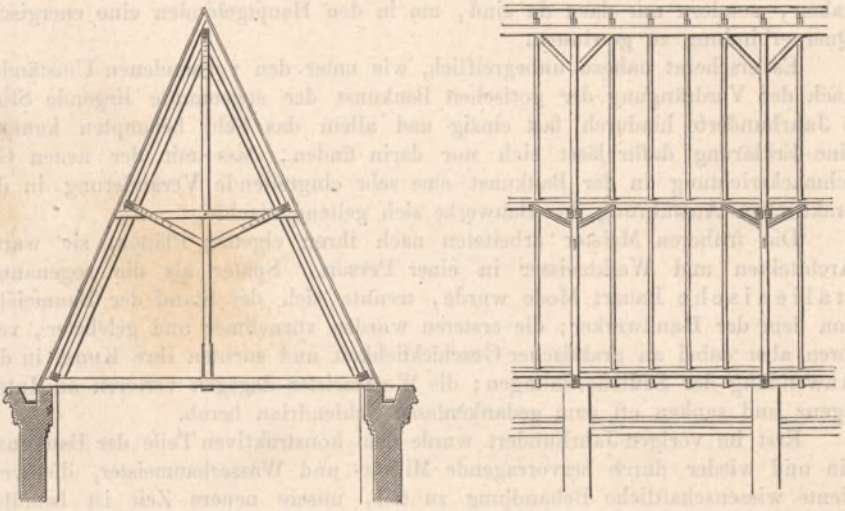


Fig. 321.

Die Hängesäule, welche mit kurzem Zapfen die Firstpfette auf sich aufnimmt, wird nahezu in der halben Dachhöhe von einem doppelten Zangenkehlbalken umfasst und ist das Gleiche bei den Tragsparren sowohl, als auch bei den Dachsparren der Hauptbinder der Fall.

Eine weitere Verstärkung erhält die Verbindung durch zwei kurze Strebebänder, die unterhalb des doppelten Kehlbalkens in die Hängesäule eingezapft sind, dann durch den doppelten Kehlbalken hindurchgreifen und den Haupttragsparren gerade da stützen, wo die Mittelpfette ihn belastet.

Die Sparren sind an allen Verbindungsstellen mit den Pfetten durch die in Oesterreich üblichen gedrehten Dachstuhlklammern befestigt, während die Hängestreben mit den Hängesäulen einfach verklammert, und die Hängesäulen mit den Binderbalken durch herumgelegte Bandeisen verbolzt sind.

Den Längsverband vermitteln Kopfbänder, welche, einerseits von den Hängesäulen, andererseits von den Strebebändern ausgehend, beziehungsweise die First- und die Mittelpfette verstreben, wodurch es auch möglich wurde, zwischen je zwei Hauptgebinde vier Leergebinde einzuschalten, so dass die ersteren in Entfernungen von 5,00 m sich wiederholen.

Die Dachkonstruktion der Weissgärber-Kirche hat sich in ihrer grossen Einfachheit und Zweckmässigkeit so vorzüglich bewährt, dass sie mehrfach bei neueren Kirchenbauten Anwendung fand, und mögen deshalb auch die sehr zweckentsprechenden Masse der einzelnen Konstruktionshölzer hier Platz finden:

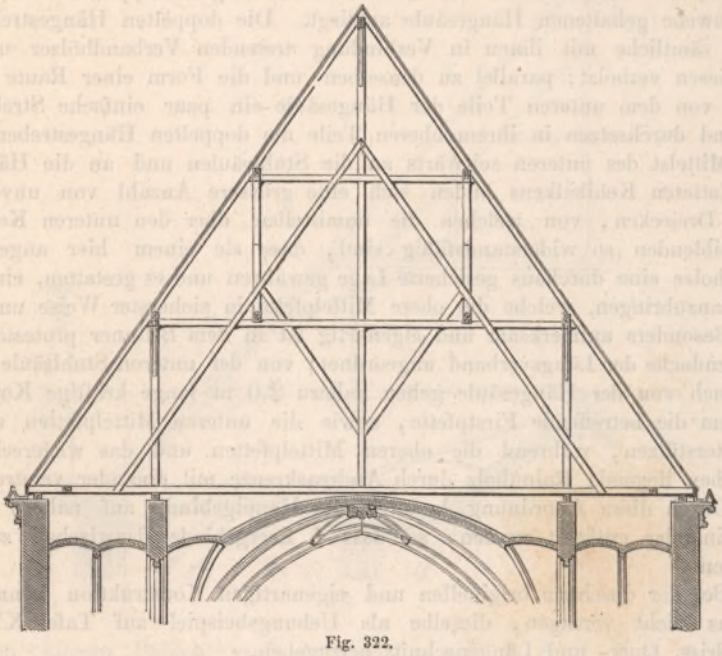


Fig. 322.

die Binderbalken haben die Stärke von 26/18 cm; die Sparren 18/13 cm, die Haupttragsparren und Hängesäulen 23/18 cm, die doppelten Zangenkehlbalken 21/10 cm; die Pfetten 21/18 cm; die Strebebänder 18/18 cm und die Kopfbänder 15/13 cm.

Tafel XXV stellt diesen Dachstuhl als passendes Uebungsbeispiel in den Figg. 1 und 2 in allen seinen Konstruktionsteilen dar.

Eine ebenso originelle wie empfehlenswerte Konstruktion zeigt das Dach der im Jahre 1875 vom Oberbaurath v. Ferstl erbauten evangelischen Kirche in Brünn; Fig. 322 und 322a giebt davon eine Zeichnung.

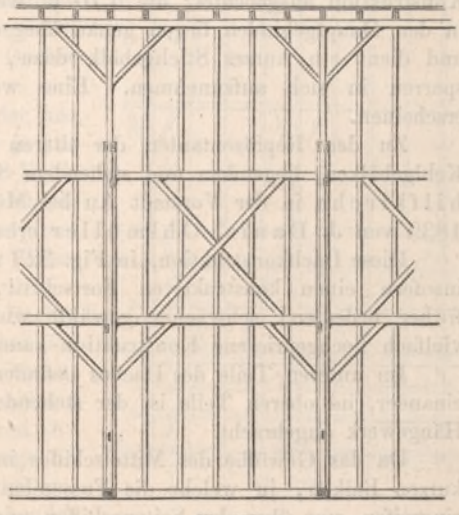


Fig. 322a.

Der dreischiffige, gewölbte Kirchenraum benötigt nahezu 18,0 m lange Binder- oder Zugbalken, und machte das ziemlich steile gotische Dach Sparren von 15,0 m Länge notwendig;

letztere sind durch eine Firstpfette und je durch zwei gleichmässig verteilte Mittelpfetten getragen.

Die untere Mittelpfette wird durch stehende Stuhlsäulen gestützt, welche ihre gesicherte Stellung oberhalb der Längsgurtbögen des Mittelschiffs erhalten, während die Firstpfette auf der mittleren von langen doppelten Hängestreben in Schwebe gehaltenen Hängesäule aufliegt. Die doppelten Hängestreben umfassen sämtliche mit ihnen in Verbindung tretenden Verbandhölzer und sind mit diesen verbolzt; parallel zu denselben und die Form einer Raute bildend, gehen von dem unteren Teile der Hängesäule ein paar einfache Strebebänder aus und durchsetzen in ihrem oberen Teile die doppelten Hängestreben.

Mittelst des unteren seitwärts an die Stuhlsäulen und an die Hängesäule angeblatteten Kehlbalkens bilden sich eine grössere Anzahl von unverschiebbaren Dreiecken, von welchen die unmittelbar über den unteren Kehlbalken sich bildenden so widerstandsfähig sind, dass sie einem hier angeordneten Rahmholze eine durchaus gesicherte Lage gewähren und es gestatten, eine Stuhlsäule anzubringen, welche die obere Mittelpfette in sicherster Weise unterstützt.

Besonders aufmerksam und eigenartig ist in dem Brünner protestantischen Kirchendache der Längsverband angeordnet; von der unteren Stuhlsäule sowohl, wie auch von der Hängesäule gehen nahezu 2,0 m lange kräftige Kopfbänder aus, um die betreffende Firstpfette, sowie die unteren Mittelpfetten energisch zu unterstützen, während die oberen Mittelpfetten und das wagerecht unter denselben liegende Rahmholz durch Andreaskreuze mit einander verstrebt sind.

Durch diese Anordnung konnten die Hauptgebinde auf nahezu 5,70 m von einander entfernt werden, so dass 5 Leergebinde dazwischen zu liegen kommen.

Bei der durchaus originellen und eigenartigen Konstruktion konnten wir es uns nicht versagen, dieselbe als Uebungsbeispiel auf Tafel XXVI im Grundriss, Quer- und Längenschnitt beizugeben.

Mit grossem Geschick sind die festen Punkte der Mittelwand für die Konstruktion ausgebeutet; die 5,70 m weit von einander liegenden Zugbalken in den Hauptgebinden liegen genau über den Quergurten des Kirchengewölbes, und dient ein kurzes Stichgebälk dazu, die durch Pfetten getragenen Leersparren in sich aufzunehmen. Eine weitere Beschreibung möchte unnötig erscheinen.

Zu den Repräsentanten der älteren Kirchendachstuhl-Konstruktionen mit Kehlgebälken, liegendem und stehendem Stuhl gehört das Dach der Mariahilfkirche in der Vorstadt Au bei München, welche im Jahre 1831 bis 1839 von J. Daniel Ohlmüller erbaut wurde.

Diese Dachkonstruktion, in Fig. 323 u. 323a (S. 249) dargestellt, bekundet insofern einen konstruktiven Fortschritt, weil sämtliche Holzstärken gegen früher bedeutend schwächer gewählt wurden; andererseits aber möchte diese vielfach hochgepriesene Konstruktion kaum nachahmenswert sein.

Im unteren Teile des Daches befinden sich zwei liegende Dachstühle übereinander, im oberen Teile ist der stehende Stuhl in Verbindung mit einfachem Hängewerk angebracht.

Da das Gewölbe des Mittelschiffes in das Dach hineinragt, so liegen die kurzen Balken, in welche die Fussenden der nahezu 18,5 m langen Sparren eingreifen, nur über den Seitenschiffen und zwar auf einer inneren Pfeilerwand und der äusseren Umfassungsmauer auf. Um den sehr starken Horizontalschub eines so grossen Daches unschädlich zu machen, sind doppelte Zangenschwerter angeordnet, welche einerseits den durchlaufenden Kehlbalken des

unteren liegenden Stuhles umgreifen, und in ihrer Kreuzung ein Rahmholz aufnehmen; letzteres hat die Kehlbalken der Leergebinde mit zu unterstützen. Andererseits sind die doppelten Schwerthölzer mit den über den Seitenschiffen

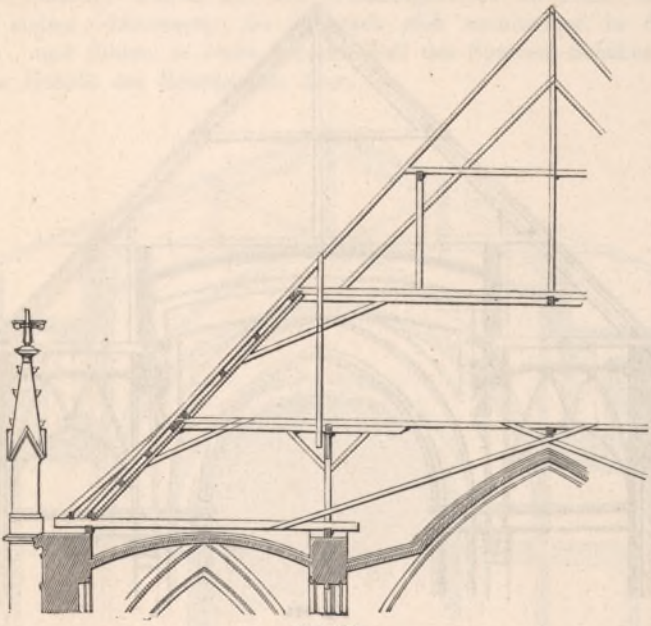


Fig. 323.

liegenden kurzen Balken und den dort angeordneten stehenden Stuhlsäulen verblattet und überall an den Kreuzungspunkten verbolzt. Diese Anordnung soll die fehlenden, durch die Tiefe des Daches durchgehenden Zugbalken ersetzen.

Sehr auffällig erscheinen in der uns vorliegenden Konstruktion auch die je zur Hälfte nahezu 6,40 m freiliegenden Kehlbalken, welche dem oberen liegenden Stuhle angehören und in ihrer Mitte nur einmal von einem schwachen aufgehängten Unterzugsholze getragen werden.

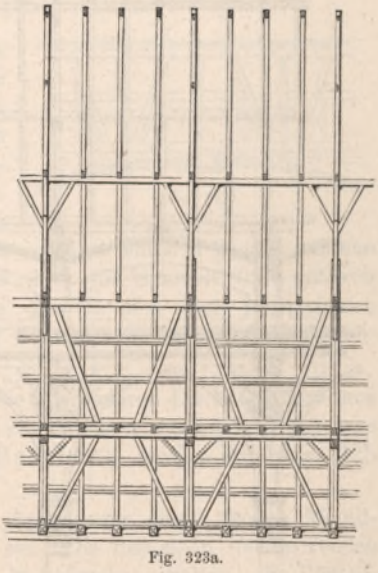


Fig. 323a.

Nach erfolgter Eindeckung des Daches mit farbigglasirten Dachplatten machte sich dann auch eine beunruhigende schiebende Bewegung gegen die Aussenmauern geltend und sah man sich veranlasst, nachträglich eine kräftige Doppelzange in die Konstruktion einzufügen, welche unmittelbar neben der unteren stehenden Stuhlsäule angebracht wurde, und lotrecht geführt, sämtliche Verbindungshölzer des oberen liegenden Stuhls umfasste; diese doppelte Zange, in allen Kreuzungspunkten mit den anderen Verbindungshölzern tüchtig verbolzt, hatte die Aufgabe

zu übernehmen, den schädlichen Horizontalschub auf die innere Mittelwand zu übertragen. Für einen Längsverband ist durch Anbringung von vielen Schubstreben und Schubbändern in befriedigender Weise Sorge getragen.

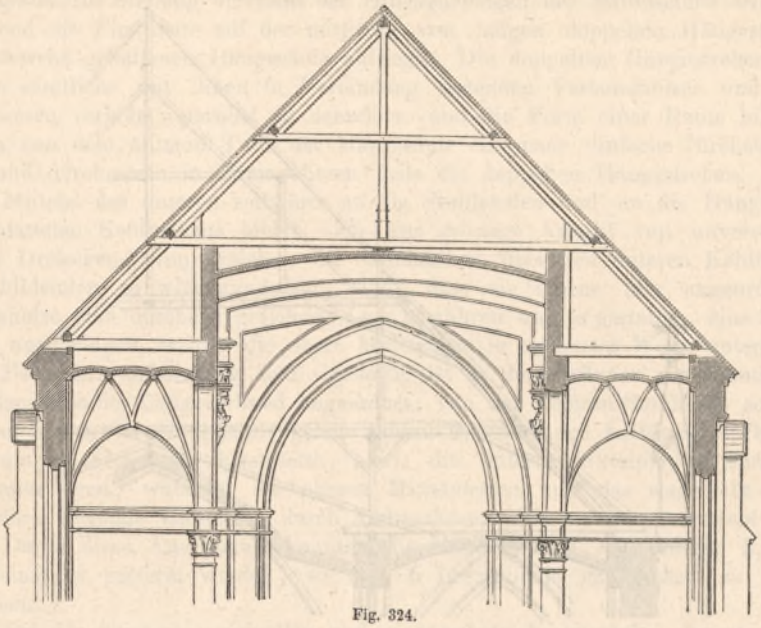


Fig. 324.

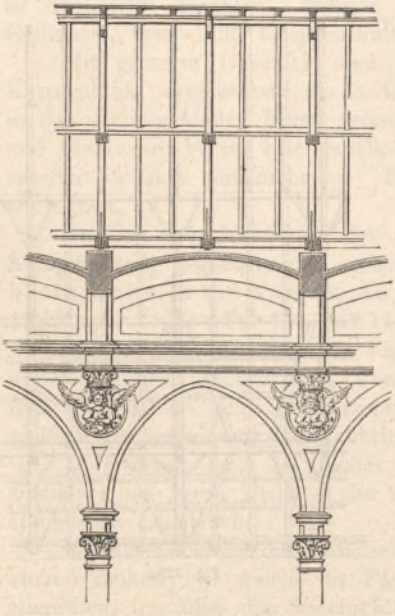


Fig. 324a.

Da die Dachbodenhöhen bei Kirchendächern oft einen mehr als problematischen Wert haben, so lassen sich dieselben unter Umständen — wenn auch nur teilweise — dazu verwenden, den Mittelschiffen eine bedeutendere Höhenabmessung zu geben, wie dies bei den Plänen der II. protestantischen Kirche in München Fig. 324 und 324a geschehen ist.

Bei dieser Dachkonstruktion nehmen die kurzen, über den Seitenschiffen liegenden Balken die nahezu 12,40 m langen Dachsparren in sich auf, welche ein mit Schiefer gedecktes Winkeldach bilden. Ausser Fuss- und Firstpfette sind zur Unterstützung dieser Sparren noch je 2 Mittelpfetten notwendig, welche durch zwei Haupttragsparren unter Anwendung von Knaggen getragen werden, beziehungsweise ihr sicheres Auflager finden.

Die Haupttragsparren halten zugleich die mit verstärktem Kopf versehene mittlere Hängesäule in Schwebe, und wird letztere auch zum Träger des doppelten Spannkehlbalkens, welcher, in der Höhe des Mittelschiffs angebracht,

die ganze Tiefe des Daches durchsetzt, an beiden Enden die Sparren (Tragsparren und Dachsparren) umfasst, und dadurch der unteren Mittelpfette eine durchaus gesicherte Lage giebt. Dieser doppelte Kehlbalken ist ferner noch durch Pfosten, welche auf der Trennungsmauer zwischen Seiten- und Mittelschiff stehen, durchsetzt; sie versatzen sich unmittelbar in die Haupttragsparren, und führen so einen grossen Teil des Sparren-Schubes unmittelbar auf das Gebälk der Seitenschiffe über.

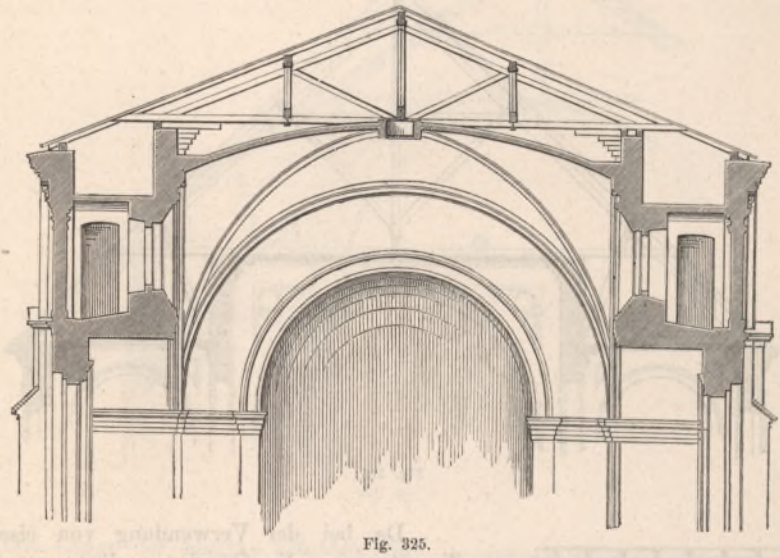


Fig. 325.

Ein zweiter doppelter Spannkehlbalken umfasst in der Höhe der oberen Mittelpfette ausser die Sparren auch die Hängesäule. Beide Spannkehlbalken sind an den betreffenden Kreuzungspunkten mit dünnen Schraubenbolzen durchzogen.

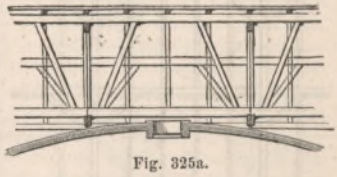


Fig. 325a.

Die Hauptgebinde, abhängig von den Gewölbegurtungen, welche 5,70 m von Mitte zu Mitte entfernt liegen, nehmen je zwei Leergebinde zwischen sich auf, so dass die Sparren 0,90 m von einander entfernt sind. Im Firste ist, wie dies in dem hier beigegebenen Uebungsbeispiele Taf. XXVII, Fig. 1, 2 und 3 angegeben wurde, der Längenverband durch Andreaskreuze vermittelt.

Aeusserst einfach gestaltet sich auch — wie alle neueren Dachkonstruktionen — das Dachgerüst der von Fr. Adler in den Jahren 1865 bis 1870 erbauten Thomas-Kirche in Berlin*), wovon die Figg. 325 und 325a eine Darstellung geben.

Der mittlere Kirchenraum greift unter Anordnung eines flachen Metalldaches auch hier teilweise in den Dachraum ein. Die denselben überdeckenden Balken sind durch ein dreifaches Hängewerk in Schwebe gehalten; die Pfetten,

*) Die St. Thomas-Kirche in Berlin: Zeitschrift für Bauwesen 1871. S. 19 Bl. 11 bis 22.

welche die Dachsparren tragen, liegen in eisernen Lagern und sind sämtliche Hängesäulen durch runde eiserne Tragstangen ersetzt.

Durch die Grundrissdisposition war es geboten im Längenschnitte zwischen die nahezu 4,40 m von einander entfernt liegenden Hauptbinder, je drei Leergebinde einzuschalten und ergab sich hierdurch die Aufgabe, die Sparrentragenden Pfetten hierzu fähig zu machen.

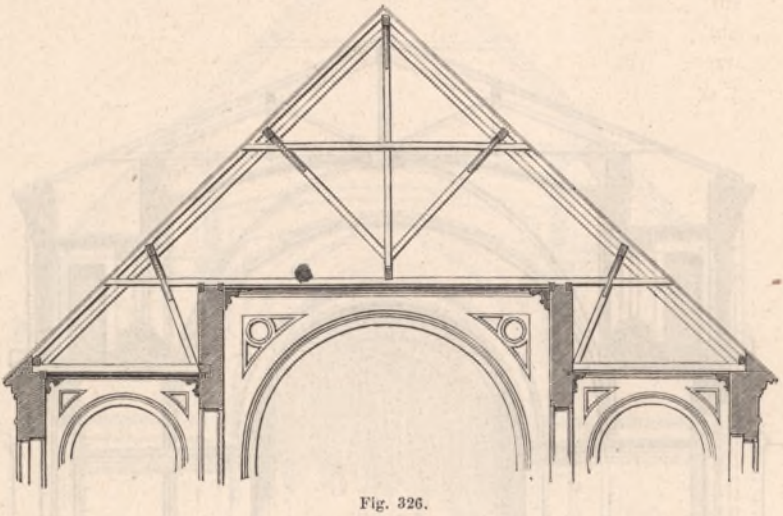


Fig. 326.

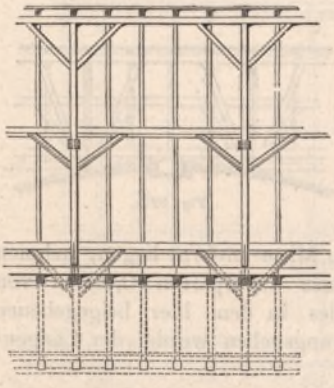


Fig. 326a.

Da bei der Verwendung von eisernen Tragstangen Kopfbänder selbstverständlich nicht anwendbar sind, so wurden senkrecht unter den Pfetten Schwellen über die Zugbalken gelegt, damit verkämmt und von diesen aus durch geneigt gestellte Streben die Pfetten sicher unterstützt, wie dies im Längenschnitt ersichtlich ist.

Die zweite Gruppe der Kirchendächer, bei welchen die aus Holz hergestellten, von unten sichtbaren Decken mit der Dachkonstruktion in unmittelbarem Zusammenhang stehen, ist ungemein reichhaltig an Motiven der heterogensten Art, und liegen diesen — der Hauptsache nach — drei verschiedene Auffassungen zu grunde.

1. Sind die meistenteils geraden Decken — abgesehen von ihrer künstlerisch durchgebildeten Dekoration — durch Verschalung und Verputz gebildet, wobei eine Kassettendecke nicht ausgeschlossen ist.

2. Ahmt die Holzdecke die massiven Gewölbe nach.

3. Tritt die Holzkonstruktion selbst als solche auf, und ist dekorativ mit in die Erscheinung gezogen.

Zu der ersten Gruppe ist der Kirchendachstuhl Fig. 326 u. 326a zu

rechnen; die Seitenschiffe haben hier eine niedrigere Decke als das um nahezu 2,0 m erhöhte Mittelschiff, welches teilweise in den Dachraum selbst hineinragt.

Zur Herstellung der sogenannten Stuckdecke sind hier geschlossene Balkenlagen durchaus erforderlich und dienen die kurzen Balken über den Seitenschiffen mit dazu, die Sparren des Kirchendaches in sich aufzunehmen.

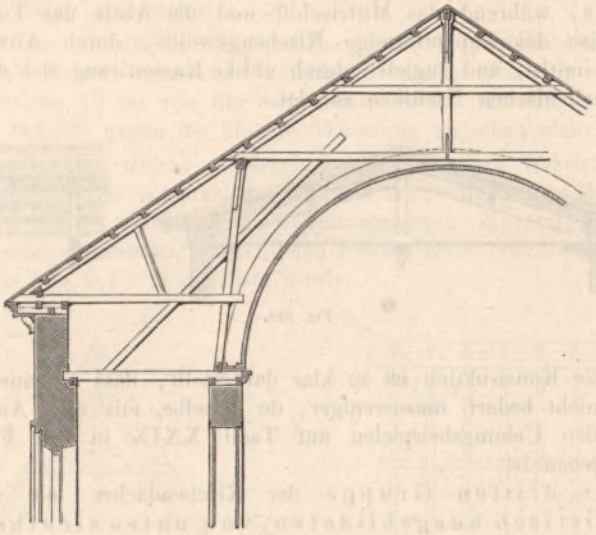


Fig. 327.

Die Länge der Sparren erfordert eine zweimalige Unterstützung, die bei Anwendung der Pfettendachkonstruktion am einfachsten durch je eine Fuss- und Firstpfette, dann durch weitere zwei Mittelpfetten erreicht wird.

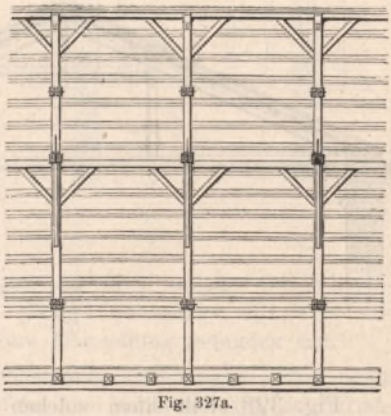


Fig. 327a.

Fasst man nun von vornherein die Bedeutung ins Auge, welche die Verwendung von Kopfbändern hat, so wird man — wie dies in der beigegebenen Figur geschehen ist — die Stützhölzer für die Pfetten so anordnen, dass von denselben die Pfetten durch Kopfbänder unterstützt werden können; gewinnt man ja hierdurch ausser einem sehr soliden Längenverband eine Ersparung an Material und Arbeit, indem sich hierdurch zwischen je zwei Hauptgebinde 4, ja selbst 5 Leergebinde einschalten lassen.

In den Hauptgebinden sind des soliden Querverbandes wegen die beiden über einander angebrachten Spannkehlbalken doppelt; während die Deckenbalken über dem Mittelschiff ihr sicheres Auflager auf den Mauern des Mittelschiffes finden und ausserdem in der Mitte durch einen vom Hängewerke des Daches getragenen Unterzug unterstützt werden.

Ein weiteres Eingehen auf diese höchst einfache aber durchaus empfehlenswerte Konstruktion möchte unnötig erscheinen.

Zu der zweiten Gruppe ist eine sehr empfehlenswerte Kirchendach-Konstruktion mit Gewölbe-Imitation zu zählen, welche wohl beim Mangel von grösseren Geldmitteln für eine monumentale Einwölbung am Platze sein möchte. Diese Konstruktion, in Fig. 327 und 327a (S. 253) dargestellt, ist für die nach Mollers Plänen erbaute Kirche zu Bensheim an der Bergstrasse entworfen.

Die Seitenschiffe haben geschlossene Balkenlagen mit horizontaler, verputzter Decke, während das Mittelschiff und die Absis das Tonnengewölbe, beziehungsweise das kuppelförmige Nischengewölbe, durch Anwendung von Bohlenbögen imitirt, und zugleich durch antike Kassettirung sich dem Charakter der älteren italienischen Basiliken zuneigt.

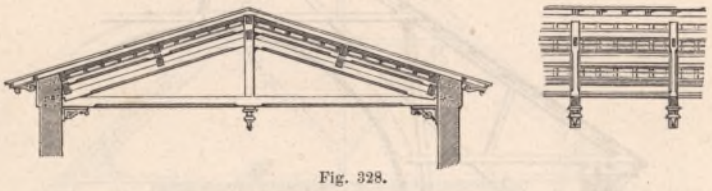


Fig. 328.

Die ganze Konstruktion ist so klar dargestellt, dass sie einer spezielleren Erläuterung nicht bedarf, umsoweniger, da dieselbe, mit aller Aufmerksamkeit dargestellt, den Uebungsbeispielen auf Tafel XXIX in den Figuren 1, 2 und 3 beigegeben ist.

Zu der dritten Gruppe der Kirchendächer mit vorherrschend charakteristisch ausgebildeten, von unten sichtbaren Holzdecken gehören in erster Linie die Dachungen der Basiliken.

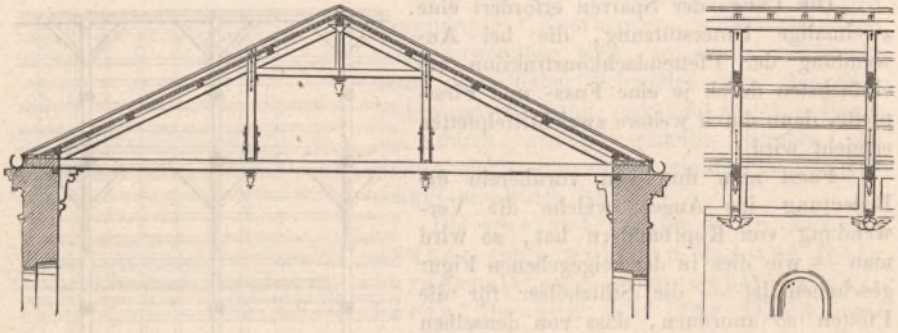


Fig. 329.

Fig. 328 stellt einen solchen Dachstuhl dar; derselbe gehört der von Stüler erbauten Friedenskirche in Sanssouci an; die von unten sichtbare, reich durchgebildete Kassettendecke ist bei der geringen lichten Tiefe von 10,0 m nur von einem einfachen Hängewerk unterstützt. Zwischen den Kassetten und der Dachschalung befindet sich ein Hohlraum, zum Schutze der inneren Malerei und Vergoldung gegen die äusseren Temperatureinflüsse.*)

Fig. 329 giebt die Dachkonstruktion der von Friedr. Ziebland in

*) Aus den Entwürfen von Kirchen, Pfarr- und Schulhäusern. Berlin, Ernst & Korn.

München erbauten Basilika von St. Bonifacius; wir haben es hier mit einer lichten Weite von 12,80 m zu thun; die Dachkonstruktion zeigt von unten eine oblonge Flächenteilung und besteht aus einem Hängewerk, ähnlich wie solches sich in den Basiliken Roms, wie St. Paolo fuori le mura, St. Maria in Cosmedin, St. Maria in Trastevere etc. befunden haben. Der ganze Dachstuhl, welcher eine sehr zierliche Behandlung erfahren hat, ist reich mit vielfachen Vergoldungen farbig ornamentirt.

Zwischen der eigentlichen Dachschalung mit Kupferblecheindeckung und der inneren mit Malerei versehenen Schaldecke befindet sich eine zweite Metalleindeckung, welche 12 cm von der ersten entfernt ist und eine isolirende Luftschichte zum Schutze gegen die äussere Witterung zwischen sich aufnimmt.

Die Hauptbinder, welche die Dachpfetten zu tragen haben, liegen den Axen der Fensterpfeiler entsprechend 3,60 m von Mitte zu Mitte entfernt, ein Umstand, durch welchen die Haupttragsparren einen Querschnitt von 0,18/0,23 m erhalten mussten, während den Pfetten selbst eine Breite von 0,16 m und eine Höhe von 0,18 m gegeben wurde.

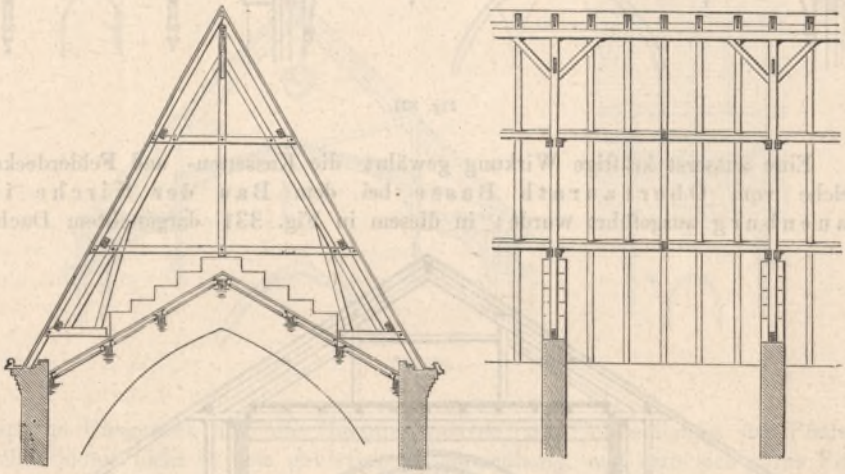


Fig. 330.

Abweichend von diesen Dachanordnungen ist die, welche Oberbaurath v. Schmidt in Wien bei seiner Brigittenauer Kirche zur Anwendung brachte, und die in Fig. 330 ihre Darstellung gefunden hat.

Die von dem sehr hohen Dachstuhle vollständig unabhängige, von unten sichtbare Felderdecke hat eine flache Dachform und schliesst sich so harmonischer an die im inneren Kirchenraume vorhandenen spitzbogigen Gurtbögen an. Diesen Anordnungen entsprechend wäre es unstatthaft gewesen, horizontal durchlaufende Binderbalken durch die ganze Tiefe des Kirchenraumes zu legen, und liegen daher die nötigen Mittelpfetten auf Kehlbalkenzangen auf, welche die Stuhlstreben, die Hängesäulen und auch die Sparren in sich einschliessen und dabei überall an den Kreuzungspunkten verbolzt sind.

Zur Aufhebung des Horizontalschubes dient am Fussende der Stuhlstreben eine kurze Schubstrebe. Da die einzelnen Hauptbinder 6,0 m von einander entfernt liegen und fünf Leergebinde zwischen sich aufnehmen, so sind in den

mittleren Leersparren jedesmal einfache Spannkehlbalken eingezogen, welche die Pfetten klauenartig verspannen. Die gegen den Dachbodenraum schräg auflaufende Felderdecke ist oberhalb mit Zink abgedeckt.

Alles Uebrige erklärt die auf Tafel XXV in den Figg. 3 und 4 beigegebene Uebungsaufgabe.

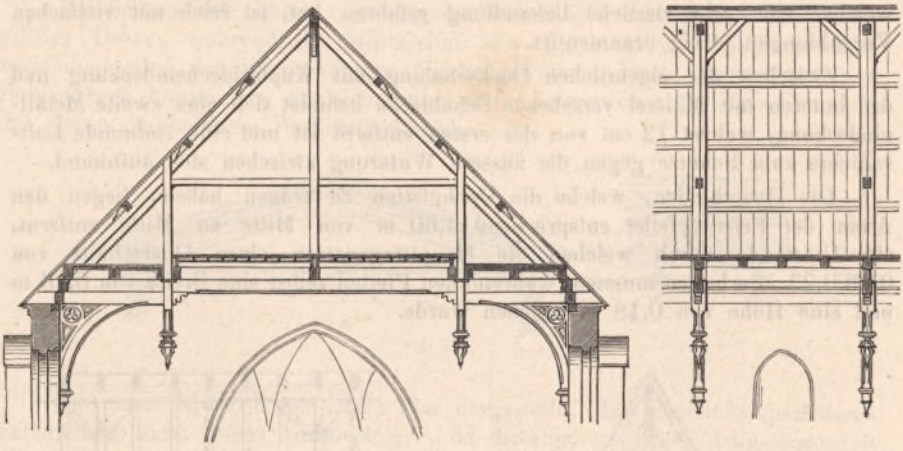


Fig. 331.

Eine äusserst kräftige Wirkung gewährt die Kassetten- und Felderdecke, welche vom Oberbaurath Busse bei dem Bau der Kirche in Lauenburg ausgeführt wurde; in diesem in Fig. 331 dargestelltem Dach-

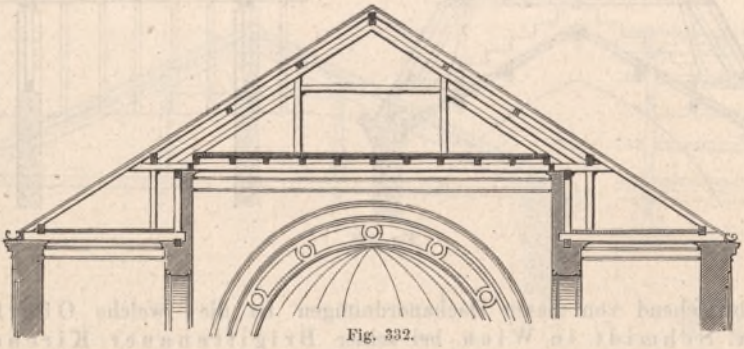
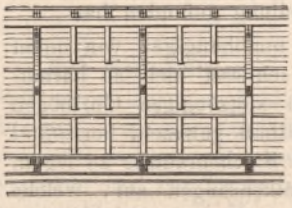


Fig. 332.



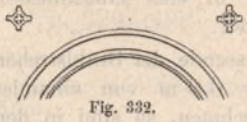


Fig. 332.

stuhle, dessen Tiefe nur 13,50 lichte Weite besitzt, ist ein dreifaches Hängewerk angeordnet und sind ausserdem die nahezu 4,50 m von einander entfernt liegenden Binderbalken durch kräftige Bogenkonsolen, welche an ihren Kopfenden durch doppelte Hängesäulen umfasst sind, in ihrer freien Länge bedeutend verkürzt.

Diese überaus sichere Konstruktion ist deshalb auch wohl nur als eine Konzession zu betrachten, welche der formalen Wirkung der Kirchendecke so vorteilhaft zu Gute kam, und wurde dadurch auch jener ernste Charakter hervorgerufen, welchen eine

stilvolle Kirchenarchitektur niemals entbehren darf, und welcher namentlich bei Anwendung von Holzdecken nur so selten richtig getroffen wird.

Die Tafel XXIX giebt in den Figg. 5, 6 und 7 als Uebungsbeispiel nähere Aufschlüsse über diese höchst interessante und empfehlenswerte Kirchendachstuhl-Konstruktion.

Ist ein Dach mit sichtbarer Decke über einem dreischiffigen Kirchenraum herzustellen, so möchte die allgemeine Anordnung empfehlenswert sein, welche Oberbaurat Soller seiner Zeit für den Entwurf einer evangelischen Kirche in Vorschlag gebracht hat und der in Fig. 332 (S. 256) dargestellt ist *).

Die Seitenschiffe haben hiernach horizontal abgeschlossene Decken mit sichtbaren oblongen Balkenfeldern; das Mittelschiff, dessen horizontale Decke höher wie die der Seitenschiffe angeordnet ist, zeigt ebenfalls oblonge Kassettenfelder. In den oberen Teilen des Daches befinden sich nur in den Hauptgebinden durchlaufende und zwar einfache Kehlbalken, welche durch stehende Stuhlsäulen und durch die Mittelmauern übersicher gestützt erscheinen; das

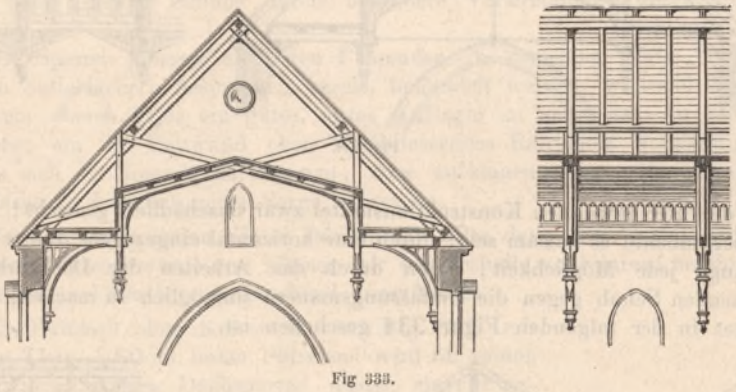


Fig 333.

doppelte Hängewerk und die Haupttragsparren zur Unterstützung der Pfetten stehen indess nicht in dem gehörigen Zusammenhang, und hätte sich durch Verwendung doppelter Spannkehlbalken der ganze Dachstuhl unter Erlangung grösserer Festigkeit einfacher und klarer konstruiren lassen; die 2,90 m von einander entfernten Hauptgebinde nehmen je nur 2 Leergebinde zwischen sich auf, so dass man auch in dieser Beziehung der Spezial-Konstruktion eine ökonomische Verwertung in betreff von Material und Arbeit nicht zu erkennen kann.

Handelt es sich darum, für sehr beschränkte Verhältnisse, unter Berücksichtigung der höchsten Oekonomie, doch möglichst würdige Kirchenräume zu schaffen, so möchte in den seltensten Fällen dies durch die Anwendung von gewöhnlichen horizontalen Weissdecken erreicht werden können; es tritt dann an den Baumeister die Aufgabe heran, die unschöne horizontale Decke, und die dadurch erzeugten gedrückten Raumverhältnisse durch geschickte Verwertung des unnötigen und zu nichts weiter brauchbaren Dachbodenraumes zu beseitigen.

Dies ist in sehr glücklicher Weise dem Geheimen Oberbaurate Busse

*) Entwürfe von Kirchen, Pfarr- und Schulhäusern, Berlin, Ernst & Korn.

in der katholischen Kirche in Sabartowo gelungen, deren Dachkonstruktion in der nebenstehenden Fig. 333 (S. 257) zur Anschauung gebracht ist.

Der nur 10,50 m tiefe Kirchenraum hat zwei seitliche von Konsolen unterstützte gerade Felderdecken, während die Mitteldecke dachartig durch Anordnung zweier Schwertstreben bis nahe in die halbe Höhe des Dachbodenraumes hineingreift; bei den geringen Dimensionen, die uns hier vorliegen und der Anordnung von nach aussen vorspringenden Verstärkungspfeilern, da wo sich die Hauptdachbinder befinden, erscheint ein Horizontalschub des Daches

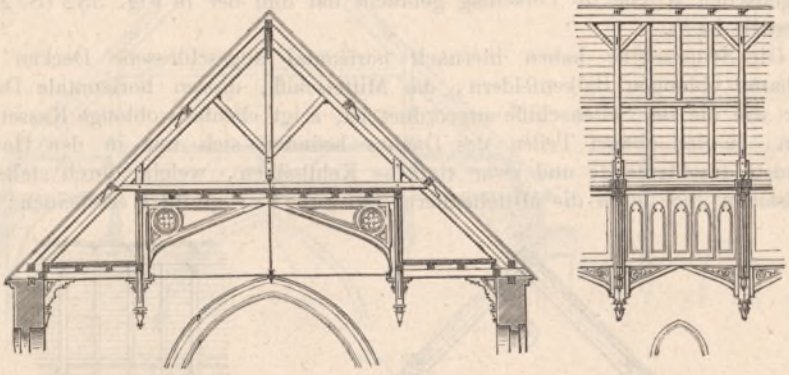


Fig. 334.

durch die hier gewählten Konstruktionsmittel zwar unschädlich gemacht; immerhin aber möchte es ratsam sein, durch eine horizontal eingezogene dünne eiserne Zugstange jede Möglichkeit, einen durch das Arbeiten der Dachstuhlhölzer entstehenden Schub gegen die Umfassungsmauern unmöglich zu machen, ähnlich wie dies in der folgenden Figur 334 geschehen ist.

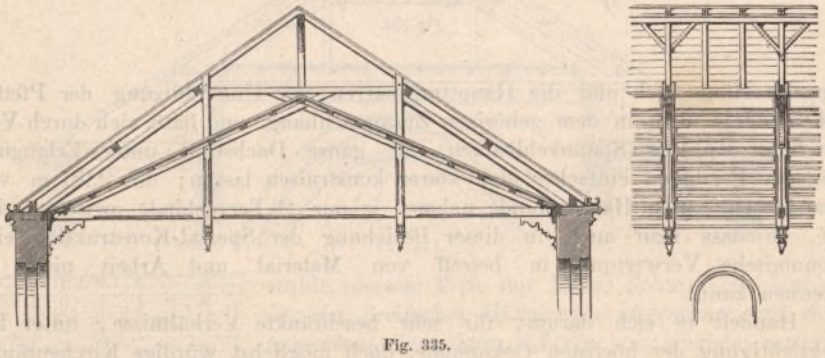


Fig. 335.

Der hier mit einem Dache zu versehende Kirchraum hat eine lichte Tiefe von 12,0 m, und gehört einem vom Oberbaurate Soller verfassten Entwurfe für die protestantische Kirche in Zingst an; die gewählte Dachkonstruktion mit ihrer von unten sichtbaren, vertäfelten Decke möchte als eine durchaus mustergiltige zu betrachten sein.

Beide Dachstühle sind denn auch als Uebungsbeispiele auf Tafel XXX in den Figg. 1 bis 6 unter entsprechenden Modifikationen einer speziellen Umarbeitung unterworfen worden.

Eine Dachkonstruktion, welche ebenso einer Kirche, als auch einer reich ausgestatteten anderweitigen Halle angehören könnte, ist endlich noch in Fig. 335 (S. 258) dargestellt, und als Uebungsbeispiel auf Tafel XXV in den Figg. 5 und 6 spezieller durchgearbeitet; eine nähere Beschreibung der durchaus zweckentsprechenden Lösung der vorliegenden Aufgaben möchte jedoch nach dem bisher Gesagten unnötig erscheinen.

2. Pultdächer

sind in der Regel als halbe Satteldächer konstruirt, und besitzen dementsprechend nur eine geneigte Dachfläche, welche sich an eine vertikale mehr oder weniger hohe Wand anlehnt; sie finden am häufigsten Anwendung bei Hintergebäuden auf der Grenze nachbarlicher Grundstücke, wohin nach baupolizeilichen Bestimmungen der Abfall des Traufwassers nicht stattfinden darf.

Bei dem Umstande, dass die ganze Dachlast gegen die Pultwand einen Druck ausübt, ist bei der Konstruktion dieser Dächer hauptsächlich darauf zu sehen, dass diesem Schube durch besondere Verstrebungen entgegengewirkt werde.

Die Sparren müssen an ihren Fussenden in derselben Weise, wie dies bei den Satteldächern besprochen wurde, behandelt werden, während denselben an ihrem oberen Ende ein gutes, festes Auflager zu geben ist; in der Regel ist hierzu ein die Pultwand oben abschliessendes Rahmholz notwendig, auf welches sich die Sparren aufkämmen, oder aufklauen; gegen das Eindringen von Nässe ist hier besonders Sorge zu tragen.

Bei der Konstruktion dieser Dächer gilt alles das, was bereits über die Satteldächer gesagt wurde und können wir uns deshalb wohl darauf beschränken, einige wenige Fälle hier besprechend vorzuführen.

Ein Pultdach ohne Kniestock, nach Fig. 336, mit 4,70 m Tiefe, 3,60 m hoher Pultwand wird für seinen nahezu 9 m langen Dachsparren ausser einer Fusspfette und einem Rahmholze im First, nur einer Unterstützung bedürfen; wählt man hierzu einen Kehlbalken, der mit seinem einen Ende zwischen ein Rahmholz und Saumschwelle verkämmt zu liegen kommt, so wäre der betreffenden Konstruktion damit genügt, wenn es nicht noch wünschenswert wäre, durch die Anordnung einer schräggestellten Stuhlsäule die Pultwand gegen jeden Sparrenschub zu sichern. Durch diese Anordnung haben wir es mit einem Kehlbalkendach mit einfach liegendem Stuhl zu thun; und ist auch damit eine Längenverbindung durch mehrfache Kopfbänder ermöglicht.

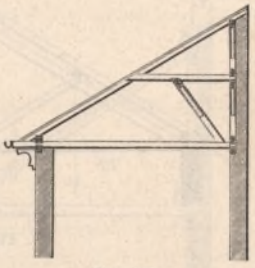


Fig. 336.

Wird der Sparren eines Pultdaches so lang, dass er, wie dies in Fig. 337 (S. 260) ersichtlich ist, eine zweimalige Unterstützung ausser Fusspfette und Rahmholz benötigt, und ist dabei ein abgeschlossener Dachbodenraum mit Kehlgebälk Bedingung, so möchte im oberen Teile des Daches die Sparrenunterstützung durch eine Pfette angezeigt sein; hieraus ergiebt sich die Kombination von Kehlbalkendach im unteren Dachraum, mit Pfettendach im oberen; zwei schräg gestellte Stuhlsäulen, jede mit Kopfbügen versehen, um einen zweckmässigen Längenverband zu ermöglichen, heben den Schub gegen die aus Fachwerk konstruirt gedachte Pultwand vollständig auf.

Handelt es sich um ein Pultdach, bei welchem nach Fig. 338 ein nach oben abgeschlossener Dachbodenraum nicht gefordert wird, ist ferner die vorhandene Balkenlage von unten nicht gestützt, so wird bei der hier an-

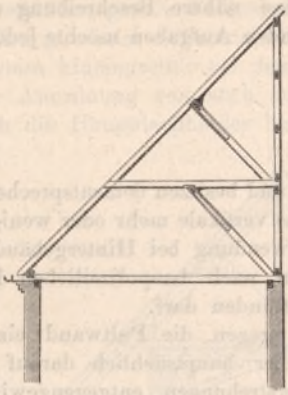


Fig. 337.

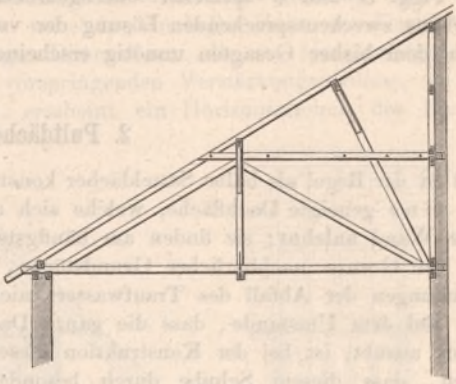


Fig. 338.

genommenen lichten Tiefe des Gebäudes von 10,00 m ein Hängewerk mit einfachem Bock notwendig werden.

Benützt man zugleich die Hängesäule zur Aufnahme einer die Sparren unmittelbar unterstützenden Pfette, so möchte die Anordnung einer doppelten Kehlbalkenzange und die weitere einer durch letztere hindurchgreifenden schräg gestellten Stuhlsäule, welche die im oberen Teile des Daches angebrachte Pfette unterstützt, für die vorliegende Aufgabe eine genügende Lösung bieten. Die durch diese Konstruktion sich mehrfach bildenden unverschiebbaren Dreiecksformen heben die Schubwirkung der ziemlich grossen Dachfläche gegen die Pultwand vollständig auf.

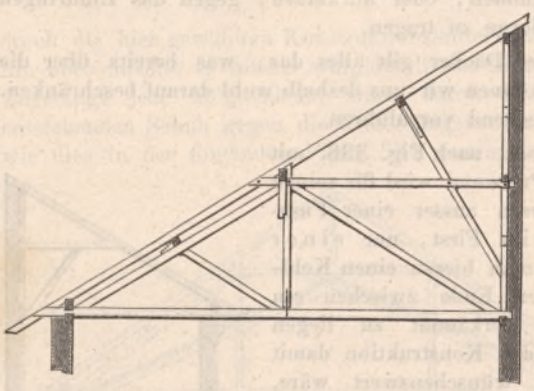


Fig. 339.

Bei etwas grösserer Sparrenlänge würde eine weitere Sparrenunterstützung im unteren Teile des Daches notwendig werden, und ergäbe sich dann eine Anordnung, wie sie in Fig. 339 dargestellt ist.

Sind Pultdächer mit Kniewänden herzustellen, so ist bei notwendig werdender einmaliger Sparrenunterstützung die Pfettendachkonstruktion nach Fig. 340 (S. 261) empfehlenswert, welche sich durch grosse Einfachheit auszeichnet.

Fehlt bei solchen Dächern die Balkenunterstützung von unten, so hat man es, wie dies in Fig. 341 (S. 261) angenommen wurde, auch hier mit einem Hängewerk zu thun, welches den 13,00 m langen Balken zweimal zu stützen die Aufgabe hat; eine doppelte Strebenzange wird hauptsächlich dazu beitragen,

die nahezu 4 m hohe und unmittelbar an die Pultwand gestellte Stuhlsäule mit dem Sparren des Hauptgebindes so zu verknüpfen, dass dadurch ein Verschieben dieser Konstruktionshölzer ausgeschlossen ist.

In Fig. 342 ist ein Pultdach in Mansardenform dargestellt; das der Konstruktion zu grunde liegende Programm besteht der Hauptsache nach in der Forderung eines benutzbaren nach oben hin abgeschlossenen, 3,00 m hohen Bodenraumes über einer von unten nicht unterstützten Balkenlage; auch hier ist eine Kombination von Kehlbalkendach im unteren Teile, mit Pfettendach im oberen Teile gewählt worden. Die Hängesäulen sind doppelt, die das Kehlgebälk bildenden 10,30 m langen Kehlbalken sind viermal durch Rahmhölzer unterstützt, der 11,00 m lange Sparren machte 2 Mittelpfetten notwendig.

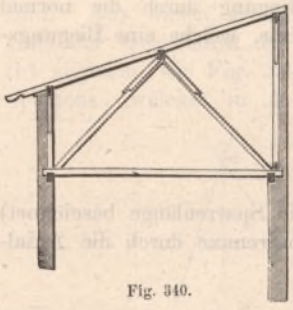


Fig. 340.

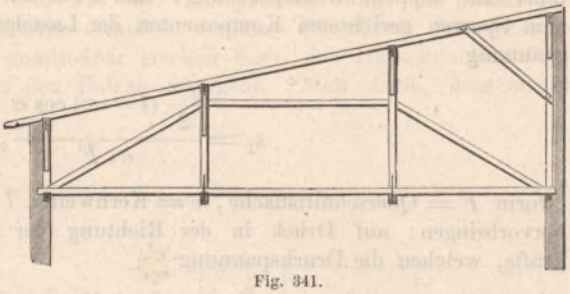


Fig. 341.

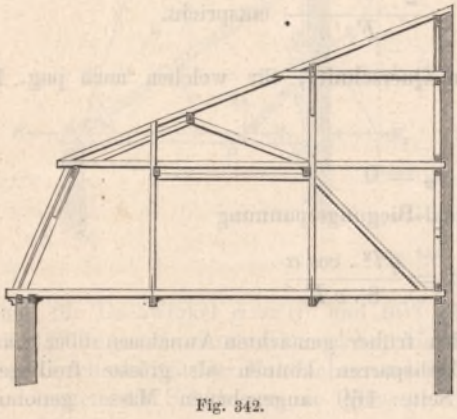


Fig. 342.

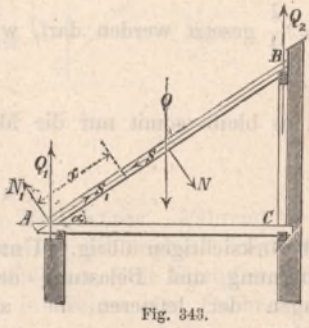


Fig. 343.

Das eigentliche Wesen der Mansardendächer ist einer späteren Erläuterung vorbehalten.

Die Pultdächer verhalten sich auch in statischer Hinsicht wie halbe Satteldächer; es ist lediglich der Gegensparren jedes Gebindes durch die Pultwand ersetzt, auf welcher das betreffende Sparrenende sein Auflager findet. Die Stabilität dieser Wand erfordert, dass der Horizontaldruck der Sparren im Firste möglichst unschädlich gemacht werde. Dies geschieht wieder vorteilhaft durch Anordnung einer Firstpfette und Verstärkung, resp. Verankerung der Pultwand. Betrachten wir den einfachsten Fall eines solchen Daches (Fig. 343), so ist zunächst die Richtung der Kraft, welche in B zwischen der Pfette und

dem Sparren wirksam ist, abhängig von der Art der Aufkämmung der Sparren auf die Firstpfette und es sind in dieser Hinsicht, wenn wieder von der Reibung zwischen Pfette und Sparren abgesehen wird, 3 Möglichkeiten gegeben, nach welchen sich der Druck der Pfette gegen die Sparren gestalten kann.

1. Die Reaktion der Pfette ist vertikal gerichtet, Fig. 343. In diesem Falle ist auch der Druck des Sparrenfusses gegen den Balken vertikal und zwar

$$Q_1 = Q_2 = \frac{Q}{2},$$

wenn Q die gesamte pro Sparren treffende Last bedeutet.

Ein beliebiger Querschnitt des Sparrens in der Entfernung x von A erfährt eine doppelte Beanspruchung: und zwar auf Biegung durch die normal zum Sparren gerichteten Komponenten der Lastelemente, welche eine Biegungsspannung

$$s_1 = \frac{\frac{q\,x}{2}(l-x)\cos\alpha}{e \cdot F},$$

(worin F = Querschnittsfläche, e = Kernweite, l die Sparrenlänge bezeichnet) hervorbringen; auf Druck in der Richtung der Sparrenaxe durch die Axialkräfte, welchen die Druckspannung

$$s_2 = \frac{\frac{q \sin\alpha}{2}(l-2x)}{F} \text{ entspricht.}$$

Für den meist beanspruchten Querschnitt, für welchen nach pag. 158 $x = \frac{l}{2}$ gesetzt werden darf, wird

$$s_2 = 0$$

und es bleibt somit nur die Maximal-Biegungsspannung

$$s_1 \max = \frac{q\,l^2 \cdot \cos\alpha}{8 \cdot e\,F}$$

zu berücksichtigen übrig. Unter den früher gemachten Annahmen über Stärke, Entfernung und Belastung der Dachsparren können als grösste freiliegende Längen der letzteren die auf Seite 169 angegebenen Masse genommen werden.

Für die Berechnung der Pfette gelten die Bemerkungen auf pag. 161 etc.

Der Balken erleidet durch die Dachkonstruktion keine weitere Beanspruchung, da die Drücke der Stuhlsäulen und der Sparrenfüsse direkt auf die Umfassungsmauern übergeführt werden können.

2. Die Reaktion der Firstpfette gegen den Sparren ist normal zur Dachneigung gerichtet, Fig. 344. Die Seitenkräfte N und R der Kraft Q, welche erhalten werden, wenn die Richtung von N bis zum Schnittpunkt m mit der Richtung des Gewichts Q verlängert, $A\,m$ gezogen und im Kräfteplan $b\,u \parallel A\,m$ und $o\,u \parallel m\,C$ gemacht wird, sind in diesem Falle die Auflagerreaktionen R und N.

Beanspruchung des Sparrens. Derselbe ist auf Biegung durch das Moment $\frac{Q\,l}{8}\cos\alpha$ und gleichzeitig auf axialen Druck durch die Kraft $S = \frac{1}{2}\,Q\,.\,\sin\alpha$ beansprucht und sein Querschnitt demgemäss festzustellen.

Die Pfette erhält von jedem Gebind den schrägen Druck $N = \frac{1}{2}\,Q\,.\cos\alpha$, dessen Komponenten in horizontaler und bezw. vertikaler Richtung

$$H' = \frac{Q}{4}\,.\,\sin 2\,\alpha \text{ und}$$

$$Q' = \frac{Q}{2}\,.\,\cos^{2}\alpha$$

sind. Aus diesen Kräften und aus der freiliegenden Länge der Firstpfette kann der Querschnitt der letzteren ermittelt werden. Die Kraft H' repräsentirt zugleich, wie Fig. 344 unmittelbar ersehen lässt, den Horizontalschub des Sparrens, welcher in A auf den Balken übergeht. Man sieht, dass dieser

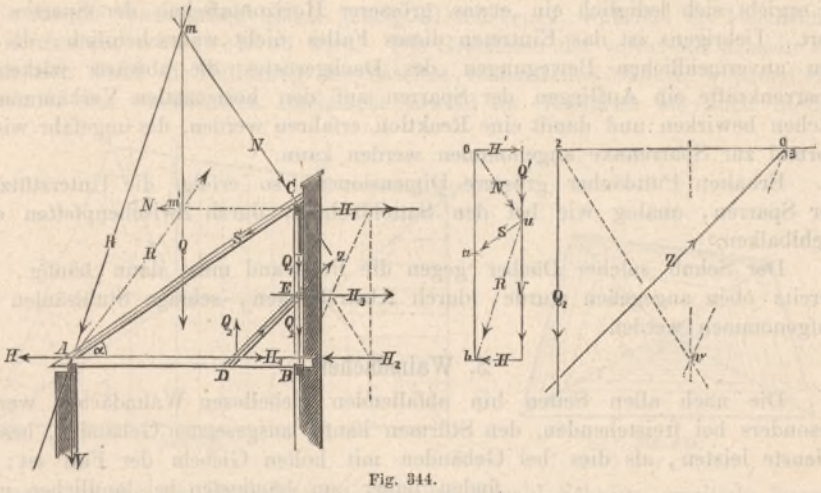


Fig. 344.

Schub für Dachwinkel $\alpha = 0^0$ und 90^0 gleich Null würde, während er für $\alpha = 45^0$ seinen Maximalwert erreicht; hieraus ergiebt sich sogleich eine wesentliche Verschiedenheit der Pultdächer und der Satteldächer ohne Firstpfette, indem bei letzteren der Schub um so grösser wird, je kleiner der Dachneigungswinkel ist.

Die Firstpfette wird in den nach n Leergebinden aufeinanderfolgenden Hauptgebinden durch Stuhlsäulen unterstützt, welche in ihrem Verbindungspunkt mit der Pfette durch die Kräfte

$$H_1 = (n + 1)\,H' \text{ und}$$
$$Q_1 = (n + 1)\,Q'$$

in horizontaler bezw. vertikaler Richtung angegriffen werden. Q_1 wird durch den Knickungswiderstand der Säule auf den Balkenfuss übertragen, H_1 muss durch die Pultmauer oder durch eine nach Fig. 344 angeordnete Verankerung aufgehoben werden. Um die hierbei in der Zange $D\,E$ auftretende Zugkraft zu finden, bestimme man die in E und B wirkenden Seitenkräfte H_3 und H_2

der Kraft H_1 und zerlege H_3 in Q_2 und Z. Q_2 wird auf den Balkenkopf übertragen und summirt sich zu dem Vertikaldruck Q_1. Der Ständer wird ausserdem noch auf Biegung beansprucht, deren Moment im Punkte E gleich $H_1 \cdot \overline{CE}$ zu setzen ist.

Auf den Balken wirken in B die Kräfte $Q_1 + Q_2$ und H_2, in D die Kraft Z, oder deren Komponenten Q_2 und H_3 und in A die Komponenten V und H der Kraft R. Die aufwärts gerichtete Kraft Q_2 im Punkte D wirkt der Beanspruchung des Balkens durch die Eigen- und Nutzlast entgegen; die Horizontalkräfte geben zusammen eine von A gegen B gerichtete Resultirende

$$H_3 - (H + H_2),$$

welcher durch die Reibung der Balkenlage auf den Umfassungsmauern das Gleichgewicht gehalten wird.

3. Die Reaktion der Firstpfette ist horizontal gerichtet. Dies kann nur eintreten, wenn sich bei der Aufkämmung nach Fig. 343 der Sparren lediglich gegen die seitliche Fläche der Pfette stützt.

Die Untersuchung kann genau wie im vorigen Fall durchgeführt werden, es ergiebt sich lediglich ein etwas grösserer Horizontalschub der Sparren als dort. Uebrigens ist das Eintreten dieses Falles nicht wahrscheinlich, da bei den unvermeidlichen Bewegungen des Dachgerüstes die abwärts wirkenden Sparrenkräfte ein Aufliegen der Sparren auf den horizontalen Verkämmungsflächen bewirken und damit eine Reaktion erfahren werden, die ungefähr wieder normal zur Sparrenaxe angenommen werden kann.

Erhalten Pultdächer grössere Dimensionen, so erfolgt die Unterstützung der Sparren, analog wie bei den Satteldächern, durch Zwischenpfetten oder Kehlbalken.

Der Schub solcher Dächer gegen die Pultwand muss dann häufig, wie bereits oben angegeben wurde, durch Abstrebungen, schräge Stuhlsäulen etc. aufgenommen werden.

3. Walmdächer.

Die nach allen Seiten hin abfallenden giebellosen Walmdächer werden besonders bei freistehenden, den Stürmen häufig ausgesetzten Gebäuden, bessere Dienste leisten, als dies bei Gebäuden mit hohen Giebeln der Fall ist; sie finden daher am häufigsten bei ländlichen nach allen Seiten hin freistehenden Gebäuden Anwendung.

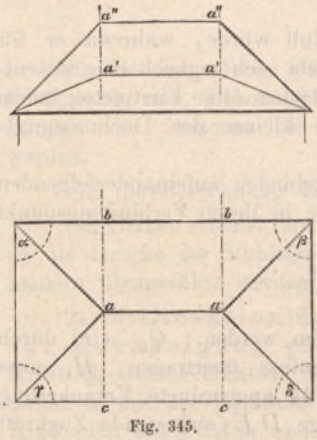


Fig. 345.

Am zweckentsprechendsten giebt man sämtlichen Dachflächen denselben Neigungswinkel.

Handelt es sich darum, ein Walmdach über einen rektangulären Raum zu konstruiren, so erhält man durch die Halbirung sämtlicher Winkel α, β, γ, δ der Grundrissfigur 345 die Lage der Gratlinien, welche im Firste sich scheidend, die sogenannten Anfallspunkte aa bilden. Diese Anfallspunkte haben insofern eine konstruktive Bedeutung, weil in denselben die sogenannten Anfallsgebinde bac zu liegen kommen, gegen welche sämtliche den Walm bildenden Hölzer sich anlehnen.

Ist jedoch das mit einem Walmdach zu bedeckende Gebäude beispielsweise im Grundrisse nach der Fig. 346 gestaltet, so möchte der First am füglichsten parallel der Vorderfront und zwar durch den Schwerpunkt der Figur hindurch zu legen sein; in solchem Falle ergeben sich für die vordere Dachfläche,

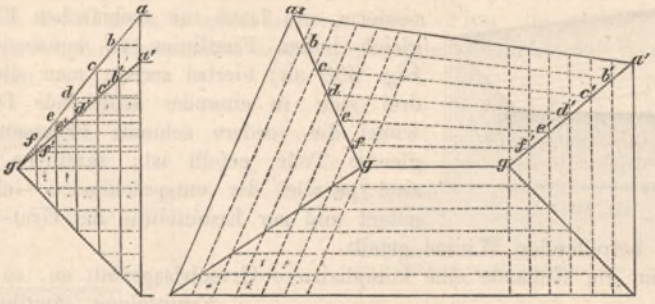


Fig. 346.

sowie für die Walmflächen gleich geneigte Dachebenen, während die Dachfläche der Hinterfront windschief wird. Die Gratlinien der vorderen Dachseite ergeben sich durch die Halbirung der daselbst vorhandenen Winkel, während die Gratlinien der windschiefen Dachfläche sowohl im Grundriss als auch in der

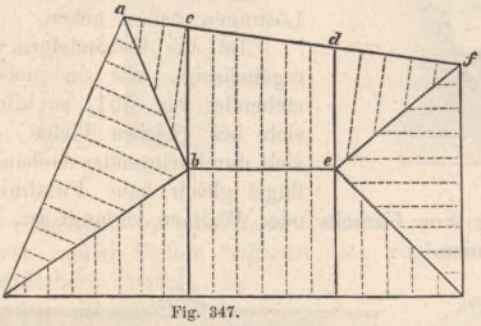


Fig. 347.

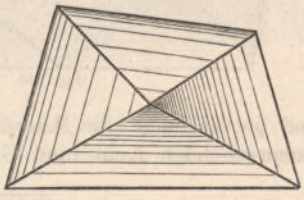


Fig. 348.

Seitenansicht sich am einfachsten durch eine Anzahl Schnitte ermitteln lassen, die horizontal durch die ganze Dachhöhe gelegt sind. Hierbei erhält die windschiefe Dachfläche doppelt gekrümmte Gratsparren ($a\,g$ und $g\,a'$), wie dies in der beigegebenen Figur leicht kenntlich ist. Die doppelt gekrümmten Gratsparren lassen sich jedoch dadurch umgehen, wenn man die Fläche von $a\,b\,e\,f$ (Fig. 347) so zerlegt, dass die Dreiecke $a\,b\,c$ und $d\,e\,f$ entstehen, die als gerade Ebenen zu betrachten sind, und nur die Fläche von $c\,b\,e\,d$ windschief wird. Hierbei bilden sich in $b\,c$ und $e\,d$ zwei sehr stumpfwinklige Kehlen, während die Gräte $a\,b$ und $e\,f$ geradlinig sind. Die Sparrenlagen sind in die Figur einpunktirt.

Kann eine gleiche Dachneigung entbehrt werden, was besonders bei flachen Metalldächern nicht zu beanstanden ist, so lässt sich am allereinfachsten die ganze Dachfläche nach Fig. 348 in 4 Dreiecke zerlegen, so dass sich ein sogenanntes Zelt- oder Pyramidendach bildet. Die Spitze der Pyramide liegt dann am passendsten im Schwerpunkt der Grundrissfigur.

Bei der praktischen Ausführung von windschiefen Dachflächen sind vom Zimmermann vielfache Schwierigkeiten zu überwinden, die vorläufig hier nicht

weiter betont werden sollen, und sucht man diesen auch wohl gern dadurch aus dem Wege zu gehen, dass man die Aufgabe in der Art löst, wie dies in Fig. 349 geschehen ist; hierbei bildet sich statt einer Firstlinie ein planes Dreieck, das als flache Pyramide mit Metall abgedeckt werden kann.

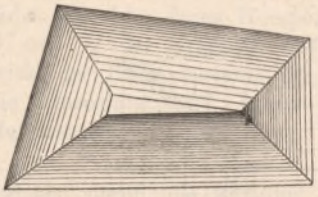


Fig. 349.

Eine andere Lösung über dieselbe Grundrissform, ein Dach mit mehrfachen Flächen und gleich hohen Firstlinien zu konstruiren, giebt Fig. 350 an; hierbei zerlegt man die Figur in drei sich in einander schiebende Dachflächen, wobei die vordere schmale Frontseite in zwei gleiche Teile geteilt ist; sämtliche Firstlinien sind parallel der entsprechenden Gebäudeseiten gelegt und zur Ermittelung der Grat- und Kehllinien die betreffenden Winkel geteilt.

Nimmt ein Gebäude eine komplizirtere Grundrissgestalt an, so muss eine Ermittelung sämtlicher Grat-, Kehl- und Firstlinien der speziellen Dachkonstruktion vorausgehen und können die dann notwendigen sogenannten Dachausmittelungen häufig zu sehr komplizirten Lösungen Anlass geben.

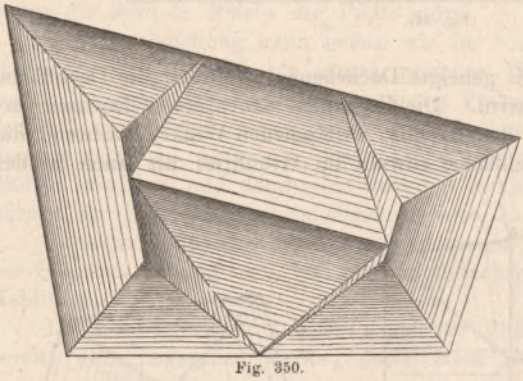


Fig. 350.

Ist die Gebäudeform so regelmässig, wie in nebenstehender Fig. 351, so bilden sich bei gleichen Tiefen, der sich durchdringenden Gebäudeflügel gleich hohe Firstlinien, und je nachdem die Anordnung von Giebeln oder Walmen verlangt ist, die entsprechenden Kehl- und Gratlinien.

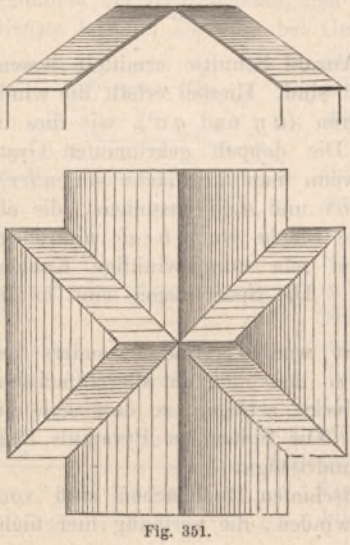


Fig. 351.

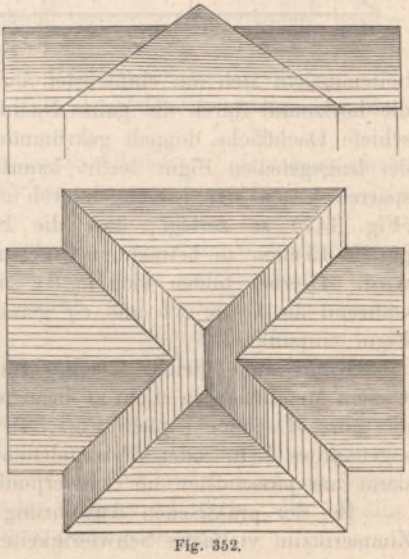


Fig. 352.

In Fig. 352 schliessen sich an das abgewalmte Hauptdach zwei weniger tiefe Satteldächer an; bei gleich hoher Traufe ergeben sich hierbei ungleich hoch liegende Firstlinien; in Fig. 353 ist für den weniger tiefen abgewalmten Anbau der Rückfront dieselbe Annahme gebraucht und wurden daher ungleich hohe Firste und gleich hohe Traufen erhalten, während der Anbau der Vorderfront als Satteldach gedacht ist, dessen First die gleiche Höhe des tieferen abgewalmten Hauptbaues zeigt, und ergeben sich hieraus dann ungleich hohe Traufen.

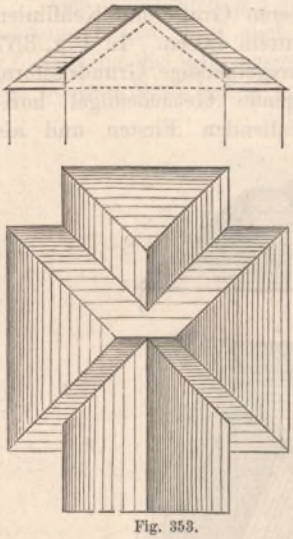


Fig. 353.

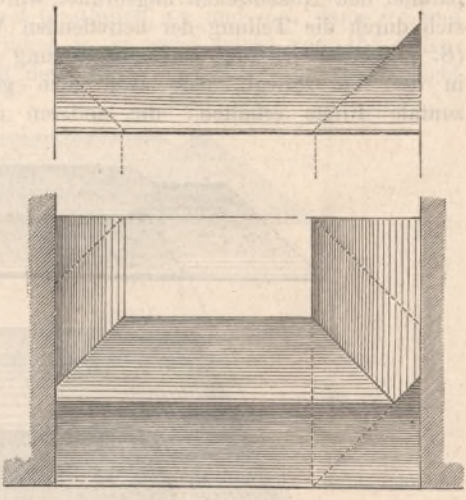


Fig. 354.

Hat man es mit einem Gebäude zu thun, dessen Front von beiden Seiten durch andere Bauten begrenzt ist, zugleich aber im Hofe Flügelbauten mit Pultdächern besitzt, so werden sich gleich hohe First- und Trauflinien ergeben, wenn der Flügelbau halb so tief als der Frontbau ist; bei geringerer oder grösserer Tiefe des angebauten Flügels werden deren Firste bei gleich hoher Trauflinie eine niedrigere bezw. höhere Lage erhalten, wie dies beim Hauptbaue der Fall ist. Fig. 354 giebt hierüber Aufschluss.

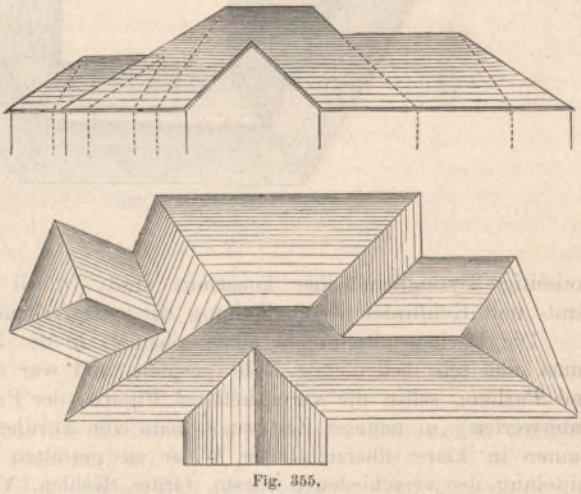


Fig. 355.

Würde ein freistehendes Gebäude eine sehr unregelmässige Grundform besitzen, wie dies in Fig. 355 angenommen ist, um daran das Wesen der Dachausmittelung zu erläutern, so ergeben sich

bei gleich hohen Trauflinien sämtliche Grat- und Firstlinien durch die Halbirung sämtlicher aus- und einspringenden Winkel, wobei selbstverständlich es nicht ausgeschlossen ist, diesem oder jenem Vorbau die Giebelform zu belassen.

Sind sehr unregelmässige Grundformen vorhanden, wie dies in Fig. 356 angenommen ist, wo ein regelmässig quadratischer Hof rings umbaut angenommen wurde, so zerlegt man die ganze Form wohl in der Art, dass durch die inneren Ecken des Hofes parallele Linien mit den Aussenseiten gezogen werden, wodurch 6 verschieden tiefe Dachflächen sich ergeben, deren Firste parallel den Aussenseiten angeordnet wurden, und deren Grat- und Kehllinien sich durch die Teilung der betreffenden Winkel ermitteln lassen. In Fig. 357 (S. 269) ist bei der Dachausmittelung dieselbe unregelmässige Grundrissform in der Art zerlegt, dass zwei sich gegenüberliegende Gebäudeflügel horizontale Firste erhalten, die anderen aber mit fallenden Firsten und als

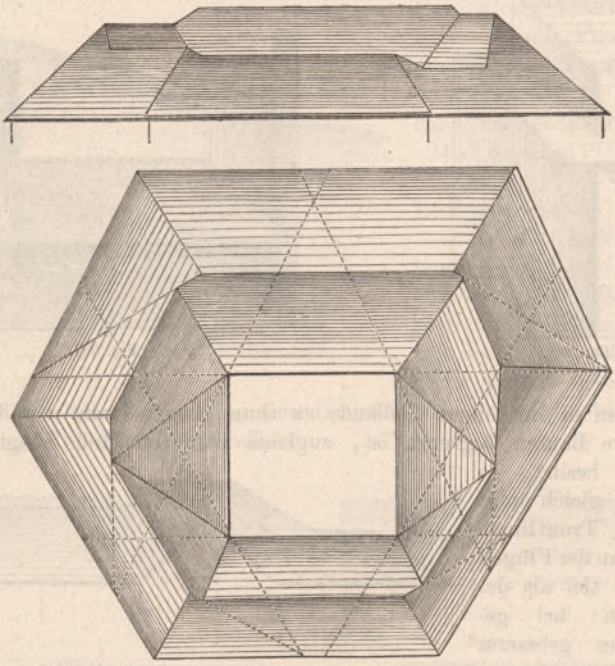


Fig. 356.

dreiseitige Pyramidendächer konstruirt sind, wobei sich ebenfalls wieder die Grat- und Kehllinien durch Teilung der entsprechenden Winkel ergeben.

Die Dachausmittelungen haben ehemals in der Zeit der zünftigen Zimmerkunst eine sehr bedeutende Rolle gespielt, und war es der Stolz vieler Meister und Parliere, selbst die verwickeltsten Figuren der Prozedur des Ausmittelns zu unterwerfen; in neuerer Zeit sucht man von vornherein die Gesamtmasse der Bauten in klarer übersichtlicher Weise zu gestalten und wird dabei die Ermittelung der verschiedenen Firste, Gräte, Kehlen, Verfallungen etc. keine besondere Schwierigkeit darbieten, wenn auch bei solchen Dachungen Kegel-Cylinder und Kugelflächen mit vorhanden sein sollten.

Als Uebungsaufgabe für die Dachausmittelung möchte daher die Tafel XXXI genügende Auskunft geben.

Fig. 1 und 2 stellt eine Gebäudeanlage dar, bei der sich verschieden tiefe Flügelbauten um einen oblongen Hofraum gruppiren; nach aussen treten nach drei Seiten hin mehrere grössere Vorbauten aus der Masse heraus.

Wir betrachten hier zuvörderst nur die Ausmittelung des Gebäudekomplexes und behalten uns vor, auf die Anordnung der Dachkonstruktion selbst später zurückzukommen.

Der Gebäudeteil $a\,b\,c\,d$, der in bezug auf seine Tiefe die grösste Abmessung besitzt, wird auch mit seinen 4 Gratlinien $a\,e$ und $d\,e$, dann $b\,f$ und $c\,f$, welche die 90^0 messenden Eckwinkel je in zwei solche von 45^0 teilen, das höchste Dach bilden und zwar mit dem Firste $e\,f$; nach links hin ergiebt

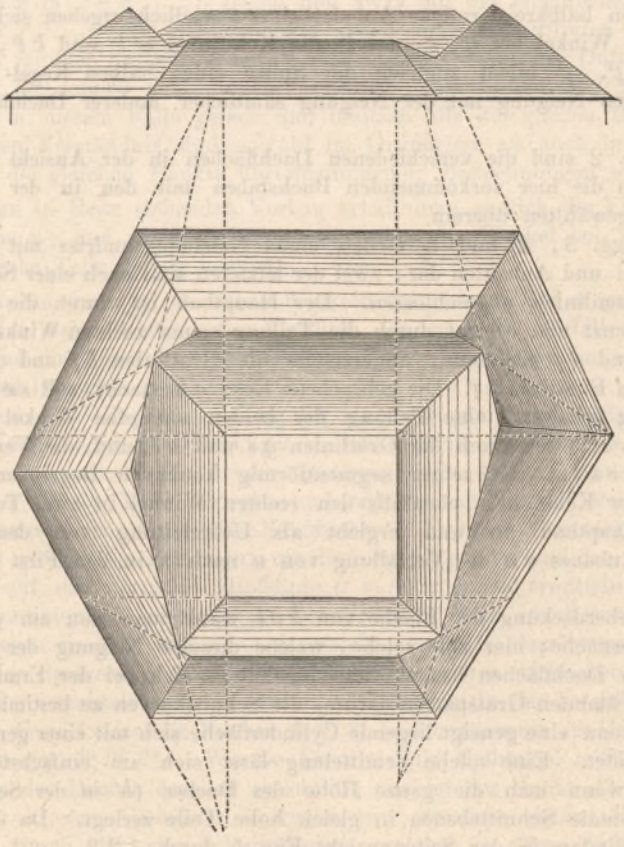


Fig. 357.

sich die Verfallung $e\,g$, sowie die Kehllinie $g\,g'$; der hier anstossende weniger tiefe Flügelbau hat seinen First in $g\,h$.

Für den Flügelbau $i\,k\,l\,m$ ergeben sich die Gratlinien $i\,n$ und $k\,n$, ferner die von $l\,o$ und $m\,o$ mit der ihnen zugehörenden Firstlinie $n\,o$ und den Verfallungen $n\,h$ und $o\,p$ und der Kehllinie $p\,p'$. Für den Gebäudeteil $r\,s\,t\,u\,v\,w\,x$

ergeben sich wiederum sämtliche Grat- und Kehllinien durch die Teilung aller hier vorhandenen ein- und ausspringenden Winkel. Die beiden Anfallspunkte $z\,z'$ begrenzen zugleich die sich bildende Firstlinie mit ihren Verfallungen $z\,x'$ und $z\,y'$, an welche sich dann weiters die Kehllinien $x'\,x$ und $y'\,y$ anschliessen. Die Firstlinie des schmalen Zwischenbaues $y'\,q$ vermittelt durch die Verfallung $n'\,q$ die Ueberleitung in den First des rechten Flügelbaues, welcher mit $w'\,v'\,u'\,t'\,s'\,p'\,q'\,o'$ bezeichnet ist. Für diesen Flügelbau ergeben sich durch die Teilung der Winkel bei v', w' und s' die Anfallspunkte m' und n', mit den dazu gehörigen Gratlinien $v'\,n'$, $w'\,n'$ und $s'\,m$ und dem Firste $m'\,n'$, welcher parallel mit $v'\,s'$ angenommen ist. Die Kehllinien $o'\,q$ und $q'\,m'$ gestalten sich dann bei der hier vorhandenen windschiefen Fläche $(o'\,q'\,m'\,n'\,q)$ doppelt gekrümmt. Den Uebergang vom Anfalls- und zugleich vom Firstpunkte m' in den niedriger liegenden First $i\,k'$ vermittelt in dem vorliegenden Falle eine geneigte Linie $m'\,k'$.

Für den halbkreisförmigen Anbau bei $u'\,t'$ endlich ergeben sich durch die Teilung der Winkel bei u', t' und l' die Kehllinien $u'\,l'$ und $l'\,t'$, bezw. die Firstlinie $l'\,f'$. f' bildet zugleich die Spitze eines halben Kegel- oder Zeltdaches, dessen Neigung mit der Neigung sämtlicher anderer Dachflächen übereinstimmt.

In Fig. 2 sind die verschiedenen Dachflächen in der Ansicht dargestellt, und stimmen die hier vorkommenden Buchstaben mit den in der Horizontal-Projektion gewählten überein.

Die Figg. 3, 4 und 5 stellen einen Gebäudegrundriss mit verschieden tiefem Flügel und Anbauten dar; zwei der letzteren sind nach einer Seite hin mit Kreissegmentenlinien abgeschlossen. Der Hauptbau ist durch die Buchstaben $a\,b\,c\,d$ begrenzt und ergiebt durch die Teilung seiner rechten Winkel die Gratlinien $a\,e$ und $d\,e$ einerseits, andererseits die Gratlinien $b\,f$ und $c\,f$ mit der gemeinsamen Firstlinie $e\,f$. Die gebrochene Ecke $g\,h$ macht, soll sie die gleiche Dachneigung erhalten, eine Teilung der beiden stumpfen Winkel notwendig und ergeben sich hierdurch die Gratlinien $g\,i$ und $h\,i$ und die Verfallung $f\,i$. Der Anbau $c\,k\,l\,m$ mit seiner segmentförmig konkaven Begrenzung schliesst sich mit der Kehle $m\,n$, ebenfalls den rechten Winkel in zwei Teile teilend, an den Hauptbau an und ergiebt als Ueberleitung von dem niederen First des Anbaues $o\,n$ die Verfallung von n nach f in den First des Hauptbaues $f\,c$.

Zur Ueberdeckung der Fläche von $k\,o\,l$ wählt man nun am geeignetsten eine Cylinderfläche; hier eine solche, welche dieselbe Neigung der einmal angenommenen Dachflächen besitzt, und handelt es sich bei der Ermittelung der doppelt gekrümmten Gratsparren darum, die Schnittkurven zu bestimmen, welche entstehen, wenn eine geneigt liegende Cylinderfläche sich mit einer geraden Dachfläche schneidet. Eine solche Ermittelung lässt sich am einfachsten dadurch gewinnen, wenn man die ganze Höhe des Daches (h' in der Seitenansicht) durch horizontale Schnittebenen in gleich hohe Teile zerlegt. Da die Axe des schrägen Cylinders in der Seitenansicht Fig. 5 durch $1\,2\,3\,\ldots\,0$ in 6 Teile geteilt ist, und die Radien $1\,1'$, $2\,2'$, $3\,3'\,\ldots\,0\,0'$ alle die gleichen sind, so lassen sich dieselben leicht in den Grundriss und zwar mit den dazu gehörigen Segmentbögen eintragen; bei der Durchführung dieser Operation sind dieselben Bezeichnungen beibehalten. Der Segmentbogen $k\,l$, dessen Mittelpunkt in 1 und dessen Radius $1\,1''$ ist, wiederholt sich in 2, 3, $4\,\ldots\,6$, und scheiden diese Segmentbögen die in gleichen Höhen liegenden Schnittlinien der geraden Dachflächen mit den Schnittebenen in den Punkten $2^0\,3^0\,\ldots\,6^0$, woraus sich

dann sowohl im Grundrisse, wie auch in der Seitenansicht die doppelt gebogenen Gratlinien für die cylinderförmige Dachfläche ergeben.

Die im Grundrisse mit $2^* 2^0$, $3^* 3^0$, $4^* 4^0$ .... dargestellten Linien sind somit gerade Mantellinien, und kann dementsprechend auch diese Cylinderfläche mittelst gerader Sparrenhölzer ausgeführt werden.

In ganz analoger Weise wird verfahren bei der Dachausmittelung des mit $r\,s\,t\,d$ bezeichneten Anbaues; auch hier wählt man für die Dachfläche des von einer Seite segmentförmig konvex begrenzten Flügels eine Cylinderfläche, welcher man die vorgeschriebene Dachneigung giebt, und zerlegt zur Ermittelung der auch hier doppelt gekrümmten Gratlinien die ganze Höhe durch Schnittebenen in 6 gleiche Teile.

Der Segmentbogen $s\,t$, dessen Mittelpunkt in 1 liegt und dessen Radius $= 1\,1'$ ist, bleibt in allen Schnitten derselbe, so dass die Mittelpunkte der Kreise weiters in $2\,3\,4\,....\,6$ liegen und zwar mit den entsprechenden Radien von $2\,2'$, $3\,3'$..... Die Schnittpunkte gleich hoher Schnittlinien der geraden Dachflächen mit der des gebogenen Walms ergeben dann die Durchdringungskurve, hier die doppelt gekrümmten Gratlinien; die Linien $2^* 2^0$, $3^* 3^0$.... sind auch in diesem Falle gerade und besitzen alle die gleiche Dachneigung. Zum besseren Verständnis sind sowohl im Grundrisse als auch in der Seitenansicht für die gleichen Punkte übereinstimmende Bezeichnungen gewählt.

Für den in Rede stehenden Vorbau erhält man endlich die Firstlinie $o\,u$, die Kehllinie $u\,r$ und die Verfallung $e\,u$, indem die Winkel bei r und bei d in zwei gleiche Teile geteilt werden.

Der Anbau $v\,w\,x\,a$, in seinen Winkeln bei v, w, x und a geteilt, ergiebt die Gratlinien $x\,y$ und $w\,y$, die Firstlinie $y\,z$ und die Kehllinien $v\,z$ und $a\,a'$, während die Linie $z\,e$ die Verfallung des höher liegenden Grats $f\,e$, in den niedriger liegenden $z\,y$ bildet.

Um nun auch die Ausmittelung für eine die geraden Dachflächen durchbrechende Kuppel oder hier Halbkugel zu erhalten, ist die Höhe der Halbkugel, in so weit sie innerhalb der geraden Dachung liegt, durch horizontale Schnittebenen in 4 gleiche Teile zerlegt, und ergeben sich Punkte der betreffenden Durchdringungskurven da, wo diese Schnittebenen die hier in betracht kommenden Dachflächen gleichzeitig schneiden; um diese Schnittpunkte auf den Gräten $x\,y$, $w\,y$ dann auf der normalen Hülfslinie $b'\,y$ recht genau ermitteln zu können, sind die Gratlinien $x\,y$ und $w\,y$ im Grundrisse in ihrer wirklichen Grösse und Lage und zwar in $x'\,y'$ und $w'\,y'$ dargestellt, und ist dasselbe geschehen mit der normalen Sparrenlinie $b'\,y$, die ebenfalls in ihrer wirklichen Länge und Lage in $b''\,y'$ ermittelt ist, in allen drei Fällen giebt der betreffende Kugelschnitt mit diesen Linien die Punkte $1, 2, 3$, beziehungsweise im Grundriss und Aufriss die von $1^0\,2^0\,3^0$. Wo die Firstlinie die Halbkugel trifft, ist in der Frontansicht des Daches deutlich ersichtlich und ist der Punkt 4^0 mit gleicher Bezeichnung in den Grundriss übergetragen; sämtliche andere Schnittpunkte lassen sich durch die vier Schnittebenen, welchen in allen Projektionen die gleiche Bezeichnung $4^0\,5^0\,6^0\,7^0$ gegeben wurde, leicht ermitteln.

Nach diesen Erörterungen kann es nicht mehr schwer fallen, diejenigen Dachlinien zu ermitteln, welche durch den Anbau $a\,c'\,d'\,e'$ sich ergeben müssen.

Da dieser Anbau als Satteldach konstruirt gedacht ist, und dem entsprechend einen Giebel erhält, so ergiebt sich die Firstlinie $a'\,f'$ und die Kehllinien (durch die Teilung der Winkel a und e') $a\,a'$ und $e'\,a'$.

Bei der speziellen Konstruktion von Dächern mit Gräten und Kehlen, Verfallungen etc. sind alle jene Momente massgebend, die bei der Besprechung der Satteldächer Erwähnung fanden; die Ausführung dieser Dachteile jedoch ist so vorherrschend praktischer Natur und berührt so speziell das Zimmergewerbe, dass wir uns hier darauf beschränken werden, nur das Notwendigste zu geben, um einen allgemeinen Ueberblick darüber zu gewinnen.

Die bei der Ermittelung von Gräten und Kehlen erhaltenen Linien bilden die Mittellinie für die Grat- und Kehlsparren, und zwar in der Art, dass je die Hälfte einer der sich schneidenden Dachflächen angehört. Zur Erklärung möge Tafel XXXII dienen, auf welcher in Fig. 1 der Grundriss eines Daches mit Wiederkehr dargestellt ist; die gleich tiefen Gebäudeflügel treffen sich im rechten Winkel und machen die Gräte $a\,b$, $c\,b$ und $f\,e$ und die Kehle $d\,e$ notwendig.

Betrachten wir die von den Gratsparren $a\,b$ und $c\,b$ begrenzte Walmdachfläche, so wird dieselbe von einer Anzahl ungleich langer Sparren gebildet, die zwar am Fusse des Daches beginnen, aber nicht bis in den First aufsteigen, sondern sich an die Gratsparren mit der sogenannten Backenschmiege stumpf anlegen; diese Sparren $1, 2, 3, 4, 5, 5', 4', 3', 2', 1'$ nennt man im Unterschiede von den Sparren der Satteldächer, Schiftsparren oder schlechtweg Schifter und unterscheidet man hierbei wohl einfache Schifter der rechten und der linken Walmseite.

Ein sogenannter Mittelschifter, welcher hin und wieder in der Mitte der Walmfläche angeordnet wird und entweder von dem Anfallspunkt des Walms oder von dem Winkel ausgeht, welchen die Gratsparren zunächst des Anfallspunktes gegen die Walmseite einschliessen, ist im allgemeinen lieber zu vermeiden.

Ihre Verwendung jedoch ergiebt die Modifikationen, welche in den Figg. 7, 7a und 7b Taf. XXXII dargestellt sind.

Sämtliche Schift- und Gratsparren setzen sich mit ihren Fussenden in die Balkenstiche $a'\,a'\,a'\,\ldots\ldots$ bzw. Gratstichbalken $b'\,b'$ ein, wie dies in den Detailfiguren 3 und 4 deutlich dargestellt ist.

Während die Stichbalken für sämtliche Schifter nur kurz sind und einen gewöhnlichen Zapfen erhalten, greifen die Gratstichbalken $b'\,b'$ mit Schwalbenschwanzblättern über zwei Dachbalken hin fort, und sind dadurch befähigt, den viel grösseren Horizontalschub aufzunehmen.

Die Gratsparren legen sich im Firste stumpf gegen einander so an, dass sie zugleich an dem sogenannten Anfallsgebinde (Fig. 7) einen sicheren Stützpunkt finden; ihre Querschnittform ist die eines Fünfecks und variirt je nach der Wahl der Dachneigung; in Fig. 4 bei c' ist ein solcher Querschnitt in wirklicher Gestalt für den daselbst angenommenen Fall herausgetragen; die betreffende Höhe des Gratsparrenquerschnitts steht selbstverständlich mit der Höhendimension der Schiftsparren in Zusammenhang. Alle Schiftsparren, sowohl die der Walmseite $a'\,a'\,a'$, als die der beiden Seitenflächen $a''\,a''\,a''\ldots$. werden an die Gratsparren angeschiftet, das heisst sämtliche Schifter sind mit solchen Schnitten zu versehen, dass sie sich genau an die Gratsparren anlegen; diese Schnittflächen werden Backenschmiegen genannt, und sind dieselben für das gewählte Beispiel in Fig. 3 und 4 dargestellt und mit $d\,d$, beziehungsweise mit $d'\,d'$ bezeichnet; im letzteren Fall zeigt sich die Backenschmiege in wirklicher Grösse.

Dieselben Schiftungen, wie sie oben besprochen wurden, werden für das gewählte Beispiel auch für den Gratsparren $f\,e$ notwendig, welcher bei den gleich

tief angenommenen Flügelbauten mit dem Kehlsparren $d\,e$ (Fig. 1) sich im Firste verzapft.

Ein solcher Kehlsparren, durch die Figuren 5, 5a und 5b in drei verschiedenen Projektionen dargestellt, (und mit $c'\,c'$ bezeichnet) besitzt im Querschnitt die Form eines Fünfecks mit einspringendem Winkel, und schiften sich auch an ihn die einzelnen Schiftsparren mit der Backenschmiege $e\,e$ bezw. $e'\,e'$ an; im letzteren Falle sieht man die Schiftfläche in ihrer wirklichen Grösse.

Die Befestigung der Kehlschifter aber an die Kehlsparren mittelst der sogenannten glatten Backenschmiege bietet durch die hier angewendete Nagelung einen nur äusserst geringen Halt und verwendet man deshalb statt dieser die Gabelschmiege, wie solche in den Figuren 6, 6a und 6b dargestellt ist. Bei diesem Verfahren setzt man den Kehlsparren von der äusseren Fusslinie des Daches zurück, so dass die Oberfläche desselben nicht mehr in die nach der Kehllinie sich schneidende Dachfläche fällt; der Kehlsparren dient alsdann dazu, die Kehlschifter, welche auf ihn aufgeklaut werden, kräftig zu unterstützen und wird damit die einwärts gekehlte fünfeckige Form, wie dies Fig. 6c ersichtlich macht, unnötig. Durch dieses Verfahren wird Holz und Arbeit erspart, die Verbindung bedeutend solider und ist daher die Gabelschiftung der glatten vorzuziehen.

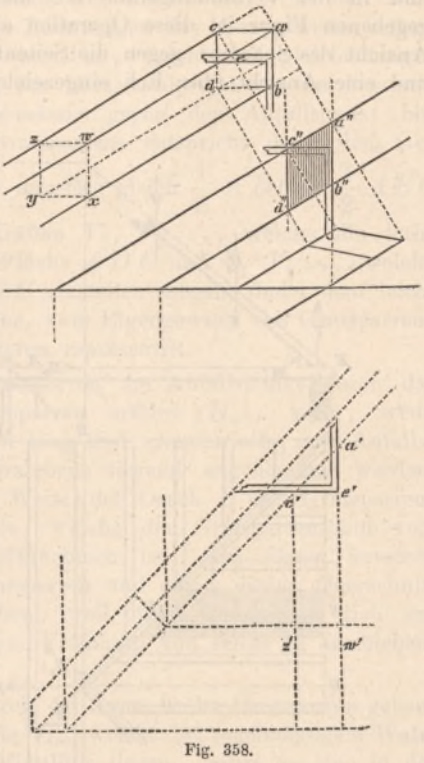


Fig. 358.

Um die Schnittflächen zwischen dem Gratsparren und einem der Schifter zu finden, ist es notwendig, zwei Richtungen (Schmiegen) derselben zu bestimmen, und werden diese als Lot- und Backenschmiege bezeichnet.

Die Lotschmiege $a\,b$ (Fig. 358) ist der Schnitt der vertikalen Seitenflächen des Grat- und Schiftsparrens und bildet mit der Sparrenkante einen Winkel, welcher das Komplement der Dachneigung ist.

Der Zimmermann bestimmt sie, indem er den Schiftsparren genau auf das „Lehrgebind“ legt und von dem Endpunkte a'' der oberen Kante eine Lotrechte $a''\,b''$ zur Basis des Gebindes fällt. Um die andere Richtung der Schnittfläche zwischen Schift- und Gratsparren, die Backenschmiege $a\,c$ zu finden, ist zu berücksichtigen, dass die senkrecht gemessene Entfernung des Punktes c von der Ebene der Lotschmiege gleich $a'\,e'$ ist. Eine in dieser Entfernung zu $a''\,b''$ parallele Linie $c''\,d''$ giebt somit die vertikale Schnittlinie der seitlichen Fläche $c\,d\,z\,y$ des Schiftsparren mit dem Gratsparren; $a\,c$ stellt dann die Backenschmiege dar und ein durch $a\,c$ und $a\,b$ geführter Sägeschnitt giebt die Schmiegfläche $a\,b\,c\,d$.

In der Praxis ermittelt der Zimmermann die Lage des Punktes c auf der

Kante $c\,z$ dadurch, dass er im „Werksatz“ ein Winkelmass, mit dessen einem Schenkel auf die aufgeschnürte Schiftsparrenkante $w'\,a'$ legt und so lange verschiebt, bis der andere Schenkel durch die Horizontal-Projektion c' des Punktes c geht und sich hierbei die Entfernung $a'\,e'$ auf dem Winkelmass bezeichnet; letzteres wird hierauf mit dem unbezeichneten Schenkel an die Lotschmiege $a\,b$ gelegt, und so lange verschoben, bis der vertikale Punkt e in die Kante $a\,w$ fällt; eine von e auf die Kante $a\,w$ errichtete Senkrechte ergiebt auf der gegenüberliegenden Kante $c\,z$ den korrespondirenden Punkt c, und in der Verbindungslinie $a\,c$ die gesuchte Backenschmiege. In der beigegebenen Figur ist diese Operation angedeutet und die Schnittfläche in einer Ansicht des Sparrens gegen die Seitenfläche $a\,b\,w\,x$, die untere Fläche $b\,d\,y\,x$ und eine Ansicht über Eck eingezeichnet.

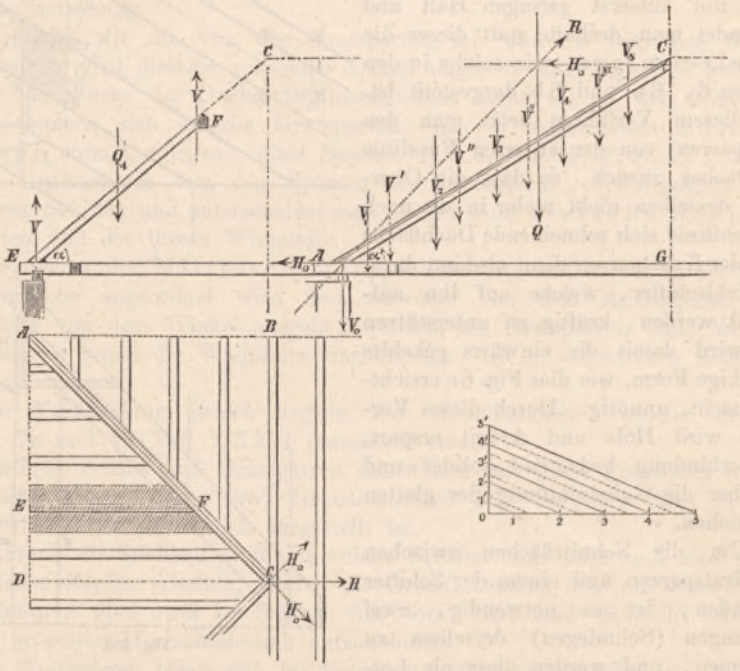


Fig. 359.

Um die Kräfte, welche in den Walmkonstruktionen sich geltend machen, kennen zu lernen, betrachten wir den Fall, wo ein einfaches Sparrendach mit einem regelmässigen Walm versehen wird (Fig. 359). Irgend ein Schiftsparren, z. B. $E\,F$, ist mit einem gleichmässig über seine Länge verteilten Gewicht Q_4 belastet zu denken, welches einer Belastungsfläche von der Länge des Schifters und einer Breite gleich der Sparrenentfernung entspricht. Setzt man voraus, dass, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Schmiege des Schiftsparrens mit der Seitenfläche des Gratsparrens durch Nagelung fest verbunden sei, so kann man annehmen, dass der Widerstand V des Gratsparrens gegen den Schifter in vertikaler Richtung erfolgt.

In diesem Falle ist dann auch der Druck des Schifters gegen den Stichbalken in E vertikal gerichtet und jede der Kräfte V an Grösse gleich $\frac{1}{2}Q_4$.

Die Schiftsparren üben also unter obiger Annahme keinerlei Schub gegen die Stiche aus und erleiden selbst in ihrem meist beanspruchten Querschnitt lediglich einen Angriff auf Biegung, entsprechend dem Maximalmoment der normal zur Sparrenrichtung liegenden Lastkomponente für die Mitte der Schiftsparrenlänge.

Da in der Praxis alle Schiftsparren unter sich und mit den ganzen Gespärren gleiche Stärke erhalten, so ist es überflüssig, aus der vorhandenen Beanspruchungen ihren Querschnitt zu berechnen. Indem man nun für sämtliche Schifter die an der Unterstützungsstelle am Gratsparren wirkenden Auflagerkräfte V bestimmt, erhält man die Belastungen des Gratsparrens selbst, welche in einer Reihe vertikaler Lasten bestehen, welche bei gleichmässiger Einteilung der Schiftsparren proportional der Horizontalprojektion der letzteren von dem Fuss des Gratsparrens gleichmässig gegen den Anfallspunkt hin wachsen. Die gesamte Belastung des Gratsparrens entspricht dann dem Gewicht einer Dachfläche, welche an Grösse ungefähr gleich $\frac{1}{2} A D C + \frac{1}{2} A B C$ angenommen werden kann. Aus den Kräften V_1, $V_2 \ldots$, welche die lothrechten Drücke der Schiftsparren in der Fläche $A D C$ und $V_1' V_2' \ldots$, welche die entsprechenden der Walmfläche $A B C$ vorstellen mögen, findet man leicht die Grösse und Lage der Kraft Q, welche, vom Eigengewicht des Gratsparrens abgesehen, die Gesamtbelastung des letzteren repräsentirt.

Der Gegendruck, welchen der Gratsparren am Anfallspunkt durch das Anfallsgebinde und den anderen Gratsparren erfährt (H_0), kann, wenn wie angenommen die beiden Gräte gleich lang und symmetrisch zum Anfallsgebinde liegen, horizontal und in der Gratebene liegend angenommen werden. Hieraus ergiebt sich dann auf bekannte Weise der Druck R des Gratsparrens in A und dessen horizontale Komponente, welche den Gratsparrenschub vorstellt, der von dem Gratstichbalken aufzunehmen ist. Aus diesen äusseren Kräften die inneren Spannungen im Gratsparren und damit dessen Querschnitt zu bestimmen, kann deswegen unterbleiben, weil dieser Querschnitt sich aus dem auf pag. 272 mitgeteilten praktischen Verfahren von selbst in ausreichender Grösse ergiebt.

Im Anfallspunkt wirken in den durch die Axen beider Gratsparren gehenden Vertikalebenen die horizontalen Kräfte H_0, welche bei regelmässigem Walm gleich gross sind und symmetrisch zur Firstlinie liegen, daher in eine in der Richtung der letzteren liegende Horizontalkraft H zusammengefasst werden können. Diese Kraft H sucht das Anfallsgebinde umzukanten und muss daher durch den Längsverband des Daches unschädlich gemacht, oder durch einen Gegenwalm, der durch die Schalung oder Lattung des Daches mit dem vorigen horizontal verspannt ist, aufgehoben werden. Sind bei nicht symmetrisch zur Firstlinie angeordnetem Walm die Kräfte H_0 ungleich, so ist die Resultirende beider schräg gegen die Ebene des Anfallsgebindes gerichtet, kann daher in eine längs der Firstkante und eine in der Ebene jenes Gebindes horizontal wirkende Komponente zerlegt werden. Letztere sucht den Anfallspunkt in der Vertikalebene des Gebindes zu verschieben, weshalb in solchen Fällen eine gute Befestigung der Gratsparren am Anfallspunkte angezeigt ist.

Betrachten wir nun den anderen Fall, wo die Schifter sich an den Gratsparren lediglich mit einer Schmiege anschliessen und eine Nagelung nicht vorhanden oder nicht wirksam ist, Fig. 360 (S. 276), so ergiebt sich sofort, dass in diesem Fall die Reaktion des Gratsparrens, abgesehen von der Reibung, horizontal

erfolgt und deshalb auch jeder Schifter auf den Stichbalken einen Horizontalschub H ausübt, der an Grösse gleich jener Reaktion ist. Diese Horizontalkräfte sucht man namentlich dann zu umgehen, wenn die Stiche, wie es bei den Kniestockdächern der Fall ist, nicht direkt in die Balkenlage eingreifen und hierfür ist eine gute Befestigung der Schifter am Gratsparren das geeignetste Mittel. Die Horizontalkräfte H' am Gratsparren vereinigen sich, da sie in jedem Punkte des Gratsparrens nach 2 symmetrisch zur Gratebene liegenden Richtungen und in gleicher Grösse wirken, zu Kräften W, welche in der Gratebene gelegen und horizontal von aussen nach innen gerichtet sind. Sie bilden, wenn man von der Eigenlast des Gratsparrens absieht, die einzige

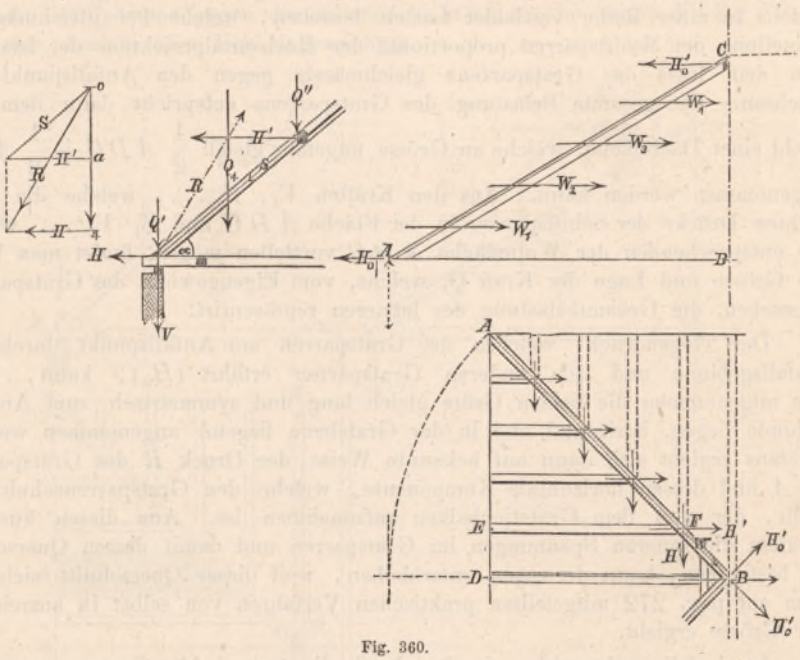


Fig. 360.

Beanspruchung desselben; doch bestimmt sich der Querschnitt des Gratsparrens wieder nicht hieraus, sondern aus der praktischen Uebung, welche bei der Besprechung des „Schiftens“ angegeben ist.

Bestimmt man die zu den Kräften W_1 W_2 ... parallelen, in A und C wirkenden Auflagerkräfte H_0 und H_0' auf bekannte Art, so erhält man hierdurch wieder den vom Gratstichbalken aufzunehmenden Schub des Gratsparrens, sowie den Druck, mit welchem sich die im Anfallspunkt zusammenstossenden Gratsparren horizontal aneinanderpressen. Die beiden Kräfte H_0', in den Gratebenen wirkend, geben nach Fig. 360 wieder eine einzige, in der Firstlinie wirkende Horizontalkraft H, zu welcher sich noch der Horizontaldruck des in der Mittelebene des Walms liegenden Schiftsparrens addirt. Wie diese Horizontalkräfte aufgehoben werden, wurde bereits oben auseinandergesetzt.

Fallen die Anfallspunkte des Walmdaches in einen Punkt zusammen, so liegt ein Zeltdach vor, dessen statische Verhältnisse genau so, wie bei dem vorher betrachteten Walmdache gelagert sind. In Fig. 361 (S. 277) macht wieder das Gewicht der Dachflächen $\frac{1}{2}(A\,E\,O + A\,G\,O)$ die von A gegen die Spitze

O hin allmählich anwachsende Belastung des Gratsparrens $A\,O$ aus, dessen Querschnitt hieraus gefunden werden kann. Am einfachsten erscheint es jedoch, den Schiftsparren des Zeltdaches gleiche Stärke mit dem Gespärre eines Satteldaches zu geben, welches unter sonst gleichen Umständen dieselbe Spannweite wie das Zeltdach besitzt, und den Gratsparren in seinem Querschnitt so zu gestalten, wie er bei der Abwalmung dieses Satteldaches sich ergeben würde.

Bei der speziellen Anordnung von Walmdächern mit Kehlgebälk ergeben sich für die Walmfläche nicht bloss Balkenstiche, bezw. Gratbalkenstiche, sondern auch Kehlbalkenstiche bezw. Gratkehlbalkenstiche, welche ebenso, wie die Kehlbalken, durch Rahmhölzer unterstützt werden; im Grat treffen dementsprechend die Rahmhölzer auf einander; sie sind daselbst auf Gehrung zusammen geblattet und durch eine stehende Stuhlsäule unterstützt. Findet diese Stuhlsäule nicht gerade auf einem der Balken einen sichern Stützpunkt, so ist an der betreffenden Stelle ein Wechsel einzulegen, wie dies in Fig. 1 Taf. XXXII angedeutet ist. Da es sich bei der oben erwähnten Anordung eines Walmes mit stehendem Stuhl darum handelt, dem Dachrahmen eine gesicherte Lage zu geben, so ist derselbe unabhängig vom Anfallsgebinde durch eine weitere stehende Stuhlsäule zu unterstützen, und können hier 3, unter Umständen 4 Leergebinde eingeschaltet werden. (Fig. 362, S. 278).

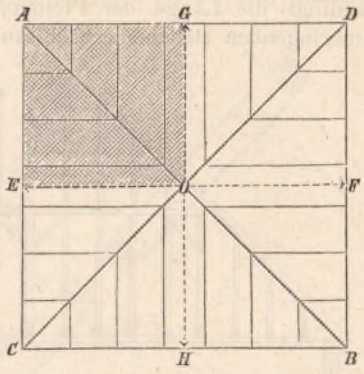


Fig. 361.

Anders jedoch verhält es sich bei Anwendung des liegenden Stuhles (siehe Fig. 363, S. 278), wo bei jedem Hauptgebinde ausser dem Kehlbalken noch ein Spannriegel benötigt wird.

Hier muss das Anfallsgebinde stets Hauptgebinde sein, um die Spannriegel der Gratgebinde, welche selbstverständlich einer Unterstützung durch liegende Stuhlsäulen nicht entbehren können, in sich aufzunehmen.

Wenn auch im allgemeinen die Anordnung von Walmdächern unter Berücksichtigung sämtlicher Verbandhölzer, und unter allenfallsigem Vorkommen von Wiederkehren etc. keine grossen Schwierigkeiten darbietet, so erfordert dies doch unter Umständen sehr viel Umsicht und konstruktive Gewandtheit, besonders aber einen hohen Grad von Vertrautheit mit der Praxis, auf die speziell einzugehen ausser unserer Aufgabe liegt.

Bei der Vielseitigkeit der Variationen in bezug auf die Walmdachkonstruktionen würde jede eingehende Behandlung einen übermässigen Stoff in Anspruch nehmen und werden wir hier uns begnügen müssen, nur das Notwendigste zu besprechen.

So verweisen wir dabei auf Tafel XXXI Fig. 1 und 2, wo der bereits „ausgemittelte“ Häuserkomplex mit einer Pfettendachkonstruktion mit stehendem Stuhl und Kniestock freilich nur in Skizze dargestellt ist.

Haben die Grat- und Kehlsparren, sowie die einzelnen Anfallsgebinde in erster Linie ihre Anordnung gefunden, und sind dazwischen die anderen Gebinde gleichmässig verteilt, so ergiebt sich ein Bild für sämtliche Sparren und Schifter; das Schwellholz, auf welchem die Sparrenfüsse aufliegen und das im vorliegenden Falle den Rahmen für die Kniewand bildet, verfolgt in seiner Lage die Innenseite sämmtlicher Umfassungswände, und ist überall, besonders

an sämtlichen Eckpunkten, durch Kniestock-Stiele unter Anwendung von Kopfbändern sicher zu unterstützen.

Bei den verschiedenen Flügelbautiefen ist es in den meisten Fällen rätlich, zuerst das Profil des tiefsten Flügels zu entwerfen; dies ist in Fig. 1a geschehen; weitere Profile sind in den Figg. 1b und 1c dargestellt; bei allen diesen Querschnitten müssen dann sowohl die sparrenstützenden Pfetten als auch die Spannkehlbalken der Hauptbinder auf gleichen Höhen liegen; weiteres bedingt die Länge der Pfetten, die Anzahl der in den Hauptgebinden anzubringenden stehenden Stuhlsäulen, unter Berücksichtigung von Kopfbändern.

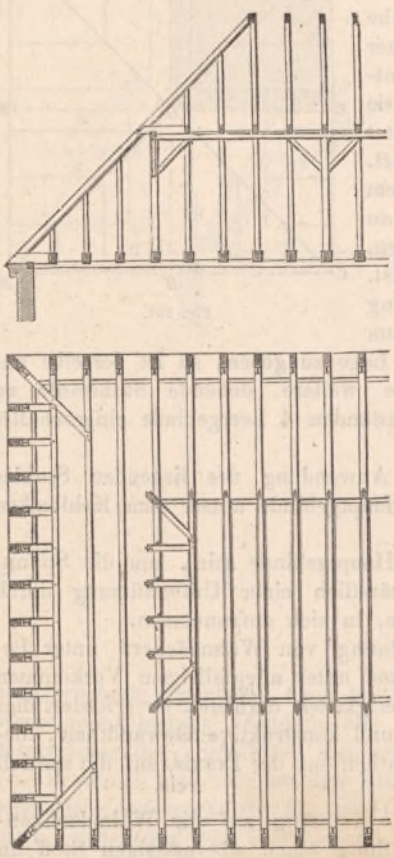


Fig. 362.

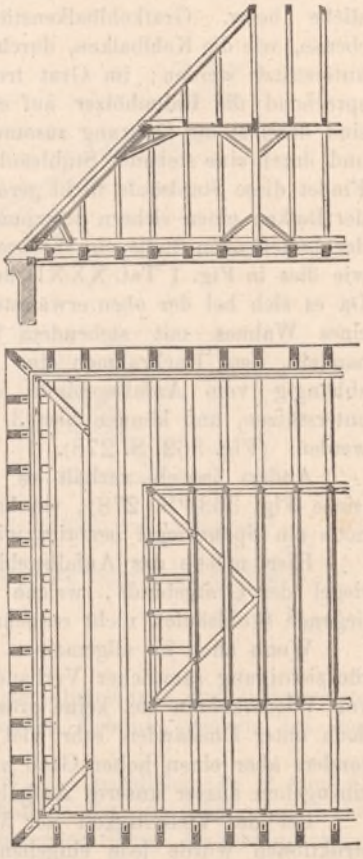


Fig. 363.

Aus den verschiedenen Profilen lassen sich die sämtlichen Pfetten leicht in die Horizontal-Projektion übertragen, so dass im Grundrisse sich ein übersichtliches Bild über die ganze Konstruktion gewinnen lassen wird.

Nicht unbedeutende Schwierigkeiten ergeben sich jedoch stets bei Ausführung von windschiefen Dachflächen; in unserer Figur würde es sich hierbei um die gegen den Hof liegende Fläche $o' q m' n' q'$ handeln, und macht deren Ausführung es notwendig, dass nicht nur die sparrenunterstützende Pfette windschief ausgearbeitet werden muss, sondern es ist dies auch von sämtlichen Sparren zu sagen.

Alle Sparren von windschiefen Dachflächen, welche ursprünglich einen rechtwinkligen Querschnitt besitzen, werden am Fussende durch eine der Traufe parallele Linie geschnitten, wie dies in der beigegebenen Figur 364 im Grundrisse ersichtlich ist. Durch eine solche Schnittlinie wird nun von jedem Sparren ein Dreieck fortgeschnitten, dessen wirkliche Grösse seitwärts Darstellung gefunden hat. Aus diesem Dreieck (als Pyramidenbasis) lässt sich eine Pyramide gestalten, deren Spitze in dem einen Firstpunkte des Sparrens liegt, und muss diese Pyramide von dem Sparren abgearbeitet werden, um ihn für die windschiefe Dachfläche tauglich zu machen; ohne diese Abarbeitung ist ein normales Aufbringen der für die Dachdeckung benötigten Belattung oder Schalung gar nicht möglich. In beigegebener Figur ist im Grundriss die Form des Sparrens im Horizontal-Schnitt dargestellt, wie sich derselbe auf den Balken aufsetzt; Schnitte in verschiedenen Höhen durch denselben Sparren gemacht, sind im Aufrisse dargestellt, und weichen um so weniger von der normalen Form des Rechteckes ab, je mehr sich diese Schnitte dem First nähern, in welchen sie die reguläre Rechtecksform wieder annehmen.

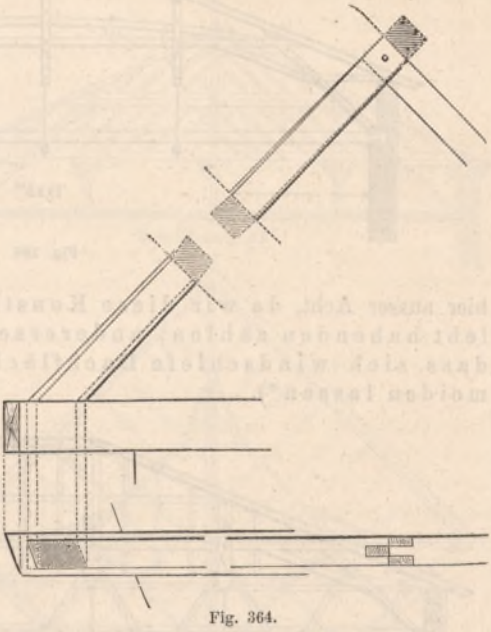


Fig. 364.

In analoger Weise wird auch die innere Fläche des Sparrens behandelt, und ist dies gleichfalls in der beigegebenen Figur klar zu machen gesucht.

Auch die Dachrähme und Schwellen werden in ihren Formen alterirt, sobald wir es mit windschiefen Flächen zu thun haben; denn da der Neigungswinkel der Dachfläche in jedem Punkte der Länge des Daches sich ändert,

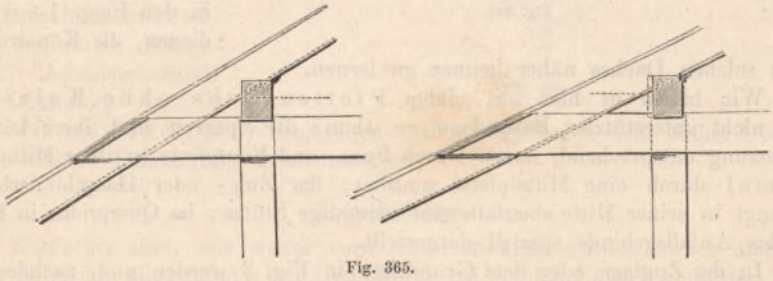


Fig. 365.

können dieselben nicht überall den gleichen Querschnitt haben, und müssen beispielsweise bei der veralteten liegenden Dachstuhlkonstruktion besonders „herausgetragen“ werden. Bei Pfettendächern gestaltet sich die Pfettenform einfacher und kann bei gleichem Querschnitt der Pfette durch eine leichte Krümmung ein Ausgleich erreicht werden, wie dies die beigegebene Fig. 365

verdeutlichen möge; zwei Sparren mit verschiedenen Neigungswinkeln und den dazu gehörigen Pfetten, Stuhlsäulen und doppelten Kehlbalken sind hierbei so dargestellt, dass sich daraus die Krümmung für die Pfette von selbst ergiebt.

Die Schwierigkeiten bei der Ausführung von Walmdächern mit dem veralteten liegenden Stuhl, die so vielfach in den älteren, mehr zünftigen Zimmermannslehrbüchern zum Gegenstande der Erörterung gemacht wurde, lassen wir

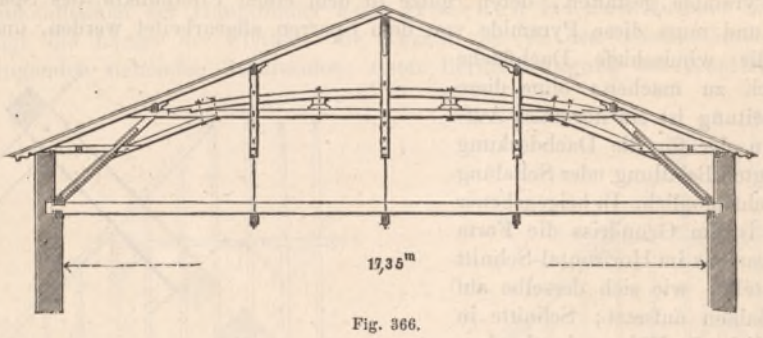


Fig. 366.

hier ausser Acht, da wir diese Konstruktion zu den sich überlebt habenden zählen, andererseits aber der Ansicht sind, dass sich windschiefe Dachflächen überhaupt leicht vermeiden lassen*).

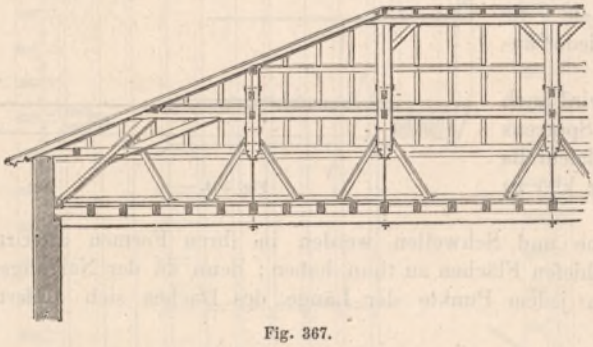


Fig. 367.

Handelt es sich darum, ein Walmdach mit Hängewerk zu konstruiren, so ergeben sich auch hier die verschiedensten Lösungen, die selbstverständlich aus den gegebenen Bedingungen hervorgehen müssen, die ja äussert variabel sind! Es möge ein Beispiel auf Taf. XXXIII in den Figg. 1—6 dazu dienen, die Konstruktion eines solchen Daches näher kennen zu lernen.

Wir haben es hier mit einem Pfettendache ohne Kniestock und nicht unterstützter Balkenlage zu thun; die Sparren sind, ihrer Längenabmessung entsprechend, ausser durch Fuss- und Firstpfette in ihrer Mitte noch einmal durch eine Mittelpfette gestützt; der Zug- oder Hauptbinderbalken verlangt in seiner Mitte ebenfalls eine einmalige Stütze; im Querprofile in Fig. 1 ist das Anfallsgebinde speziell dargestellt.

In der Zuglage oder dem Grundrisse in Fig. 3 werden nun, nachdem das Anfallsgebinde und die Gratgebinde fixirt sind, sämtliche Sparren mit ihren Zug- und Stichbalken eingezeichnet; trägt man dann ferners die Pfetten in den Grundriss ein, so wird man sich vor allem darüber klar werden müssen, wie

*) Wir verweisen auf die speciell für Praktiker behandelten Werke von Gilly, Emy, Müller, Rhomberg etc. etc.

diesen eine durchaus gesicherte Unterstützung zu teil werden kann. Aus diesen Erwägungen geht die Anordnung der Hauptbinder hervor, die in unserer Aufgabe je 3 Leergebinde zwischen sich aufnehmen. Um die sparrentragenden Mittelpfetten im Walm gehörig zu unterstützen, wurde das Hauptgebinde in Fig. 4 notwendig, dessen Hängesäule, wie das in Fig. 2 deutlich ersichtlich ist, durch 2 Hängestreben in Schwebe gehalten wird.

Der im Walm angeordnete Mittelsparren wird in seiner Mitte von einer Doppelpfette, die der Länge nach über die doppelten Spannkehlbalken fortläuft und mit denselben verkämmt ist, umfasst und verboltzt; hierdurch ist ein ungemein kräftiger Langverband in der Mitte des Daches geschaffen; an dieser doppelten Mittelpfette finden zugleich die, die Lehrsparren tragenden Pfetten der Walmseite einen energischen Halt.

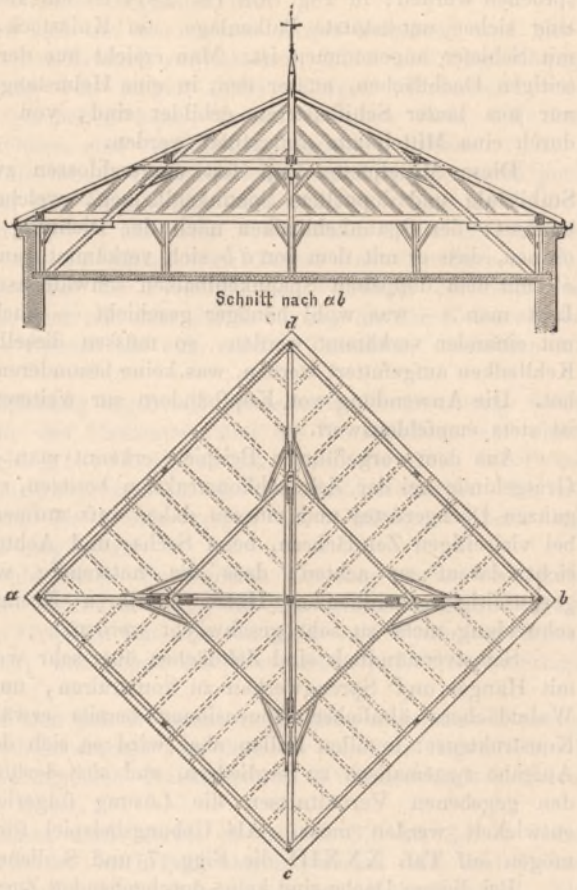


Fig. 368.

Zur weiteren Erläuterung dienen die Details in Fig. 5 und 6; der Dachbodenbelag findet seine Unterstützung in den Langbalken, welchen die Zug- oder Binderbalken des Daches als Unterzug dienen.

Ein Beispiel einer Walmdachkonstruktion mit dreifachem Hängewerk, liegendem Stuhl und Kniestock ist in Fig. 366 und 367 (S. 280) beigegeben, und möchte nach dem bisher Gesagten keiner nähern Erläuterung mehr bedürfen.

4. Zeltdächer.

Zeltdächer sind, wie weiter vorn schon erwähnt wurde, firstlos und nach allen Seiten hin abgewalmt; ihre Grundform, bei durchaus gleich geneigten Dachflächen, ist vorherrschend das Quadrat, das regelmässige Sechs-, Achteck oder auch Vieleck und endlich der Kreis; ihre Dachflächen sind entweder gerade und bilden Pyramiden, oder sie sind stetig gebogen, wie dies beim Kegel der Fall ist.

Da in der Spitze eines jeden Zeltdaches stets mehrere Sparren zusammentreffen, so bringt man daselbst eine Helmstange oder einen Kaiserstiel

an, in welchen die Gratsparren versatzt werden; eine solche Helmstange ist entweder quadratisch, sechs- oder achteckig etc. je nach der vorhandenen Grundform, und braucht durchaus nicht durch die ganze Höhe des Daches zu gehen.

Bei Zeltdächern über quadratischem Raume hat man es in der Regel nur mit zwei, sich im rechten Winkel kreuzenden Gratgebinden zu thun, und lässt deren Konstruktion alle jene Modifikationen zu, die bereits bei den Satteldächern besprochen wurden; in Fig. 368 (S. 281) ist ein Beispiel gewählt, bei welchem eine sicher unterstützte Balkenlage, ein Kniestock, und eine Dacheindeckung mit Schiefer angenommen ist. Man ersieht aus der Zulage, dass die vier dreiseitigen Dachflächen, ausser den, in eine Helmstange eingreifenden Gratsparren, nur aus lauter Schiftsparren gebildet sind, von welchen die längeren direkt durch eine Mittelpfette unterstützt werden.

Diese Mittelpfette liegt fest eingeschlossen zwischen Sparren, liegender Stuhlsäule und doppeltem Spannkehlbalken, welcher zugleich die Helmstange umfasst; der Spannkehlbalken nach der Richtung von $c\ d$ lässt sich so anordnen, dass er mit dem von $a\ b$ sich verkämmt, und sind dann die Pfetten bei $e\ e$ mit dem doppelten Spannkehlbalken schwalbenschwanzförmig zu verblatten. Legt man — was wohl häufiger geschieht — auch die Pfetten so, dass sie mit einander verkämmt werden, so müssen dieselben auf den tiefer liegenden Kehlbalken aufgefuttert werden, was keine besonderen Schwierigkeiten im Gefolge hat. Die Anwendung von Kopfbändern zur weiteren Unterstützung der Pfetten ist stets empfehlenswert.

Aus dem vorgeführten Beispiele erkennt man die Wichtigkeit, welche die Gratgebinde bei der Zeltdachkonstruktion besitzen, sie sind die Hauptträger des ganzen Dachgerüstes und müssen daher aufs aufmerksamste konstruirt werden; bei vielseitigen Zeltdächern, beim Sechs- und Achteck, hat man mit aller Umsicht darauf zu achten, dass die notwendig werdenden, die Gratgebinde gegenseitig verspannenden Hölzer in ihren Kreuzungspunkten durch Ueberschneidung nicht zu sehr geschwächt werden.

Selbstverständlich sind Zeltdächer über sehr weite Räume unter Umständen mit Hänge- und Sprengwerken zu konstruiren, und erfordern, wie dies bei Walmdächern ähnlicher Dimensionen bereits erwähnt ist, eines umsichtigen Konstrukteurs; in allen Fällen aber wird es sich darum handeln, die gegebene Aufgabe systematisch zu zergliedern, und sich darüber klar zu werden, wie aus den gegebenen Verhältnissen die Lösung folgerichtig und zwar selbständig entwickelt werden muss. Als Uebungsbeispiel für ein kegelförmiges Zeltdach mögen auf Taf. XXXIII die Figg. 7 und 8 dienen.

Bei diesem Dache sind keine durchgehenden Zugbalken angenommen; auf der Ringmauer mit dem inneren Durchmesser von 14,75 m liegt ein dreifacher von 9 cm starken Bohlen hergestellter Kranz, der mit der Mauer fest verankert ist. Da die Solidität des Daches in hohem Grade von der Festigkeit und Unverschiebbarkeit dieses Kranzes abhängt, ist es ratsam, denselben in Entfernungen von 2 bis 3 m mit eisernen Bändern zu umlegen, wie dies in $a\ a\ a$, beziehungsweise in $a'\ a'\ a'$ angedeutet ist. Um das Hirnholz des Kranzes gegen äussere Einwirkung zu schützen, ist vor dessen äusserer Fläche eine Bohlenverkleidung angeordnet, welche ebenso, wie die ganze Dachfläche, mit Metall bekleidet wird.

Auf diesen Bohlenkranz klauen sich die Sparren $b\ b\ b$ auf und greifen mit ihrem oberen Ende in einen zweiten Kranz, der schmäler, aber ebenfalls aus drei Bohlen hergestellt ist. In diesem oberen Kranz liegt ein horizontales Kreuz $c\ c$, in welchem die Zwischenfelder noch durch Stichriegel weiters

geteilt werden, und bildet dieses Sterngebälk den Halt für die von unten angebrachte Deckenverschalung. Das horizontal in einander geblattete Kreuz dient zugleich zur energischen Verspannung des Kranzes und ist in der Mitte durch Hängeeisen an die Helmstange befestigt, welche von den oberen, sich gleichfalls auf den Kranz aufklauenden Sparren *d d* in Schwebe gehalten wird. Zwischen je zweien dieser Sparren *d' d'* liegt noch ein kurzer Mittelsparren, der oben in einen kurzen Wechsel eingezapft ist.

Da die unteren Sparren sich auf den unteren Kranz aufklauen und hierdurch von der äussern Kante des Kranzes zurückstehen, so ist zur Ausgleichung der Dachfläche die Anordnung von langen Aufschieblingen erforderlich, was hier ohne allen Nachteil geschehen kann, indem dieselben dicht auf den Sparren liegen, und so gleichsam eine Auffütterung derselben bilden.

Eine hervorragende Rolle in der Dachkonstruktion spielen aber auch jene Zeltdächer, die in bezug auf ihre Spannweite eine sehr grosse Höhe besitzen, nämlich die Turmdächer, auf deren verschiedene Form bereits aufmerksam gemacht wurde. Als die schlankesten Türme sind diejenigen zu bezeichnen, bei welchen die Höhe der Pyramide das Vierfache der Seite des Quadrates der Basis erreicht, und tritt hier die Erwägung an den Konstrukteur heran, welche Wirkung die Stürme auf eine solche Turmform auszuüben im stande sind.

Die sich in dieser Beziehung ergebende theoretische Untersuchung weist nun nach, dass die Gefahr des Umkantens und des Verschiebens auf einer angenommenen ebenen Fläche gleich gross ist, wenn die Höhe der Pyramide die Seite des Grundquadrates etwa um das Fünffache übertrifft. Ist die Höhe grösser, so ist auch die Gefahr gegen das Umkanten grösser als die gegen Verschieben, und umgekehrt.

Da nun selbst die schlankesten Turmspitzen dies angegebene Verhältnis niemals erreichen, so ist eine Gefahr in bezug auf das Umkanten durch Stürme ausgeschlossen. Aus diesen Gründen hat man die Zelt- und Pyramidendächer, ähnlich wie die Satteldächer, nur gegen das Verschieben auf ihrer Unterlage zu sichern.

Diese Anschauung hat sich jedoch immer noch nicht allgemeine Geltung verschafft und kommt es noch heutzutage vor, dass der veraltete liegende Stuhl mit seinen in die Augen springenden Nachteilen zu Turmdachkonstruktionen noch vielfache Verwendung findet.

Die Pyramide des Turmes wird hierbei in nahezu 3,0 bis 3,5 m hohe Etagen eingeteilt, die von einander durch Balkenlagen getrennt sind, und dienen weiters liegende Stühle mit Kehlbalken, Spannriegel und Schwelle dazu, die Dachsparren in ihrer Lage zu sichern. In der Mitte befindet sich dann noch ein starker durch alle Stockwerke hindurchgreifender Pfosten, die Helmstange, in welche die Gebälke meistens eingezapft sind. Die einfachen Mauerlatten sind grösstenteils in die Turmmauer eingelassen, so dass die obere Seite derselben mit der Mauer in gleicher Höhe sich befindet.

Die Nachteile der veralteten liegenden Stuhlkonstruktion wurden bereits bei der Besprechung der Satteldächer näher erörtert, bei Turmdächern machen sich dieselben aber besonders geltend, und gipfeln in der Verwendung einer viel zu grossen Masse Holz, einer grossen Menge zweifelhafter Zapfenverbindungen, die keine hinreichende Festigkeit gewährt; die Konstruktion wird ferner leicht schadhaft und ist endlich schwer zu repariren.

Die sehr steil liegenden Stuhlsäulen, welche durch die Gebälke und Schwellen unterbrochen sind, haben keinen festen Stand, indem das betreffende

Langholz dieser Verbindungsstücke sowohl schwindet als auch zusammengedrückt wird.

Die Helmstange beschwert den Turm ganz unnötig und unterbricht den Verband der Kehlgebälke. Wenn der Regen eindringt, was bei Türmen so häufig der Fall sein kann, so wird das Wasser durch die unteren Zapfen der Sparren und liegenden Stuhlsäulen in die Schwellen und Balken hineingeleitet, und da diese, sowie die Mauerlatten, wenn sie einmal im Innern nass sind, schwer trocknen, so faulen sie sehr bald ab. Die Reparatur der angefaulten Schwellen und Gebälke ist aber äusserst schwierig, weil die ganze Last des oberen Teiles des Turmes auf ihnen ruht und daher künstlich gehoben werden muss, um die schadhaften Verbindungshölzer herauszunehmen und sie durch neue zu ersetzen.

Aeusserst nachteilig gestaltet sich die eben besprochene Anordnung, wenn das Zimmerwerk bei manchen Türmen schon innerhalb des obersten oder wohl gar der zwei obersten Stockwerke der steinernen Umfassungsmauern beginnt. Moller stellt solchen Anordnungen entgegen die Frage auf, sollen die Mauern das Zimmerwerk, oder letzteres die Mauern fester machen? kommt aber auf ein entgegengesetztes Resultat: denn einerseits wird durch die von Stürmen hervorgerufenen Vibrationen der Turmpyramide das massive Mauerwerk aufs nachteiligste erschüttert, andererseits wird die Last der Holzpyramide nicht gleichförmig auf die ganze Mauerdicke verteilt, sondern sie ruht nur auf dem inneren Rande oder Absatze der Mauer, beziehungsweise auf den dort angeordneten Mauerlatten.

Sehr verschieden von dieser fehlerhaften Turmkonstruktion aus dem 17. und 18. Jahrhundert war die Konstruktionsweise, welche sich im Mittelalter herausbildete und die sich durch viele Jahrhunderte bewährt hat. Moller legte nun beim Entwurfe seiner für die neuen Turmdachkonstruktionen massgebend gewordenen Turmspitze der Kirche zu Friedrichsdorf*) alle Vor- und Nachteile der älteren und neueren Konstruktionsmethoden dar und hat daraus folgende Regeln abgeleitet:

1) Man setze das Zimmerwerk der Turmspitze unmittelbar auf den oberen Teil der Mauer, so dass die Holzkonstruktion ganz für sich besteht und das Mauerwerk keine weitere Verbindung mit ersterer hat, als dass es derselben zur Unterlage dient.

2) Das Innere des Turmes werde möglichst leicht konstruirt und man verstärke dagegen die äusseren Dachwände, besonders die Ecksparren.

3) Die langen und schweren sogenannten Helmstangen sind wegzulassen und auf eine kurze Hängesäule zum Tragen des Knopfes und zum Ansetzen der Sparren zu beschränken.

4) Die Eckpfosten oder Ecksparren dürfen nicht durch horizontale Hölzer unterbrochen, sondern sie müssen, wenn sie zu kurz sind, unmittelbar verlängert werden, so dass Hirnholz auf Hirnholz zu stehen kommt.

5) Die äusseren Dachwände sind so zu verbinden, dass sie keinen Seitenschub ausüben, sondern nur senkrecht auf die Mauern wirken können.

6) Dieselben sind durch horizontale Verbindungen (Kränze) in gewissen, nicht zu grossen Entfernungen so abzuschliessen, dass dadurch die Turmpyramide in mehrere kleine abgestumpfte Pyramiden abgeschlossen wird.

In bezug auf die praktische Ausführung ist es rätlich, alle Zapfenlöcher, in welche das Wasser sich sammeln könnte, zu vermeiden; wo dies jedoch

*) Beiträge zu der Lehre von den Konstruktionen von Dr. G. Moller. Taf. VI S. 7.

nicht möglich ist, müssen sie von unten aufgeschlitzt werden, damit das Wasser ablaufen und die Luft zum Trocknen eintreten kann; ferner sind alle Mauerlatten und Balken so zu legen, dass sie frei auf der Maurer aufliegen, ohne eingemauert zu werden.

In bezug auf allenfalls vorzunehmende Reparaturen ist darauf zu achten, dass alle schadhaft gewordenen Hölzer leicht entfernt werden können; dem entsprechend sind die Gebälke und Sparrenbalken etc. nicht unter die Haupt- oder Ecksparren zu legen, sondern neben dieselben.

Bei grösseren Türmen ist ausser den Ecksparren eine von denselben unabhängige Unterstützung anzubringen, so dass durch dieselbe sowohl beim Aufschlagen, als auch bei Reparaturen die Festigkeit des Ganzen gesichert wird, und sie zugleich als Gerüst dienen kann.

Sehr empfehlenswert ist es endlich bei allen Turmkonstruktionen möglichst gut besteigbare Leitertreppen anordnen zu können, damit jeder Schaden leicht bemerkt werden kann; auch ist die gehörige Anzahl von Lichtöffnungen nötig, die zu gleicher Zeit dazu dienen, eine lebhafte Luftzirkulation zur Verhinderung von Wurmfrass, Verstocken etc. hervorzurufen.

Die folgenden Uebungsbeispiele auf Tafel XXXIV stellen einige Turmdachkonstruktionen nach den eben entwickelten Grundsätzen dar, und mögen zur weiteren Erläuterung derselben dienen. Die Figg. 1 bis 2c stellen ein Turmdach mit quadratischer Pyramide dar; die lichte innere Weite des Turmes beträgt 4,15 m, die Höhe der Pyramide 12,25 m.

Doppelte, an den Ecken sich gegenseitig verblattende, auf der Mauer flach aufliegende Mauerlatten nehmen die Balkenköpfe des in der Mitte ganz offenen Stichgebälks auf sich auf; *a a* sind hierbei ganze Balken, in welche sich die Stich-, beziehungsweise Gratstichbalken *b b b* und *b' b' b'* einzapfen, während die Stiche *c c* an ihren Enden von den Tragbalken *d d*, mit welchen sie durch Schraubenbolzen verknüpft sind, getragen werden. Die sämtlichen Sparren sind unten in das vorherrschend aus Stichbalken bestehende Gebälk eingezapft, und die betreffenden Zapfenlöcher nach unten geschlitzt.

Die ganze Höhe des Daches ist durch drei Spannkehlgebälke horizontal geteilt, welche sich an die betreffenden Sparren anblatten und in ihren Kreuzungspunkten sich gegenseitig verkämmen. Eine besonders unverrückbare Lage gewinnen hierdurch die vier Ecksparren. Die beiden mittleren Kehlgebälke, in gleicher Weise konstruirt, lassen in ihrer Mitte eine 1,40 m im Quadrat messende Oeffnung frei, die allenfalls galerieartig mit einem Geländer unter Freilassung des betreffenden Treppenaustritts versehen werden kann.

Die inneren Pfosten *e e e e*, mit den ihnen zugehörenden Spannkehlbalken verblattet und verbolzt, bilden zugleich ein äusserst solides Gerüst für das „Aufschlagen“ und für allenfallsige Reparaturen. Die Helmstange befindet sich nur im obersten Teile des Turmes und wird hier von einem sicher gestützten kurzen Tragbalken aufgenommen.

Die verschiedenen Schnitte in der Horizontalprojektion werden wohl dazu beitragen, diese höchst einfache Anordnung vollständig zum Verständnis zu bringen.

Fig. 3, sowie die Figg. 4 bis 4g stellen ein Turmdach vor, ähnlich wie Moller seine, in nahezu alle Lehrbücher übergegangene Turmspitze der Kirche zu Friedrichsdorf konstruirte. Diese vorzügliche Konstruktionsanordnung bewährte sich so vielfach, dass auch der Verfasser dieser Hochbaukonstruktionslehre dieselbe, jedoch unter mehrfachen Modifikationen, zur Ausführung gebracht hat. Der Grundriss Fig. 4 stellt den doppelten Mauerlattenkranz dar, welcher flach

auf der Turmmauer aufliegt und überall an den Ecken die Verblattung zeigt. Auf diesen Mauerlatten liegt das Gebälk, in der Mitte einen freien Raum von 1,80 m im Quadrat freilassend und die Sparren mit Zapfen in sich aufnehmend; die Ecksparren haben im Querschnitt die Form eines Fünfeckes.

Die ganze Höhe der Pyramide ist in nahezu 7 gleich hohe Teile geteilt, von welchen die drei unteren Etagen, je durch 4 Spannkehlbalken, welche sich an die Ecksparren anblatten und von einander gebälkartig getrennt sind; die sich in jedem Gebälk kreuzenden Spannkehlbalken sind mit einander verkämmt und verbolzt und lassen die Mitte des Turmes zum bequemen Besteigen frei. Ihre gesicherte Lage aber erhalten alle diese Spannkehlbalken in den verschiedenen Etagen durch je vier, paarweise sich gegenüberstehende Andreaskreuze, welche, parallel dem Pyramidenmantel stehend, Schwell- und Deckhölzer besitzen, womit sie sich in der Weise mit den Spannkehlbalken verkämmen, dass die Ecksparren der Turmpyramide eine durchaus unverrückbare Lage erhalten; die Figg. 4b, 4c und 4d lassen dies deutlich erkennen. Moller hat diese Andreaskreuze je in den verschiedenen Etagen wechseln lassen, so dass in der zweiten Etage dieselben in der Projektion von 45° sichtbar werden, ein Umstand, der stets ein Unterfuttern der ungleich hoch liegenden Spannkehlbalken erfordert, sonst aber keine wesentlichen konstruktiven Vorteile gewährt.

In Fig. 4d ersieht man das über dem Gebälk der dritten Etage aufgekämmte Holzkreuz zur Aufnahme der hier beginnenden unten mit Fussbügen verstrebten Helmstange. Zur Sicherung der Helmstange und der Eckspärren im oberen Teile der Pyramide dienen nun weiters doppelte Kehlbalken, welche, wie dies in den Figg. 4e und 4f sichtbar ist, sich gegenseitig verkämmen, die Helmstange ringsherum umfassen und die sich gegenüber liegenden Sparren fest verspannen, wobei schwache Bolzen selbstverständlich die Verbindung noch effektvoller machen. In Fig. 4g haben sich die Eckspärren bereits gegenseitig so genähert, dass sie mit den kurzen Kopfbügen, welche hier von der Helmstange ausgehen, eine in sich geschlossene Masse bilden; eine Anordnung, die wesentlich auch dazu beiträgt, die Eckspärren bequemer in die Helmstange eingreifen zu lassen.

Der Mantel des Pyramidendaches bedarf in seinen beiden unteren Etagen in jedem Felde des Achtecks je zwei Leersparren, und in den beiden höher gelegenen Etagen je einen und macht diese Anordnung die Verwendung von Wechseln notwendig, welche in $a'\,a'$ und $a'''\,a'''$ angebracht, zu gleicher Zeit dazu dienen, die Eckspärren unter sich förmlich zu verriegeln; werden auch noch bei $a\,a$ zwischen sämtliche Sparren ähnliche Riegel eingespannt, so ergiebt sich daraus ein Sparrenmantel, der in seiner ganzen Höhe äusserst widerstandsfähig gegen äussere, auf ihn einwirkende Verschiebungen sein wird.

Die Verwendung der Andreaskreuze ergiebt nicht nur für die Sparren einen äusserst sicheren Halt, sondern gestattet es auch, das Aufschlagen des ganzen Dachgerüstes ohne allen weiteren Gerüstaufwand zu bewerkstelligen.

Beim Aufschlagen sind nach dem Legen der ersten Balkenlage die vier unteren Andreaskreuze aufzustellen, und die Kehlgebälke darüber aufzukämmen; ist die Verbindung durch Verbolzung durchaus sicher gemacht, so erfolgt das Aufstellen der Andreaskreuze der beiden folgenden Etagen in gleicher Weise, so dass ein äusserst solides Gerüst dadurch gewonnen wird. Das Aufstellen der Eckspärren kann dann eine grosse Schwierigkeit nicht mehr bieten; ihre Länge greift am zweckentsprechendsten jedesmal durch 2 Stockwerke, und zwar in der Weise, dass in jedem Stockwerk vier Eckspärren durchreichen, und zwischen denselben jedesmal die vier anderen angesetzt werden. Die im oberen

Teile des Turmes sicher aufgestellte Helmstange mit ihren doppelten Kehlbalken und Kopfbügen erleichtert in hohem Grade das Einsetzen der Eecksparren in dieselbe; über die Spitze des Turmes herausgeführt, giebt sie auch in der Regel Gelegenheit zur sichern Anbringung von Knauf und Kreuz.

Die Konstruktion eines Turmdaches von bedeutenden Dimensionen lässt sich auch in der Weise lösen, dass, wie bei vielen Pfettendächern, Haupttragsparren zur Anwendung kommen, welche im obersten Teile des Daches zu gleicher Zeit die Helmstange als Hängesäule in sich aufnehmen. Bei der auf Taf. XXXIV Fig. 5 und 6 dargestellten Konstruktion hat es der Verfasser dieses Buches versucht, dies Prinzip zur Anwendung zu bringen. Die Ecksparren des Turmdaches sind unten in Stichbalken mit aufgeschlitzten Zapfen eingesetzt, und je zwei derselben durch angeblattete und verbolzte Zugbalkenhölzer mit einander so verbunden, dass ein Ausweichen derselben absolut unmöglich gemacht ist; diese Zugbalken kämmen sich auf das die Sparrren aufnehmende Stichgebälk auf, und sind mit demselben an allen Kreuzungspunkten zu einem unverschiebbaren Ganzen zusammengebolzt.

Jeder der Ecksparren und die zu ihm gehörigen Haupttragsparren werden dann in den drei unteren Etagen von doppelten Zangen umschlossen, wobei ein Kopfband vom Tragsparren aus das sonst freiliegende Ende der Doppelzange unterstützt, indem es dieselbe gleichfalls durchsetzt. Kurze Pfetten, die Leersparren auf sich aufnehmend, sind abwechselnd über und dann wieder unter den Zangenhölzern so zu einem festen Kranz verbunden, dass sie sich in den Hauptgebinden zwischen Eck- und Tragsparren hindurchschieben, und daselbst auch verkämmt sind. Ein ähnlicher Kranz wird an der Innenseite der Zangenhölzer gebildet und sämtliche Hölzer tüchtig mit einander verschraubt.

Die horizontal liegenden Doppelkränze der drei unteren Turmetagen bieten Gelegenheit zur Bildung von Gängen, die freibleibende Mitte zur Anbringung von Leitertreppen, und noch besser zur Anbringung einer leichten eisernen Kegeltreppe. In den beiden oberen Etagen genügt es, durch schraubenförmig um die Helmstange angelegte und gegenseitig verkämmte Kehlbalken, welche gleichzeitig an die Eck- und Tragsparren angeblattet werden, den weiteren Verband zu einem äusserst soliden zu stempeln. Um die Tragsparren in kräftigster Weise in die Helmstange eingreifen zu lassen, ist dieselbe den Stärken der ersteren entsprechend gestaltet; unter- und oberhalb dieser Stelle kann sie jedoch, wie dies auch die Zeichnung darstellt, bedeutend schwächer gehalten werden. Fig. 7 giebt ein erläuterndes Detail von der äusseren Kranzkonstruktion in Verbindung der Doppelzange, des Eck- und des Tragsparrens, mit den dazu gehörenden Verbolzungen.

5. Das Mansardedach.

Die Mansardedächer haben seit ihrer Erfindung eine ungemein häufige Anwendung, besonders in Frankreich und Deutschland gefunden, und glaubte man allgemein, dass ihre Einführung die beste Verwertung des Dachbodenraumes zu Wohnzwecken zulasse. Das in früherer Zeit vorherrschende Dachdeckungsmaterial, nämlich die gebrannten Dachplatten, entsprach jedoch dieser Dachform in bezug auf dichte Eindeckung nur in ungenügendem Grade, die Konstruktion selbst beanspruchte einen grossen Arbeits- und Materialaufwand, und trotzdem man die Form dieser Dächer, besonders in Frankreich, soweit ausgebildet hatte, dass sie auch höheren architektonischen Effekten entsprach, so trat doch nach und nach diese Dachform immer mehr in den

Hintergrund und wurde selbst vielfach als architektonisches Ungethüm bezeichnet. Die neuere Zeit jedoch suchte vielfach das viel geschmähte Dach wieder zu Ehren zu bringen, und ist es auch manchem von unseren geschickteren Architekten gelungen, der Dachform einen gewissen architektonischen Reiz abzugewinnen, besonders dann, wenn gemusterte Dachflächen in Schiefer, reiche Gliederungen in Zink etc. zur Anwendung gebracht wurden. Andererseits dient gegenwärtig das Mansardedach aber auch dazu, den baupolizeilichen Verordnungen über die zulässige Höhe der Gebäude ein Schnippchen zu schlagen, und ist es sogar vorgekommen, dass mittelst der Mansardedachkonstruktion über dem Hauptgesimse noch 2 Dachgeschosse übereinander gewonnen werden konnten, wobei die Dachneigung nur wenig von der Vertikalen

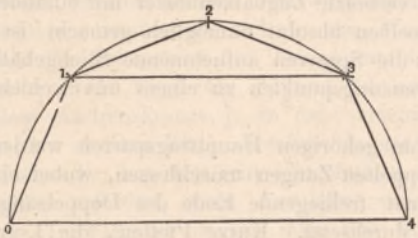


Fig. 369.

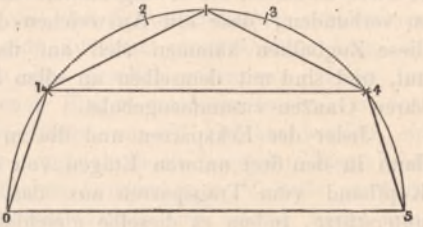


Fig. 370.

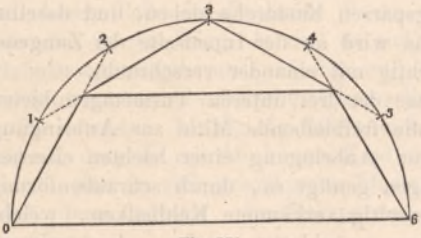


Fig. 371.

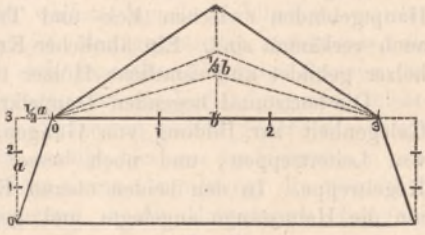


Fig. 372.

abwich. Was die Brauchbarkeit, beziehungsweise Annehmlichkeit eines Mansardezimmers anbetrifft, so möchte dieselbe dem Wohnraume in einem Gebäude mit entsprechend hohem massiven Kniestock keinenfalls gleich zu stellen sein.

Ueber die Form, die man den Mansardedächern im Laufe der Zeit gegeben hat, mögen die Figg. 369, 370, 371 und 372 Aufschluss geben; in den meisten Fällen diente der Halbkreis zur Ermittelung der Form. Im ersten Falle wurde der Halbkreis in 4 gleiche Teile geteilt, und ergab sich aus diesen Teilpunkten die entsprechende Dachform (Fig. 369); dann teilte man den Halbkreis in 5 gleiche Teile und benützte die Punkte 0, 1, 4 und 5 zur Bestimmung der Dachflächen, wobei der First in die Mitte von Punkt 2 und 3 zu liegen kam (Fig. 370); endlich teilte man den Halbkreis in 6 gleiche Teile und ergaben sich die Dachflächen in den Richtungen von 0 nach 2, von 1 nach 3 etc., wie dies die Fig. 371 darstellt.

Alle diese Konstruktionen sind jedoch von mehr als zweifelhaftem Werte, denn in erster Linie für die Form des Mansardedaches wird allemal die Höhe des zu beschaffenden Wohnraumes massgebend sein und in diesem Sinne hat bereits Gilly in seinem Handbuch über die bürgerliche Baukunst eine mehr brauchbare Angabe gemacht.

Hiernach bestimmt man zuerst die Höhe der Mansardezimmer, in Fig. 372 mit *a* bezeichnet, teilt diese in 3 Teile und setzt von 3 aus mit $^1/_3$ a die Schrägung der unteren Dachfläche *o o* fest; die obere Dachfläche erhält $^1/_3$ von der Länge des Kehlbalkens (*b*) zur Höhe und lässt sich somit noch mit gut gebrannten Dachplatten eindecken. Diese letztere Abmessung wird bei verändertem Deckmaterial wesentlich verschieden hoch gewählt werden dürfen; $^1/_4$—$^1/_5$ *b* für Schiefer, $^1/_8$—$^1/_{10}$ für Metall etc.

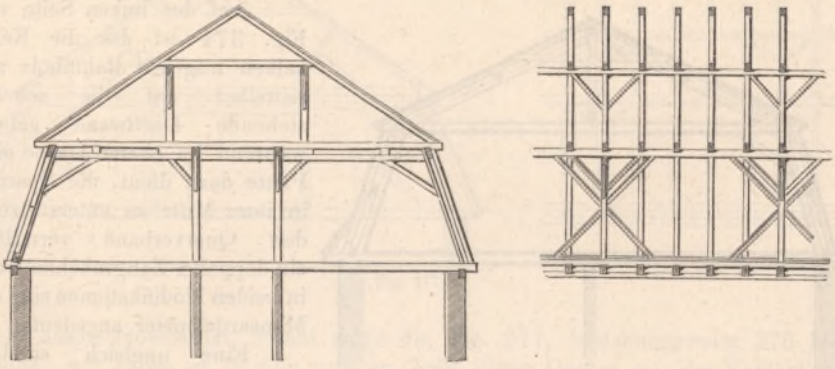


Fig. 373.

Wird der Mansarderaum zu Wohnräumen verwendet, so wird man besonders dann auf einen Bodenraum zu verzichten haben, wenn dem oberen Teile des Daches eine sehr flache Neigung gegeben wird. Bei den älteren Konstruktionen, wo fast ausnahmslos Ziegel zur Dachdeckung verwendet wurden,

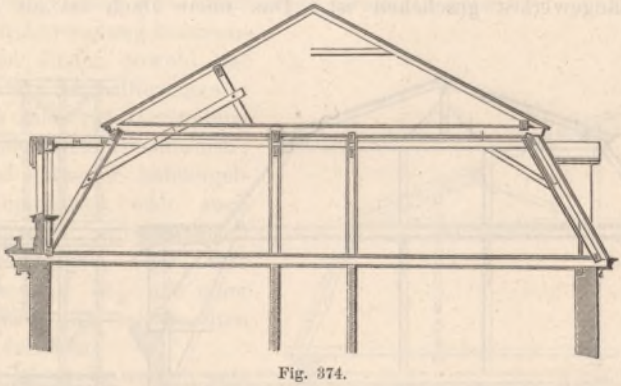


Fig. 374.

hat sich eine Konstruktion herausgebildet, wie eine solche in Fig. 373 dargestellt ist. Wir haben es hier mit Kehlbalkendächern und kombinirten liegenden und stehenden Stühlen zu thun; jedenfalls sind aber die oberen Kehlbalken zwecklos und möchte es vorteilhafter sein, den oberen Teil des Daches als Pfettendach zu behandeln.

In Fig. 374 ist solch ein Mansardedach in zweifacher Modifikation dargestellt; auf der rechten Seite ist das Kehlgebälk ausser dem Rahmholz auf der liegenden Stuhlsäule noch durch Rähme gestützt, die im speziellen Falle

auch Wandrähme sein können; der zur soliden Konstruktion eines jeden liegenden Stuhles notwendige Spannriegel ist in seiner Mitte entweder durch einen stehenden Wandstiel, beziehungsweise durch einen Thürriegel zu unterstützen; im oberen Teile des Daches ist der Sparren in den Kehlbalken versatzt und auf eine Sicherheitsschwelle aufgekämmt; ein kurzer Kehlbalken dient zum besseren Querverband. In den Leergebinden bilden die Sparren allein die schrägstehende Fachwerkswand des Mansarderaumes und könnten als solche wohl auch verriegelt werden.

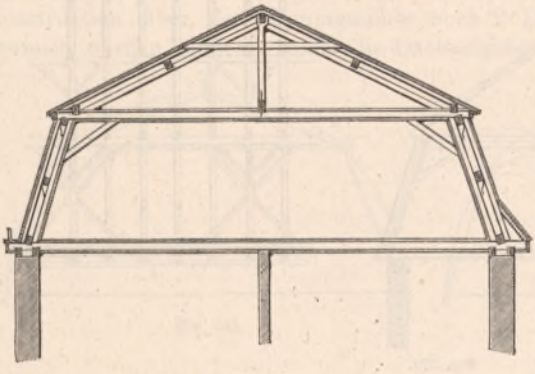


Fig. 375.

Auf der linken Seite von Fig. 374 ist das die Kehlbalken tragende Rahmholz unmittelbar auf die schrägstehende Dachwand gelegt, während im oberen Dache eine Pfette dazu dient, die Sparren in ihrer Mitte zu unterstützen; den Querverband vermittelt ein doppelter Zangenkehlbalken; in beiden Modifikationen sind die Mansardefenster angedeutet.

Eine ungleich solidere Konstruktion deutet die Fig. 375 an, und haben wir es hier mit einer verdoppelten Riegelwand zu thun, welche grösseren Schutz gegen die extremen Temperaturverhältnisse bietet; da die Annahme gemacht wurde, es sei der ganze Raum unter dem Dache zu irgend einem Geschäftszwecke verwendbar zu machen, so musste das Kehlgebälk in seiner Mitte noch durch einen Träger gestützt werden, was durch Anordnung eines einfachen Hängewerkes geschehen ist. Das obere Dach ist als Pfettendach behandelt.

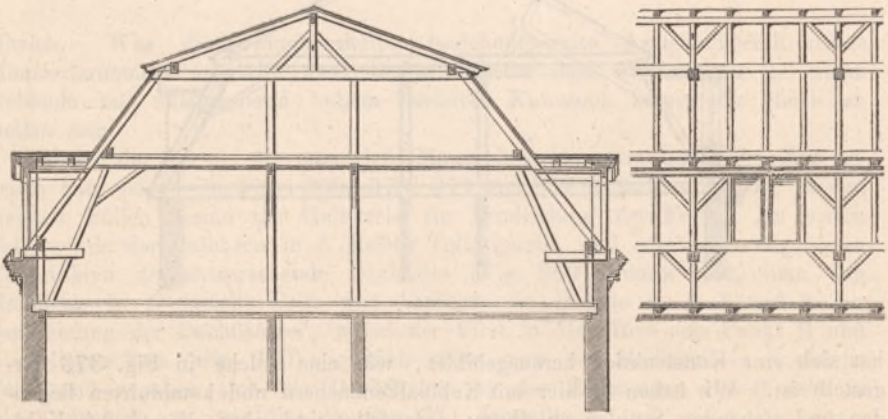


Fig. 376.

Die empfehlenswerteste Anordnung von einer bewohnten Mansarde möchte jedenfalls nach Fig. 376 sich ergeben; die Kniewand entspricht hier in ihrer Höhe der Fensterbrüstung, und befindet sich über dem 3,30 m hohen Wohnraume noch ein gut benützbarer Dachbodenraum; die liegende Stuhlsäule mit

ihrer Doppelzange dient zugleich dazu, den Sparrenschub gegen die Kniewand unschädlich zu machen; bei der hier mitgeteilten Konstruktion sind die Fronten der Mansardefenster aus Stein ausgeführt gedacht. Alles Weitere erklärt der beigegebene Längenschnitt.

Dass möglicherweise bei Mansardedächern Hänge- und Sprengwerke in Anwendung kommen können, dass diese Konstruktion auch bei Pultdächern

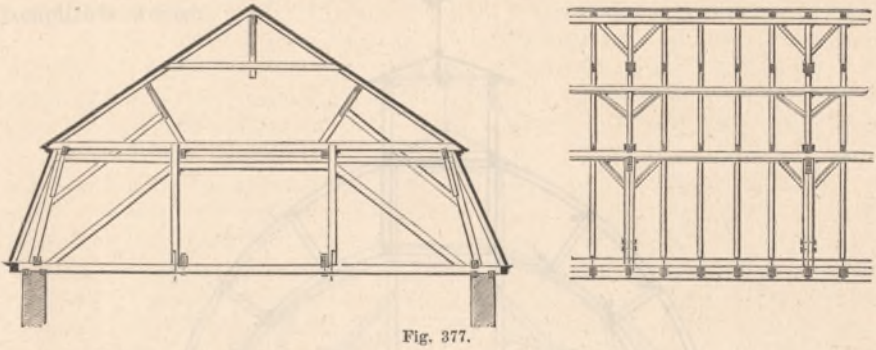


Fig. 377.

nicht ausgeschlossen ist, darauf möge die Fig. 377, beziehungsweise 378 hindeuten; wir haben es in dem unteren Teile dieser Dächer mit der Kehlbalkenkonstruktion, dem liegenden Stuhl und doppelten Hängewerke zu thun; die oberen Teile sind als Pfettendächer behandelt.

6. und 7. Das Kuppel- und geschweifte Dach.

Die Kuppeldächer sind als Zeltdächer mit stetig gebogenen Dachflächen zu betrachten, und werden verwendet bei Grundrissen, welche eine regelmässig vielseitige oder eine kreisförmige Gestalt besitzen.

Die zur Anwendung kommenden Kuppeln dienen sowohl zur Bildung von kuppelförmigen Decken, als auch zur Herstellung von kuppelförmigen Dachformen; letztere sind entweder halbkugelförmig, ellipsoidisch oder auch spitzbogenförmig, entweder im Scheitel geschlossen, oder, was meistens der Fall ist, mit einer freien Oeffnung, der sogenannten Laterne versehen.

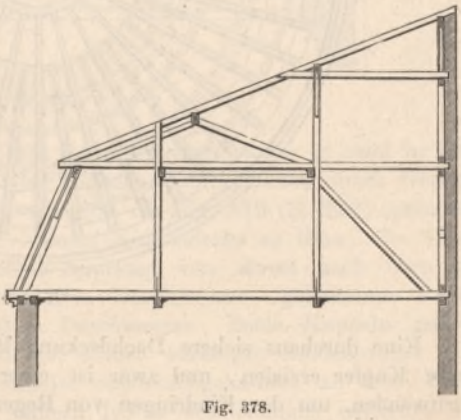


Fig. 378.

Die Holzkuppeln werden entweder aus ganzem Holz oder auch mit Hilfe von Bohlensparren konstruirt, eine Konstruktion, die jedenfalls gegen die erstere vielfache Vorzüge besitzt; besonders ergiebt die Bohlenbogenkonstruktion die gewölbte Form der Kuppel viel ungezwungener, und erfordert weniger Material und Arbeit.

In solchem Falle haben wir es mit einem Bohlendache zu thun und verweisen hier auf das auf S. 218 bereits besprochene Kuppeldach. Die

Mollersche Kuppelkonstruktion, bei welcher durch ein und dieselben Bohlenbögen die innere und äussere Kuppel gebildet wird, möchte doch zu grossen Bedenken Veranlassung geben, besonders dann, wenn die innere kuppelförmige Decke reich gegliedert und mit Gemälden oder sonstiger reicher Malerei ausgestattet ist.

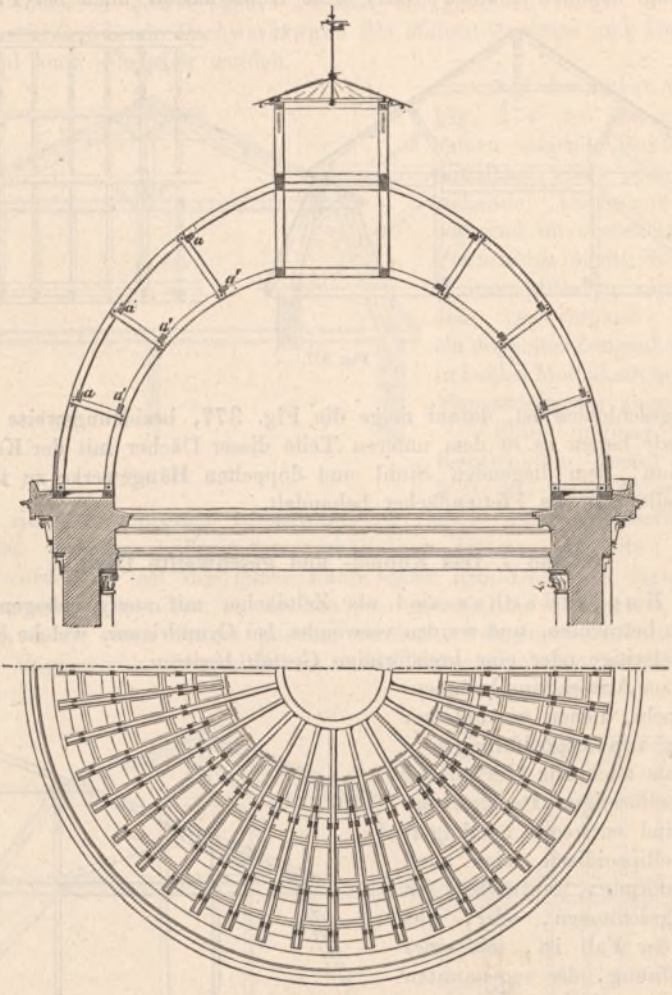


Fig. 379.

Eine durchaus sichere Dachdeckung lässt sich bei Kuppeln nur durch das teure Kupfer erzielen, und zwar ist einer solchen Arbeit die grösste Sorgfalt zuzuwenden, um das Eindringen von Regen und Schnee unter allen Umständen zu verhindern; bei dem Umstande ferner, dass notwendig werdende Reparaturen nur von aussen vorgenommen werden können, dass diese aber in den meisten Fällen die innere Kuppel in Mitleidenschaft ziehen werden, möchte es geboten erscheinen, über alle kuppelförmigen, reich gegliederten Holzdecken eine Schutzkuppel anzuordnen, wie dies ja selbst bei den massiven Kuppelbauten der Renaissance- und der Neuzeit nahezu ausnahmslos geschehen ist.

Der Raum zwischen der inneren und äusseren Kuppel ist so zu bemessen, dass in demselben alle etwaigen Reparaturen vorgenommen werden können und ist dabei auf Zuführung von Luft und Licht Rücksicht zu nehmen. Die äussere Kuppel wird man dabei stets nach einer aufsteigenden Linie konstruiren. Die Aufgabe, zwei Kuppeln in einer Entfernung von mindestens 2—3,0 m aufzustellen, kann je nach den vorhandenen Dimensionen eine äusserst komplizirte werden.

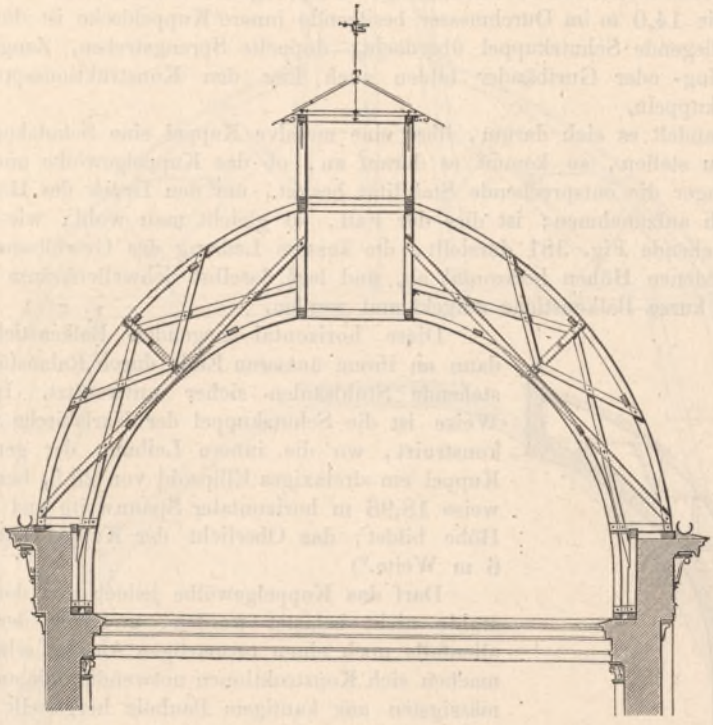


Fig. 380.

Die einfachste Konstruktion möchte darin bestehen, wenn je zwei in Entfernungen von 2—2,5 m über einander liegende Bohlensparren durch Doppelzangen umfasst und verbolzt werden, wie dies die Fig. 379 (S. 292) andeutet.

Wir haben es hier mit einer inneren Kuppeldecke zu thun, die 12 m Durchmesser besitzt, und ihren Schutz empfängt von einem nach oben ansteigenden Kuppeldache mit nahezu 15 m Durchmesser; gemeinsam beiden Kuppeln ist eine Laterne mit 2,60 m Durchmesser. Beide Kuppeln greifen mit ihren Bohlensparren in zwei auf der Mauer befestigte Bohlenkränze ein, und sind daselbst mit einem Zangenholze zusammengehalten; an ihren Fussenden sind sämtliche Bohlensparren nahezu 1,0 m von einander entfernt; die Hälfte dieser Bohlensparren verklauen sich an ihrem oberen Ende als Hauptbinder in die dort vorhandenen Laternen-Kränze, die gleichfalls aus Bohlen bestehen, während die dazwischen liegenden Bohlensparren als Leergebinde erscheinen. Wie die Fussenden je zweier Bohlensparren der inneren und äusseren Kuppel mit Zangenhölzern verbunden sind, so wiederholen sich dieselben in nahezu 2,0 m Entfernung, wodurch die Anordnung weiterer 6

Doppelzangen notwendig wurde. Um endlich die Seitwärtsbewegung sämtlicher Bohlensparren zu verhindern, sind dieselben durch Ring- oder Gurtbänder $a\,a\,a$ und $a'\,a'\,a'$ auseinander gehalten und verspannt.

Ist die Peripherie der äusseren Kuppel bedeutend grösser, als die der inneren, so giebt man der äusseren Kuppel doppelt soviel Bohlensparren als der inneren, wodurch sich die zu weite oder zu enge Sparrenlage reguliren lässt. Fig. 380 dient dazu, anzudeuten, wie dieselbe Aufgabe bei grösserem Durchmesser sich auch wohl mit Beiziehung von Sprengwerken lösen liese.

Die 14,0 m im Durchmesser besitzende innere Kuppeldecke ist durch eine höher liegende Schutzkuppel überdacht; doppelte Sprengstreben, Zangenhölzer und Ring- oder Gurtbänder bilden auch hier den Konstruktionsapparat der Doppelkuppeln.

Handelt es sich darum, über eine massive Kuppel eine Schutzkuppel aus Holz zu stellen, so kommt es darauf an, ob das Kuppelgewölbe und dessen Widerlager die entsprechende Stabilität besitzt, um den Druck des Holzdaches auf sich aufzunehmen; ist dies der Fall, so gleicht man wohl, wie dies die nebenstehende Fig. 381 darstellt, die äussere Leibung des Gewölbemantels in verschiedenen Höhen horizontal ab, und legt daselbst Schwellenkränze an, auf welche kurze Balkenstiche aufgekämmt werden.

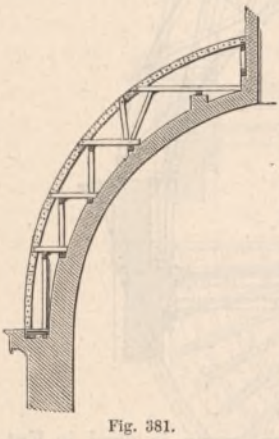


Fig. 381.

Diese horizontal liegenden Balkenstiche sind dann an ihrem äusseren Ende durch Rahmstücke und stehende Stuhlsäulen sicher unterstützt. In dieser Weise ist die Schutzkuppel der Karlskirche in Wien konstruirt, wo die innere Leibung der gemauerten Kuppel ein dreiaxiges Ellipsoid von 28,5, beziehungsweise 18,96 m horizontaler Spannweite und 13,35 m Höhe bildet; das Oberlicht der Kuppel hat nahezu 6 m Weite.*)

Darf das Kuppelgewölbe jedoch von dem Dachstuhle nicht belastet werden, und soll der letztere allenfalls noch einen turmartigen Aufsatz erhalten, so machen sich Konstruktionen notwendig, die am zweckmässigsten aus kantigem Bauholz hergestellt werden, und wählten auch wir (wie das vielfach geschehen) als Beispiel für eine solche Konstruktion die von Schinkel entworfene Kuppel über die St. Nikolaikirche in Potsdam.**)

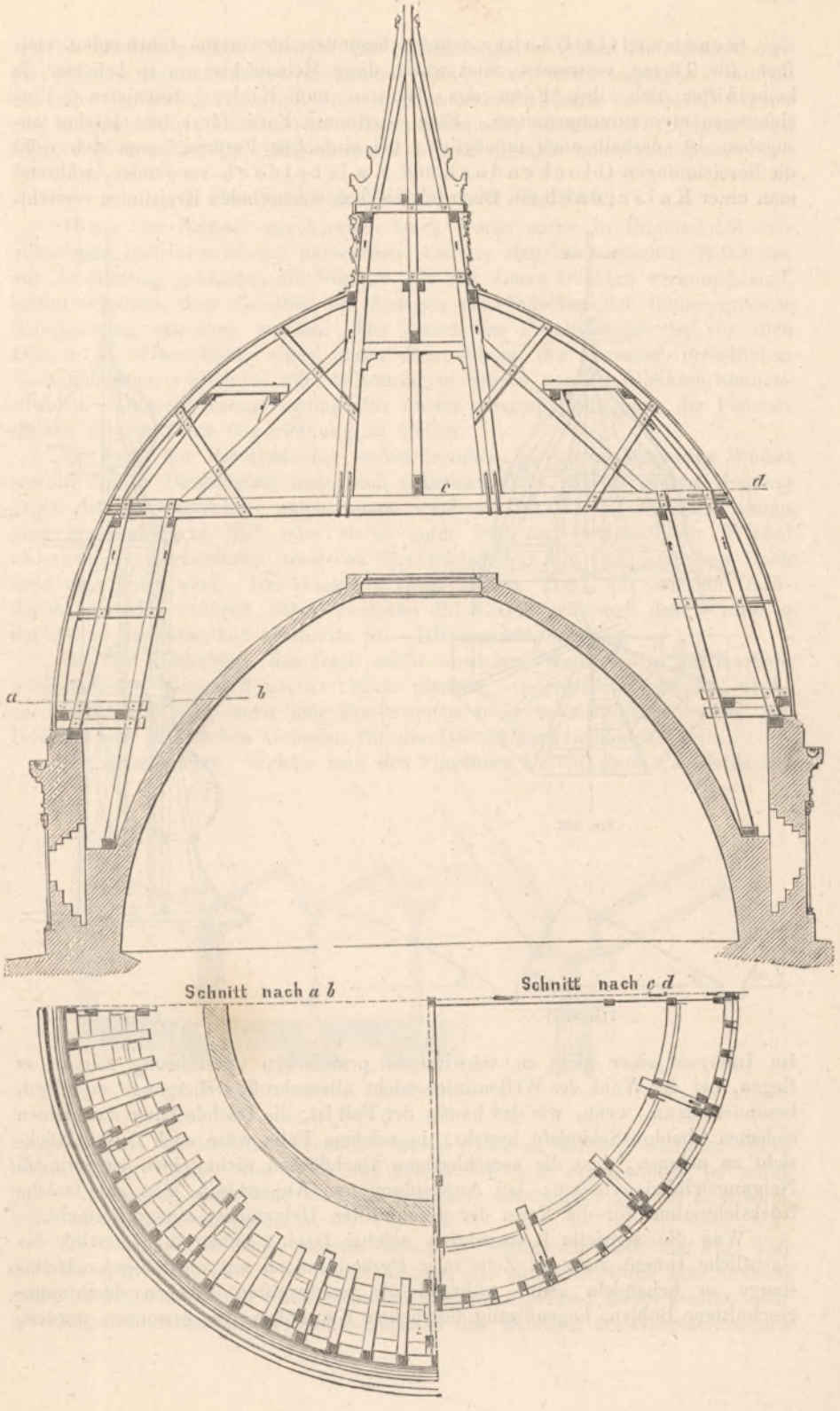
Fig. 382 (S. 295) stellt einen der Hauptbinder dar, und die Art und Weise, wie dieselben im Grundrisse angeordnet sind; die innere massive Kuppel hat einen Durchmesser von 18,70 m. Der sehr komplizirte Entwurf dieser Konstruktion kam jedoch nicht zur Ausführung, man zog es vor, die Schutzkuppel ganz aus Eisen zu konstruiren.***)

---

*) Nach L. Klasen: Handbuch der Holz- und Holz-Eisen-Konstruktionen des Hochbaues. S. 139.

**) Bei der hier sorgfältig ausgeführten Konstruktion wurde es versucht, dieselbe dem Leser durch die einfachsten Mittel verständlich zu machen; sämtliche Binder in ihren verschiedenen Projektionen darzustellen, wurde jedoch unterlassen, um die Klarheit der Darstellung nicht zu beeinträchtigen; vorgeschrittenen Studirenden ist es jedoch zu empfehlen, das hier vorgeführte Beispiel vollständig in Zeichnung durchzubilden.

***) Schinkels Werke. Bl. 157. Zeitschr. f. Bauwesen, 1852.


a
b
c
d
Schnitt nach a b
Schnitt nach c d

Geschweifte Dächer wurden besonders im vorigen Jahrhundert vielfach für Türme verwendet, und waren diese Helmdächer um so beliebter, je komplizirter sich ihre Form aus Wulsten und Kehlen, Karniesen, Einziehungen etc. zusammensetzte. Eine bestimmte Form für solche Dächer anzugeben ist deshalb auch unmöglich; bei einfachen Formen lassen sich wohl die Bezeichnungen Glockendach und Zwiebeldach verwenden, während man unter Kaiserdach ein Dach mit vielfach wechselnden Kreislinien versteht.

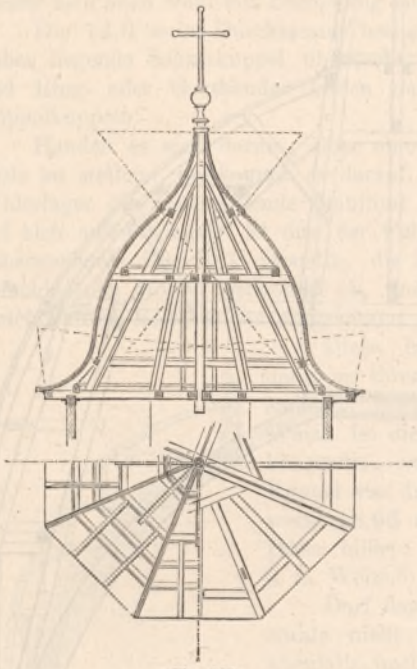


Fig. 383.

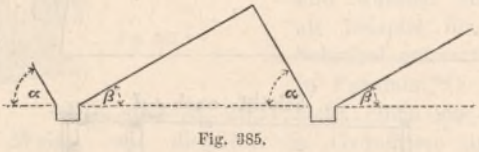


Fig. 385.

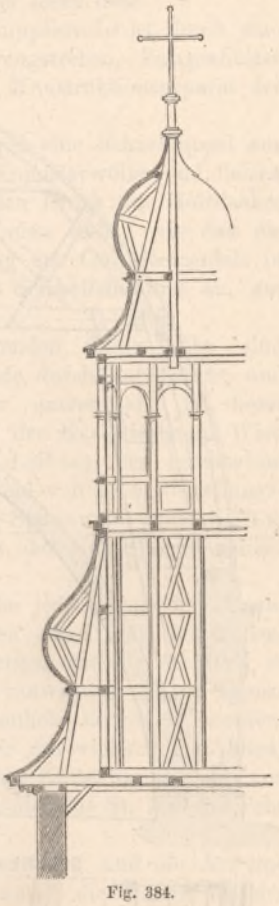


Fig. 384.

Im Interesse einer nicht zu schwierigen praktischen Ausführung möchte es liegen, bei der Wahl der Wellenlinien nicht allzuschroffe Uebergänge zu bilden, besonders dann, wenn, wie das häufig der Fall ist, die Dachdeckung aus kleinen eichenen Chablon-Schindeln besteht; in solchem Falle wäre auch darauf Rücksicht zu nehmen, dass die verschiedenen Dachflächen nicht einen zu geringen Neigungswinkel erhalten; bei Anwendung von Kupferblech fällt eine solche Rücksichtnahme für die Form der geschweiften Helmdächer ausser Betracht.

Was die spezielle Konstruktion solcher Dächer anbetrifft, so wird das eigentliche Innere stets als Zelt- oder Pyramidendach mit nie fehlender Helmstange zu behandeln sein, während die geschweiften Flächen durch ausgeschnittene Bohlen, bogenförmig bearbeitete Kanthölzer etc. gewonnen werden,

welche in den geraden Sparren des Pyramidendaches ihren Halt finden; wo die grössten Ausbauchungen vorhanden sind, ist es wohl angezeigt, mittelst doppelter Spannkehlbalken und Pfetten einen sicheren Kranz zu bilden, welcher den ausgeschweiften Hölzern einen festen Stützpunkt gewährt. Die beigegebenen Figg. 383 und 384 (S. 296) mögen das eben Gesagte näher erläutern.

8. Das Sheddach (Parallel- oder Sägedach).

Dieses der Neuzeit angehörende Dach wurde zuerst in England bei verschiedenen Fabrikbetrieben, namentlich aber in den mechanischen Webereien zur Ausführung gebracht; die Vorteile, die mit diesen Dächern verknüpft sind, lassen erwarten, dass dieselben bei Anlagen von Fabriken sich immer grössere Anerkennung erwerben werden. Der Zweck der Paralleldächer ist vor allen Dingen die Herstellung einer guten Beleuchtung der darunter befindlichen Räumlichkeiten, verbunden mit vollständigem Schutz vor den direkten Sonnenstrahlen. Dieser Umstand bedingt für unsere geographische Lage die Fensterflächen senkrecht zur Nordrichtung zu stellen.

Die Form der Paralleldächer variirt insofern, als verschiedenartige Winkel sowohl für die Dachflächen unter sich (Firstenwinkel), als für deren Neigung gegen die Horizontalebene angenommen werden; den Winkel am First nimmt man gewöhnlich zu 90^0 oder etwas unter 90^0 an, während die Winkel zwischen der Horizontalen und den Dachflächen bei ein und demselben Dach stets verschieden sind. Der Winkel β (Fig. 385 S. 296), die bedeckte Dachfläche bildend, wechselt dabei zwischen $20-30^0$, während dem Winkel α auf der sogenannten Lichtdachseite $60—70^0$ gegeben wird.

Bei dem Bestreben, das Dach nicht unnötiger Weise hoch zu machen, wird man den Winkel β um so kleiner machen, je grösser α gewählt wird; dabei hat man aber auch jene Forderungen zu berücksichtigen, welche der Hochbau aus praktischen Gründen für die Dachneigungswinkel aufstellt.

Die Spannweiten, welche man den einzelnen Pulten eines Paralleldaches

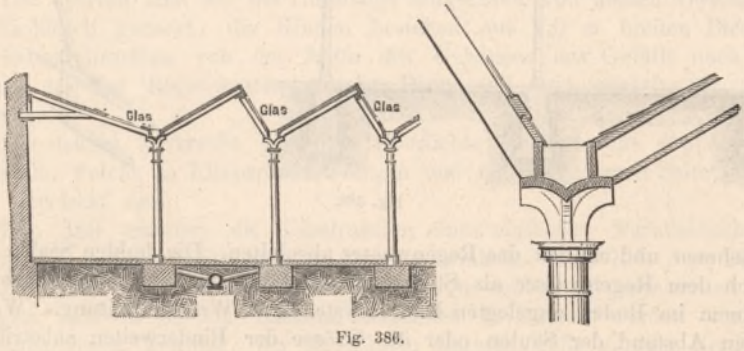


Fig. 386.

zu geben hat, ist innerhalb ziemlich weiter Grenzen beliebig wählbar. Man besitzt solche Dächer von 3 m und solche von 9 m Spannweite, ja selbst unter Anwendung von Eisen wurden mehrfach Sheddächer bis 15 m Spannweite zur Ausführung gebracht.

Die Konstruktion eines Daches von 3 m Spannweite stellt die Fig. 386 dar; sie zeigt zwar eine sehr leichte Bauart, die einzelnen Pulte aber müssen sich öfter wiederholen, um einen grösseren Raum zu erhalten; ferner werden mehr unterstützende Säulen benötigt und erheischt das Reinigen der Glasflächen, das

Instandhalten der vielen Wasserableitungsrinnen einen verhältnismässig grösseren Aufwand als bei Dächern mit grösserer Spannweite.

Bei geringen Spannweiten jedoch ergeben sich in bezug auf die Beleuchtung sehr günstige Resultate.

Das Dach in Fig. 386 besitzt einen eisernen Unterbau, während der Oberbau aus Holz besteht. Die schlanken gusseisernen Säulen ruhen auf gutfundirten Steinwürfeln, und tragen oben eigenthümlich gestaltete Dachrinnen aus Gusseisen; diese letzteren haben den Zweck, das ganze Säulensystem in der Horizontalebene genügend unter sich zu versteifen, die Dachsparren in sich

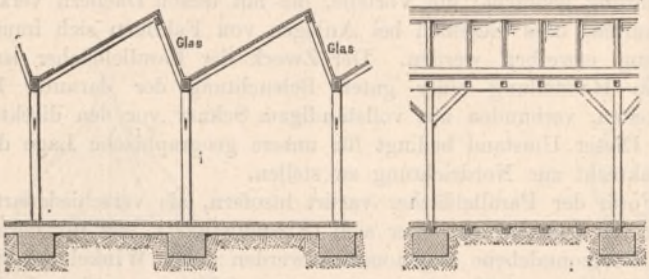


Fig. 387.

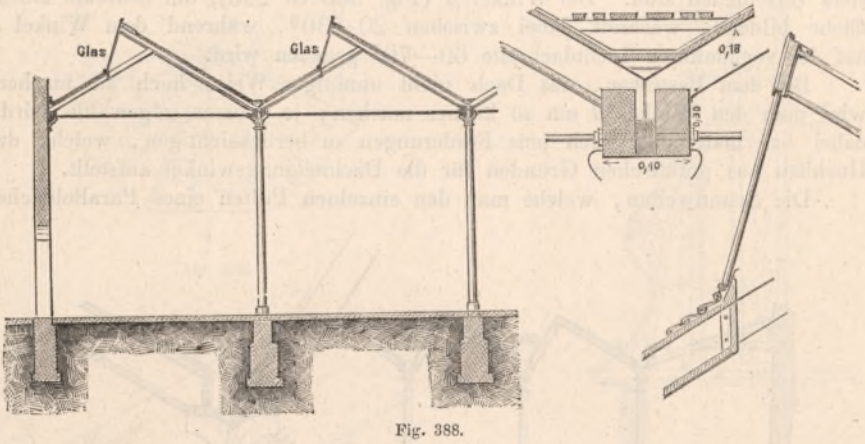


Fig. 388.

aufzunehmen und endlich das Regenwasser abzuleiten. Die hohlen Säulen dienen zugleich dem Regenwasser als Stellrinnen und stehen in weiterer Verbindung mit einem im Boden angelegten Röhrensystem zur Wasserableitung. Was den weiteren Abstand der Säulen oder die Grösse der Binderweiten anbetrifft, so wählt man denselben zwischen 3,5 bis auf 7 m je nach der notwendigen Grösse des herzustellenden freien Raumes.

Die Sparrenstützen der Glasseite greifen mit ihren Fussenden in die Dachrinne ein, und stützen eine Art Firstpfette, mit welcher sie einen Rahmen zur Aufnahme der Glastafeln bilden, während die in Abständen von 0,80 bis 1,1 m liegenden Dachsparren das eigentliche Dach bilden.

Ist das Paralleldach nach links durch eine Mauer begrenzt, so lässt man das letzte Pultdach mit als Lichtdach funktioniren, wie dies in der beigegebenen Figur angedeutet ist.

In Fig. 387 (S. 298) ist ein Dach mit 4,0 m Spannweite ganz in Holz konstruirt dargestellt, bei welchem der Winkel α zu 70°, der von β zu 30° gewählt wurde; die ganze Konstruktion, welche so einfach ist, dass sie einer weiteren Erläuterung nicht bedarf, hat jedoch für das praktische Gefühl etwas Unsicheres, Unstabiles, weil hier jede Dreiecksverbindung, die Grundlage aller unverschiebbaren Holzverbindungen fehlt. Diese Verbindung sehen wir in Fig. 388 (S. 298) bewirkt; ein horizontales eisernes Zugband nimmt den bei allen Pultdächern vorhandenen Horizontalschub in sich auf, und macht demnach jedes der Dächer zu einem völlig in sich abgeschlossenen Ganzen, in dem Gleichgewicht herrscht.

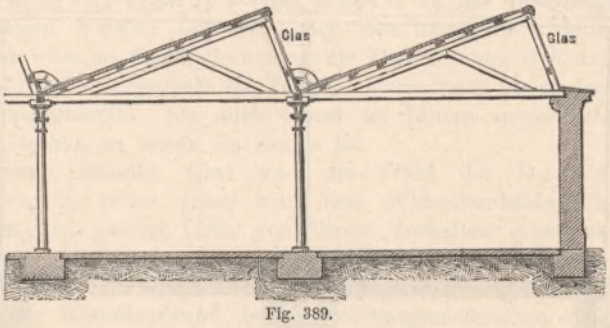


Fig. 389.

Das hier gewählte Beispiel gehört der neuerbauten Kornhalle in Augsburg an; das Dachgerüst wird hauptsächlich von hohlen gusseisernen Säulen getragen, welche, wie das beigegebene Detail ersehen lässt, zwei hölzerne Unterzüge unterstützen; zwischen diese beiden Unterzüge ist, bei der ziemlich grossen Spannweite von einer Säule zur anderen, eine Bohle in Sprengform eingeschaltet.

Die Sparren sind auf die Unterzüge aufgeklaut, von aussen verschalt und mit Zinkblech gedeckt; die Rinnen bestehen aus 1,0 m breiten Blechtafeln und haben dieselben von der Mitte des Gebäudes aus Gefälle nach beiden Seiten, um das Regenwasser mittelst Rinnkessel und gusseiserner Röhren abzuleiten.

Die nahezu senkrecht gestellten Oberlichte bestehen aus doppelt starken Glastafeln, welche in Eisensprossen liegen und an ihrer oberen Seite mit Zinkblech überdeckt sind.

Fig. 389 erläutert die Konstruktion eines einfachen Paralleldaches von 6,0 bis 7,0 m Spannweite, und den Neigungswinkeln: $\alpha = 70°$, $\beta = 20°$. Das hier aus Holz konstruirte Pfettendach ist von schlanken gusseisernen Säulen getragen. Die in 82 cm Abstand liegenden 8 Pfetten werden von einem Haupttragsparren gestützt, der in seinem unteren Teile mittelst Verdübelung verdoppelt und durch eine Sprengstrebe verspannt ist; beide greifen in ein, alle Pultdächer miteinander verbindendes Zugband von Holz ein, und dient ein anderes balkenartiges Langholz dazu, die einzelnen Hauptgespärre untereinander zu verbinden und zu versteifen. Dieses Holz dient auch dem Glasdache als Träger und ist oberhalb desselben die Dachrinne, zwar etwas eigenthümlich, jedoch nicht unzweckmässig angebracht.

Bei 9,0 bis 15 m Spannweite konstruirt man die Hauptbinder der Sheddächer wohl unter Zuhülfenahme von Hängewerken, wie dies in der beigegebenen Fig. 390 (S. 300) geschehen ist.

Dieses Dach gehört einer Kesselschmiede an und besitzt in dem gegen Norden gerichteten steileren Schenkel einen Winkel von 68°, während die flacheren unter 22° gegen den Horizont geneigt sind; der Winkel im First des Daches hat 90°. Das Hängewerk besteht aus einfachen Strebebändern mit eisernen Hängeeisen; die weitere Konstruktion erscheint durch die Zeichnung selbst hinreichend erklärt.

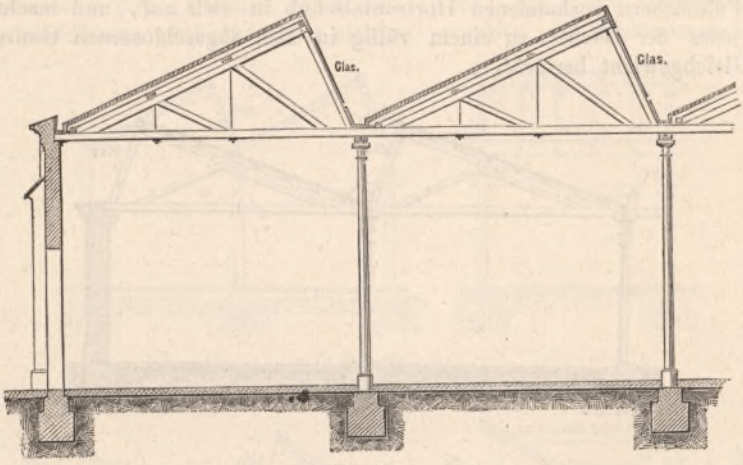


Fig. 390.

Bei Doppelparallel- und dreifachen Tripel-Paralleldächern mit sehr grossen Spannweiten verwendet man vorherrschend Eisenkonstruktionen, und werden wir auf diese im III. Bande zurückkommen. *)

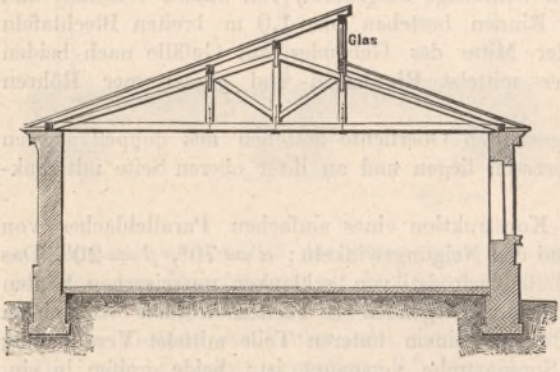


Fig. 391.

Als modifizirtes Sheddach wird ein von Prof. J. Koch in Wien konstruirtes in Fig. 391 dargestelltes Dach bezeichnet; es eignet sich besonders für Fabrikanlagen ohne Stockwerksbauten, denen man, ohne sie gerade mit dem Paralleldach zu überdachen, doch den Hauptvorteil desselben, ein gutes Oberlicht, verleihen will. Wie die beigegebene Figur erkennen lässt, braucht das Dach auf einer Seite nicht mit Fenstern versehen zu sein (kann daher verbaut werden) und hat ausserdem gegenüber den vorerwähnten Paralleldächern noch den weiteren Vorteil, dass es sich in der angegebenen Konstruktion bis für die Spannweite von 17 m eignet, ohne einer weiteren Unterstützung zu bedürfen.

*) Eine eingehende Abhandlung über Sheddachbauten brachte der praktische Maschinenkonstrukteur 1876, S. 265 u. s. f.

Ferner fallen bei dem modifizirten Sheddach die lästigen, nie ganz dichten, stets reparaturbedürftigen Zwischendachrinnen fort; ausserdem ist durch die Vertikalstellung der Oberlichtfenster eine grössere Verschlusssicherheit erreichbar, als dies bei schiefliegenden der Fall ist.

V. Die Dacheindeckungen.

Der Zweck aller Dacheindeckungen ist, den betreffenden Gebäuden den erforderlichen Schutz gegen die jeweiligen klimatischen Witterungsverhältnisse zu gewähren; ganz besonders hat man aber darauf zu achten, dass ein Eindringen von Regen, Schnee oder Sturm in das Innere ausgeschlossen ist. Auch gegen Feuer soll das Dach den möglichst wirksamsten Schutz gewähren und wäre in dieser Beziehung die Dachdeckung der Art zu wählen, dass sie sowohl einem ausserhalb des Hauses entstandenen Feuer den genügenden Widerstand entgegensetzt, als auch einem im Innern ausgebrochenen Brande die engsten Grenzen zu setzen im stande ist.

Aus diesen Gründen wird man die Wahl der Dachdeckungsmaterialien in erster Linie von ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Atmosphärilien, in zweiter Linie von ihrem Verhalten gegen das Feuer abhängig machen. Eine weitere Berücksichtigung ist aber auch der Dauerhaftigkeit, dem Gewichte, der Einfachheit der Zusammensetzung der einzelnen Teile und endlich dem Kostenaufwand der Dachdeckungsmaterialien zuzuwenden.

Sehr feuergefährliche Dachdeckungsmaterialien, wie Stroh, Rohr und Holz sind gegenwärtig nach baupolizeilichen Verordnungen nahezu ausser Gebrauch gesetzt, obgleich dieselben besonders für landwirthschaftliche Zwecke ausgezeichnete Dienste leisten und in bezug auf ihre Dauer unter Umständen Nichts zu wünschen übrig lassen.

Zu den nicht feuergefährlichen Dachdeckungsmaterialien sind zu rechnen: Die gebrannten Dachplatten in ihren verschiedenen Abstufungen vom gewöhnlichen bis zum emaillirten Fabrikate, flach übereinander liegend oder mittelst Nuten und Falzen in einander eingreifend.

Unter Umständen billig und äusserst dauerhaft erweisen sich die Dachdeckungsmaterialien aus der Gruppe der natürlichen Gesteine, wie Thonschiefer, Phonolith-, Porphyr- und Kalkschiefer.

Durch sehr geringes Gewicht, vollständige Wasserdichtigkeit, und unter Umständen auch durch grosse Dauer zeichnen sich die Dachdeckungsmaterialien aus, welche den Metallen entnommen werden, wie Kupfer-, Eisen-, Zink- und Blei-Blech.

In besonderen Fällen leisten auch die Cemente, der Asphalt, die Dachpappe und endlich das Glas für die Zwecke der Dachbedeckung sehr gute Dienste.

Bei allen Dachdeckungsmaterialien spielt die allenfallsige Eigenschaft, Wasser in sich aufzunehmen, eine nicht unbedeutende Rolle; so wird man den Dächern, bei welchen nur ordinäre Dachplatten zur Verfügung stehen, eine weit steilere Dachneigung geben, als dies bei Dächern der Fall ist, die mit gutgebrannten Falzziegeln, mit Schiefer oder Metall einzudecken sind. Bei Dachdeckungsmaterialien, welche die Eigenschaft haben, Wasser in sich aufzunehmen, besteht sets die Gefahr, dass sie sich nicht als frostbeständig erweisen, und giebt man Dächern mit solchen Materialien eingedeckt, einen um so grösseren Neigungswinkel zum schnellen Abführen des Regenwassers,

je nachdem sie mehr oder weniger dazu geneigt sind, grössere Mengen davon in sich aufnehmen.

Nach den verschiedenen Dachdeckungsmaterialien unterscheidet man:

1) Die Stroh- und Rohrdächer;
2) Dächer aus Holz;
3) Ziegeldächer (künstl. gebrannte Steine);
4) Schieferdächer (natürliche Gesteine);
5) Metalldächer;
6) Cementdächer;
7) Asphalt-, Theer- und Dachpappedächer;
8) Glasdächer.

1. Die Stroh- und Rohrdächer sind trotz ihrer Feuergefährlichkeit in der Landwirthschaft sehr beliebt, denn sie sind wohlfeil, äusserst dicht und geben dem Dachbodenraum eine mehr gleichmässigere Temperatur, als dies beispielsweise bei Ziegeldächern der Fall ist; ein Umstand, der für die Konservirung der im Bodenraume allenfalls untergebrachten Feldprodukte von grosser Wichtigkeit ist.

In bezug auf die praktische Methode der Eindeckung unterscheidet man wohl:

a) das Schaubendach;
b) das Lehmschindel- oder Lehmstrohdach.

Das Schaubendach hat eine 28 bis 37 cm weite Lattung, an welche die sogenannten Dachschauben, aus Strohbüscheln bestehend, vom Dachsaum angefangen, angebunden werden. Darüber werden 1,50 bis 1,80 lange Dachstöcke, stets über den Latten gelegt, und diese an der Lattung durch Bindweiden befestigt. Die First- und Grateindeckung erfordert besondere Sorgfalt, und werden verschiedene Methoden hierbei in Anwendung gebracht.

Beim Lehmschindeldach werden mattenartig geordnete Strohlagen mit geschlämmten Lehm bestrichen; auf die Mitte derselben legt man dann einen nahezu 1,0 m langen Stock, und schlägt die Tafel halbbrüchig um. Durch Strohseile oder Bindweiden und mittelst der Stäbe werden die Strohlehmtafeln an Latten im Verband befestigt und die Fugen mit Lehm verstrichen. Auch bei diesen Dächern giebt es bei der Anfertigung Modifikationen, so dass man zwischen polnischen und pommerschen Lehmstrohdächern unterscheidet. *)

2. Handelt es sich darum, Holz zur Dachdeckung zu verwenden, so geschieht dies wohl in der Form von Schindeln oder Brettern und unterscheidet man dem entsprechend

a) die Schindeldächer,
b) die Bretterdächer.

Die Schindeldächer sind entweder aus Legschindeln oder aus gemeinen Schaarschindeln hergestellt. Die ersteren, in der Regel 0,90 cm lang, 18 bis 30 cm breit, werden in unseren Hochgebirgen in der Art zum Decken der Bauernhäuser verwendet, dass sie ihren Halt durch langgestreckte Bohlstämme und aufgelegte grosse Steine erhalten.

Die gemeinen Schaarschindeln (32 bis 70 cm lang, 8 bis 12 cm breit) werden aus Kiefern- oder Fichtenholz geschnitten, erhalten an einer Seite eine Schärfe, an der anderen Seite eine Nute und werden auf einer Lattung

*) Eine spezielle Besprechung haben die Strohdächer im Handbuch des landwirtschaftl. Bauwesens von Fr. Engel gefunden, und wird hierauf verwiesen.

ineinander geschoben und mittelst Nägeln befestigt. Mit Rücksicht auf ein Uebergreifen von 15 cm ergiebt sich die Lattenweite aus der Länge der Schindeln.

Die Schindeldächer haben zwar den Nachteil der Feuergefährlichkeit und den, dass sie bald der Fäulnis unterliegen, beiden lässt sich jedoch entgegenwirken durch Imprägniren und durch geeignete Anstriche. Besonders empfehlenswert sind die ausgelaugten und mit Wasserglas behandelten Eichenholzschindeln. *)

Die Bretterdächer, die sehr häufig bei provisorischen Bauten Verwendung finden, erhalten in der Regel eine Einlattung aus 6 cm breiten und 4 cm starken Latten, auf welchen die Bretter in Entfernungen von 1,5 bis 2,0 m in normaler Lage zum First befestigt werden; bei Pfettendächern kann übrigens die Bretterlage direkt auf diese kommen. Die Bretterfugen werden durch Deckleisten von 5 cm Breite und 2 cm Stärke geschlossen. Am First lässt man die Bretter der Wetterseite die der anderen Seite etwas überragen.

Eine zweite Art ist die jalousieartige Eindeckung, wo die Bretter unmittelbar auf die Sparren befestigt werden, in paralleler Richtung zum First und zur Traufe, und mit dem Uebergreifen der einzelnen Bretter von nahezu 3 cm. Beim Bretterdach macht sich stets das Schwinden und Werfen in sehr störender Weise geltend.

3. Zu den gewöhnlichen Ziegeldächern verwendet man in den meisten Fällen die gewöhnlichen Dachziegel, Flachziegel, Dachtaschen, auch Bieberschwänze genannt; dieselben sind meistenteils 35 bis 40 cm lang, 15 bis 16 cm breit und nahezu 1,5 cm dick.

Fig. 392.

An der unteren Schmalseite erhalten die Dachplatten die in Fig. 392 dargestellten Formen, wobei zu bemerken ist, dass die flach abgerundete oder auch die einen stumpfen Winkel bildende Form am geeignetsten dazu ist, das Regenwasser auf die Mitte der unteren Ziegel zu sammeln und zum energischeren Ablauf zu bringen.

Die Latten, auf welche die Dachplatten mit ihrer Nase aufgehängt werden, müssen möglich gleichweit von einander entfernt liegen, wobei der Winkel, den jeder der Flachziegel mit dem Horizonte bildet, nicht unter 30^0 zu betragen hat.

Alle Dachplatten zu einer Schutzdecke zusammengelegt, ergeben bei ihrer Verbindung Fugen, und zwar Stossfugen, wenn an der betr. Stelle zwei Platten stumpf aneinander stossen, und Lagerfugen, wenn die Verbindung durch Uebereinanderlegen statt hat. Solche Fugen dicht zu machen und auf die Dauer dicht zu erhalten, ist eine Aufgabe von grosser Tragweite. Sämtliche Dachplatten eines Daches müssen mit ihren Lagerflächen so auf einander liegen, dass die Flächen sich gegenseitig decken, niemals aber „klaffen“; es folgt hieraus, dass alle Platten derselben Fläche gleiche Neigung zum Horizonte erhalten sollen.

*) Siehe die Mittel, die Fäulnis des Holzes zu verhüten und Schutz gegen Feuer: Phys. und chem. Beschaffenheit der Baumaterialien. III. Auffage. I. Band. S. 508 und 546.

Man unterscheidet bei dem gewöhnlichen Ziegeldache drei Arten von Deckung:

a) das einfache Ziegeldach oder Spliessdach;

b) das Doppeldach;

c) das Kronen- oder Ritterdach.

a. Das einfache Ziegeldach ist nach Fig. 393 19 bis 20 cm weit gelattet und liegt auf jeder Latte eine einfache Reihe Dachplatten; eine Ausnahme macht die Traufe, wo eine doppelt übereinander gelegte Reihe vorhanden ist; die Ueberdeckung beträgt kaum die Hälfte der Platten, so dass, um das Eindringen von Wasser zu verhindern, sogenannte Spliesse, aus Holz gespalten, 5 cm breit, unter die Fugen der Dachplatten eingeschoben werden müssen.

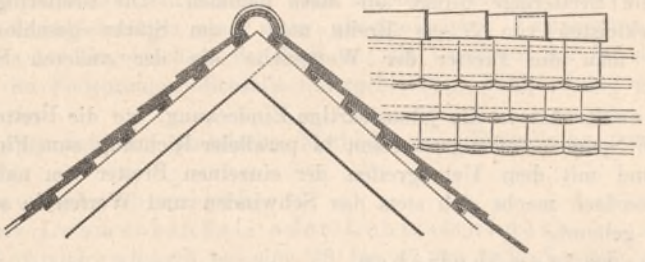


Fig. 393.

Beim Spliessdach wählt man auch wohl eine Eindeckung ohne Verwechselung der Stossfugen, und hält dadurch die Spliesse besser gegen das Eindringen von Regenwasser geschützt.

Immerhin wird die Dichtigkeit eines Spliessdaches eine ungenügende sein und eignet es sich nur für Gebäude von sehr untergeordnetem Range.

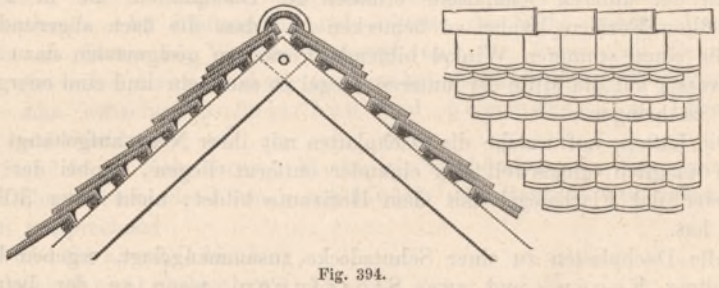


Fig. 394.

b. Das Doppeldach hat nach Fig. 394 eine sehr enge 14 bis 15 cm weite Lattung, und da auf jeder Latte eine Reihe Dachplatten liegt, so überdecken sich die letzteren nahe um $^2/_3$ ihrer Länge, und erscheint das Dach doppelt und dreifach gedeckt. Ein solches Dach ist zwar ziemlich dicht, aber äusserst schwer; am First und an der Traufe liegen auf den betr. starken Latten je zwei Dachplattenschichten.

c. Beim Kronen- oder Ritterdach liegen nach Fig. 395 (S. 305) auf jeder Latte eine doppelte Ziegelschar, und ist die Lattenweite so gross, dass jede Doppelschicht von der darüber befindlichen um 10 bis 12 cm überdeckt wird; es erscheint somit die Dachfläche doppelt, ja zum Teil 4fach

gedeckt, und hieraus resultirt die bedeutende Schwere, aber auch die grosse Dichtigkeit des Daches. In bezug auf Reparaturen ist das Kronendach dem Doppeldache deshalb vorzuziehen, weil das Einbringen neuer Dachplatten — um schadhafte zu ersetzen — beim ersteren Dache viel leichter auszuführen ist als beim anderen. *)

Die beim Kronendach sehr stark belasteten Latten erhalten eine Abmessung von 4 zu 7 cm.

Die Dachdeckung mit gewöhnlichen Dachplatten gewährt durchaus keine Sicherheit gegen das Eindringen von Schnee und Regen, und suchte man dieselbe wohl dadurch zu erreichen, dass man die Fugen vom Dachboden aus mit „Haarkalk verstrichen“ hat. Solches Verstreichen jedoch hat immer nur einen äusserst zweifelhaften Erfolg; bei der steten Bewegung, die im Holze der

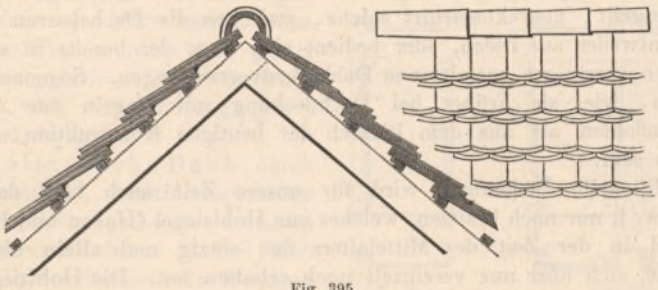


Fig. 395.

Dachkonstruktionen sich geltend macht, fällt der in die Fugen eingestrichene Mörtel heraus, und verunreinigt dabei den Dachbodenraum in oft höchst störender Weise.

Um diesen Uebelstand zu beseitigen, greift man wohl zur sogenannten böhmischen Eindeckungsart, wobei die einzelnen Dachplatten Stossfugen von Mörtel erhalten, und ein horizontales, schmales der Länge nach zwischen den Dachplatten sich fortziehendes Mörtelband (Querschlag) das Eintreiben von Regen und Schnee durch starke Stürme verhindert.

Auch durch schmale Streifen von Theerpappe, welche unter die zum First aufsteigenden Fugen des einfachen Daches gelegt werden, hat man die gewöhnlichen Ziegeldächer zu dichten gesucht; wendet man jedoch — wie dies auch schon geschehen ist — ganze Bahnen aus Pappe an, die parallel der Traufe liegen, so hat man eine Kombination von Flachziegel- und Stein-Pappe-Dach, was wohl kaum gerechtfertigt sein möchte.

Die Firste und Gräte beim Ziegeldaeh werden, wie dies die betr. Figg. 393, 394 und 395 andeuten, mit Hohlziegeln eingedeckt; dieselben haben 38 bis 40 cm Länge, 16 bis 20 cm als grösseren und 12 bis 16 cm als kleineren Durchmesser; sie werden mit 8 bis 10 cm Ueberdeckung verlegt und erhalten eine gute Mörtelbettung, während der entstehende Hohlraum mit Ziegelbrocken und Mörtel ausgefüllt wird.

Auf den Gräten werden die Hohlziegel so verlegt, dass ihr weites Ende nach unten gekehrt ist; bei steilen Gräten werden wohl je der dritte oder vierte Hohlziegel auf den Gratsparren oder auf die Latten festgenagelt.

---

*) Die vorstehenden Ziegeldächer haben auf den Tafeln XIV und XV eine noch speciellere Darstellung gefunden und wird hierauf verwiesen.

Eine besondere Schwierigkeit bringt das Eindecken von Dachkehlen hervor und möchte hier nur dann wirksam dem Eindringen von Wasser entgegenzuwirken sein, wenn sämtliche Dachkehlen Metallblech-Eindeckung erhalten, welche die benachbarten Dachziegel dann zu übergreifen haben.

Bei Giebeln schützt man die Dachdeckung gegen allenfallsige Stürme durch das Anbringen von Windbrettern, die dann wohl Gelegenheit bieten, durch dekorative Ausschnitte verzierend zu wirken.

Durchdringen Schornsteine oder andere Mauern das mit Dachziegeln gedeckte Dach, so bedient man sich in der Regel des Zinkblechs, um die nötige Dichtung zu erzielen.

Die Schwierigkeiten, die endlich bei Anlagen von Dachlucken sich ergeben, um sie mit Dachplatten einzudecken, lassen sich dadurch umgehen, dass man die Oeffnungen zum Beleuchten und Lüften der inneren Dachräume aus Metall herstellt; man konstruirt solche, zwischen die Dachsparren eingelegten Fenster entweder aus Blech, oder bedient sich dazu der bereits in allen Eisenhandlungen vorrätigen gusseisernen Dachlukenvorrichtungen. Sogenannte Fledermausluken, wie sie früher bei Dachdeckung mit Ziegeln zur Ausführung kamen, möchten als aus dem Bereich der heutigen Konstruktion verbannt zu betrachten sein.

Traditionelle Bedeutung wird für unsere Zeit auch bald das Hohlziegeldach nur noch besitzen, welches aus Hohlziegel (Haken und Preisen) bestand und in der Zeit des Mittelalters fast einzig und allein die Situation beherrschte, sich aber nur vereinzelt noch erhalten hat. Die Hohlziegel, in der Form abgestumpfter halber Kegel, waren nahezu 40 cm lang und im Mittel 24 cm breit; zur Lattenweite wählte man dabei 30 bis 32 cm. Die weiten Zwischenräume, die zwischen je zwei nebeneinander liegenden, zwei konkave Rinnen bildenden Hohlziegeln entstehen, werden als Thal in der Art gedeckt, dass die Decksteine nach obenhin konvex abgerundet den Berg bilden, wobei sich die einzelnen Reihen wohl um 8 cm überdecken. Da zu der Dichtung des Daches eine sehr grosse Mörtelmasse notwendig ist, so hat man es stets mit einer sehr bedeutenden Dachlast zu thun. Immerhin tragen solche hohen grossen Dachflächen unserer gothischen Bauwerke dazu bei, dem Dache einen kräftigen wirksamen Charakter zu geben; auch wird das schnelle Abfliessen des Regenwassers bei keinem anderen Dache so vollständig erreicht, als dies beim alten gothischen Hohlziegeldache der Fall ist.

Fig. 396.

Das Pfannendach aus ∼förmig gekrümmten Dachziegeln (Krummziegeln, Dachpfannen Fig. 396), hergestellt, wird vorherrschend am Unterrhein und in Holland vielfach zum Decken von Gebäuden in Anwendung gebracht. Die einzelnen Pfannen macht man meist 40 cm lang und 30 bis 32 cm breit und werden dieselben so nebeneinander aufgehängt, dass der konvave Teil des einen über den konkaven des zweiten eingreift. Die Lattenweite beträgt 22 bis 32 cm, so dass die Ueberdeckung, der Breite der Reihen nach, 8 bis 10 cm beträgt. Die Dachneigung wird in der Regel zu 45° gewählt. Beim Pfannendach lassen sich die mässig grossen Fugen von der Unterseite aus leicht verstreichen und gut dichten, so dass es bedeutend leichter als das Holziegeldach ist; schwierig bleibt es aber bei beiden Dacharten stets, die Firste und die Gräte mit der erforderlichen Dichtheit abzudecken; über den Rinnenthälern ergeben sich beim Aufbringen der Firstziegelreihe weite hohle Räume, die durch Mörtel und eingedrückte Ziegelbrocken nur unvollkommen geschlossen werden können. Bei landwirt-

schaftlichen Gebäuden dichtet man die Fugen des besseren Warmhaltens wegen wohl mit Stroh.

Eine sehr ähnliche Dachung ergiebt sich in dem Krempziegeldach mit den in Fig. 397 dargestellten Dachsteinen. Man giebt solchen Krempziegeln wohl eine Länge von 34 cm, eine Breite von 20 cm und eine Dicke von 13 mm; die Lattung macht man 25 cm von Mitte zu Mitte weit. Aufmerksam geformte, und beim Brande nicht krumm gewordene Krempziegel passen gut in- und aufeinander, wenn beim Eindecken die eine Ecke des deckenden Wulstes am schmalen Ende desselben, soweit solche über den nächst oberen Stein der anliegenden Reihe übergreift — um die Länge des Ueberdeckungsmasses — mit einem scharfen Maurerhammer abgenommen wird; dies Ecken-Abnehmen nennt man „krempen."

Beim Verlegen giebt man den Lagerfugen nur dann ein Mörtelband, wenn die einzelnen Platten nicht fest genug auf einander passen. Das betreffende Dach lässt sich von unten gut verstreichen und dichten.

Fig. 397.

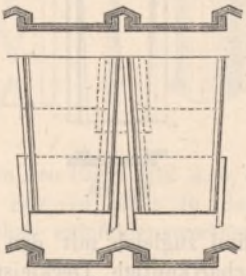


Fig. 398.

Das italienische Dach, durch Fig. 398 erläutert, besitzt trapezartige flache Platten mit aufgebogenen Rändern (tavelli), deren einzelne Reihen sich nahezu um $^1/_3$ überdecken; die Deckung der Zwischenräume, welche sich durch das Nebeneinanderlegen der Dachplatten ergiebt, erfolgt durch Deckleistensteine (canali), welche genau den obenerwähnten aufgebogenen Rändern entsprechend geformt sind und die sich wie die Dachplatten gegenseitig überschieben; letztere, rund oder auch kantig, sind meistens 40 cm lang, oben 17, unten 22 cm breit. Die Dachneigung soll in Deutschland den Winkel von 25° nicht überschreiten.

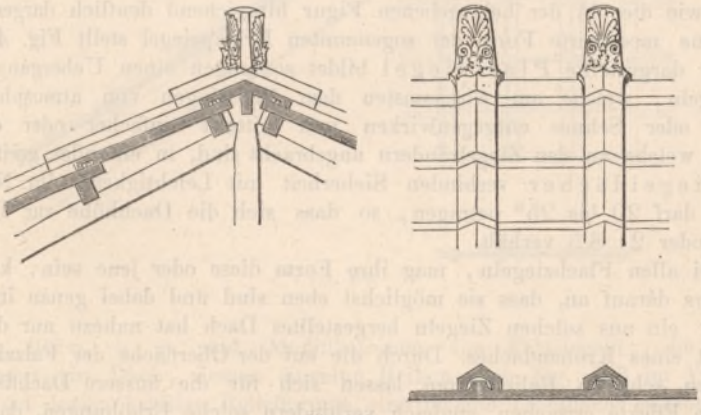


Fig. 399.

In Italien giebt man den mit diesem Material gedeckten Dächern nahezu $^1/_5$ ihrer Tiefe zur Höhe, und haben sich dieselben wohl hauptsächlich dadurch so bewährt, weil bei dieser Dachdeckung die eigentlichen Deckplatten vom Holzwerk isolirt sind. Ein bedeutender Teil der Bewegung, welche bei unseren

gewöhnlichen Ziegeldächern durch das Arbeiten des Holzes und durch Sturmerschütterungen hervorgerufen werden, bleibt hiedurch unwirksam, so dass der zum Dichten verwendete Mörtel bei der italienischen Deckweite ein haltbares Bindemittel bildet. Besondere Beachtung möchten diese Dächer noch in bezug auf ihre wirkungsreiche Form verdienen, wobei unter Anwendung farbiger glasirter Dachplatten sich die schönsten Effekte erzielen lassen.

Das italienische Dach ist unzweifelhaft dem altgriechischen Tempeldach nachgebildet, welches die Fig. 399 (S. 307) verdeutlichen möge. Die flachen Hauptdeckplatten waren entweder aus Terra cotta oder aus Marmor hergestellt, und ihre Ränder seitlich stark aufgebogen; die seitlichen Fugen

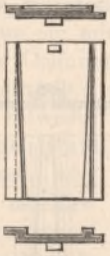


Fig. 400.

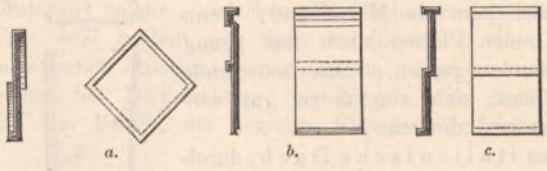


Fig. 401.

sind zugleich mit den aufgebogenen Rändern durch innen abgerundete, aussen scharfkantige Deckleistensteine überdeckt. Die Plattziegelreihen greifen übereinander fort und erhalten ihre feste Lage dadurch, dass jeder Plattziegel wassernasenartig unterschnitten ist, und an dem unteren Steine an dieser Stelle eine erhöht gearbeitete Leiste findet, welche ihn am Herabgleiten hindert. Besondere Aufmerksamkeit wurde dem altgriechischen Dache bei der Konstruktion der Traufe und des Firstes gewidmet; bei ersterer sind die Anfänger der Deckleistensteine durch die Stirnziegel (antefixae) dekorativ maskirt, während dieselben im Firste besonders schön ausgebildete Firststeine, die sogenannten Reiter erhielten. Die obersten Plattziegel dagegen erhielten einfachere Deckstеine, wie dies in der beigegebenen Figur hinreichend deutlich dargestellt ist.

Eine modifizirte Form der sogenannten Krempziegel stellt Fig. 400 dar; der hier dargestellte Plattziegel bildet sozusagen einen Uebergang zu den Falzziegeln, welche am wirksamsten dem Eindringen von atmosphärischem Wasser oder Schnee entgegenwirken und mittelst einfacher oder doppelter Falzen, welche an den Ziegelrändern angebracht sind, in einander greifen. Die Falzziegeldächer verbinden Sicherheit mit Leichtigkeit, ihr Neigungswinkel darf 20 bis 25° betragen, so dass sich die Dachhöhe zur Tiefe wie 2 : 11 oder 2 : 8,5 verhält.

Bei allen Flachziegeln, mag ihre Form diese oder jene sein, kommt es besonders darauf an, dass sie möglichst eben sind und dabei genau ineinander greifen; ein aus solchen Ziegeln hergestelltes Dach hat nahezu nur das halbe Gewicht eines Kronendaches. Durch die auf der Oberfläche der Falzziegel sich bildenden scharfen Relieffiguren lassen sich für die äussere Dachfläche angenehme Effekte erreichen, zugleich verhindern solche Erhöhungen, dass allenfalls vom Hagel zertrümmerte Falzziegel in einzelnen Trümmerstücken vom Dache herabstürzen können; zu ihrer Fabrikation sind stets Maschinen notwendig und wird hier auf die betreffende Litteratur verwiesen. *)

*) Phys. und chem. Beschaffenheit der Baumaterialien v. Gottgetreu, III. Auflage. II. Band. S. 276 u. s. f.

Eine sehr einfache Form der Falzziegel ist in Fig. 401 a, b und c dargestellt; die Ziegel Fig. 401 mit quadratischer Form von 21 cm Breite und 2,5 cm Dicke haben zwei aufwärts- und zwei abwärtsgebogene Falze, und werden in diagonaler Richtung auf die Latten verhängt, wobei die Ziegel dann mit ihren Falzen ineinander greifen.

Fig. 401 (S. 308) liefert eine Dacheindeckung, bei welcher die Falzziegel im Verbande der Art in sich eingreifen, dass die vorstehende Rippe der Unterseite in den vertieften Falz der oberen Seite eingreift; die Ziegel, meistens 32,5 cm lang, 18,75 cm breit, $1\frac{1}{2}$ cm dick, decken das Dach doppelt, und übergreifen sich um etwas mehr als die Hälfte.

Fig. 401 stellt eine Modifikation von Fig. 401 dar, wobei die Falzziegel einen doppelten Halt gewinnen, und in noch höherem Grade dem Eindringen von Flugschnee zu widerstehen im Stande sind.

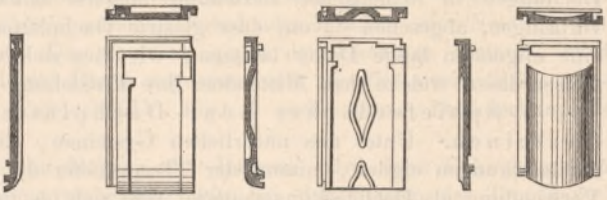


Fig. 402.

Weitaus bessere Dienste leisten die Falzziegel, die in den Figg. 402 a, b, c dargestellt sind, und treten wir mit diesen Formen erst so recht in das Gebiet der sich immer mehr verbreitenden nnd höchst empfehlenswerthen Falzziegeldächer.

Fig. 402a stellt die in neuester Zeit am üblichsten verwendete Form der Falzziegel, wie sie zuerst in der Fabrik von Gilardoni & Sohn in Altkirch (Elsass) hergestellt wurden, dar; diese Falzziegel sind in der Regel 42 cm lang, 23 cm breit und in ihrer Fläche 27 mm dick; 15 Stück überdecken allemal den Raum von einem Quadratmeter, und erfolgt die Eindeckung mit diesen Dachplatten in geraden aufsteigenden Reihen.

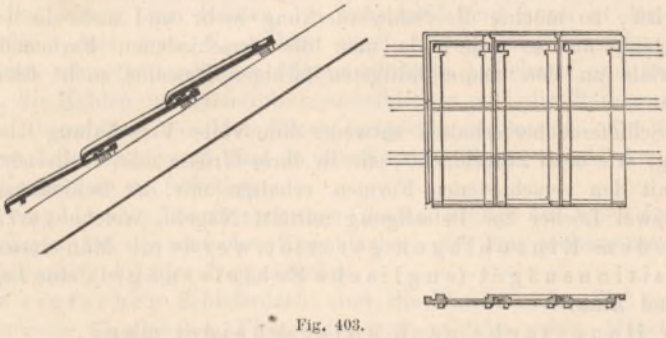


Fig. 403.

Fig. 402 a, b, c sind Modifikationen von Falzziegeln; die erstere Form liefert ein Dach, dessen einzelne Reihen nach Fig. 403 im Verbande liegen, und dessen kräftige Reliefformen eine belebte Dachfläche ergeben; die andere Form mit geraden aufsteigenden Reihen leitet ganz vorzüglich das Regenwasser in die dort sich bildenden Flach-Rinnen ab.

Die Firsteindeckung erfolgt meistens unter Anwendung von eigens geformten, in Mörtel verlegten Firstziegeln; auch sogenannte Doppeldachziegel für Glaseinlagen werden von vielen Fabriken geliefert, und ge-

statten die letzteren eine äusserst einfache Vorrichtung zum Beleuchten der Dachräume. *)

Bei den Dachungen aus gebranntem Thon muss vor allem darauf gesehen werden, dass die verwendeten Dachdeckungsplatten sowohl vollständig wasserundurchlässig, als auch witterungsbeständig sind; kann dies durch die vorhandenen Rohmaterialien und den betreffenden Fabrikationsbetrieb nicht vollständig erreicht werden, so dichtet man solche zweifelhaften Platten entweder durch Anstrich von heissem Theer oder noch besser, man giebt ihnen eine Glasur.

Durch Anwendung farbiger Glasuren lassen sich dann auch für die Dachungen in ästhetischer Beziehung äusserst lebhaft wirkende Effekte hervorbringen, abgesehen davon, dass glasirte Dachplatten, fachgemäss hergestellt, eine ungemein lange Dauer besitzen, wie dies sich von vielen Dächern nachweisen lässt, welche dem Mittelalter ihre Entstehung verdanken!

4. Schieferdächer oder Dachplatten aus natürlichen Gesteinen. Unter den natürlichen Gesteinen, die sich ganz besonders zu Dachdeckungen eignen, nimmt der Thonschiefer die erste Stellung ein; seine Verwendung als Dachdeckungsmaterial lässt sich bis ins 12. Jahrhundert zurückführen, wo im Norden und Westen Frankreichs das Schieferdach allgemeine Aufnahme fand.

Der zum Dachdecken verwendete Thonschiefer wird Dachschiefer genannt, und muss sich durch Witterungsbeständigkeit und gleichmässig dünne Schichtung, möglichst glatte Oberfläche auszeichnen, und gewährt unter diesen Umständen ein Dach von schönem Ansehen, von grosser Leichtigkeit und Dichtheit und viel hundertjähriger Dauer. **)

Da guter Dachschiefer kein Wasser in sich aufnehmen darf, und dem entsprechend frostbeständig ist, so giebt man den Dächern eine Höhe, die $^1/_4$ bis $^1/_5$ ihrer Tiefe beträgt; Schieferdächer bedürfen der Erfahrung gemäss sehr geringer Unterhaltungskosten, und da sie auch nur ein sehr leichtes Dachgerüst erfordern, der Preis des Schiefers aber bei der vorhandenen Konkurrenz immer billiger wird, so möchte die Schieferdeckung mehr und mehr in den Vordergrund treten, um so mehr, da man die verschiedenen Farbennüancen des Deckmaterials zu den mannigfaltigsten farbigen Desseins auch dekorativ verwerten kann.

Die Schieferdächer erhalten entweder eine volle Verschalung oder nur eine Einlattung, wie beim Ziegeldache; die in ihrer Grösse sehr variirenden Schieferplatten mit den verschiedenen Formen erhalten mit der Schieferhammerspitze ein oder zwei Löcher zur Befestigung mittelst Nägeln, welche verzinkt sind und vor dem Einschlagen gefettet werden. Man verwendet auch Kompositionsnägel (englische Schiefernägel), eine Legirung von Kupfer und Zink.

Der Hauptsache nach unterscheidet man:

a) die deutsche Deckung (das Schuppendach);

b) die englische Deckung mit Schablonenschiefer.

Bei der deutschen Eindeckung werden die einzelnen verschieden grossen Schiefertafeln so mit dem Schieferhammer zugerichtet, dass sie die Form von Parallelogrammen oder Trapezen mit Abrundung der Ecken erhalten;

---

*) Gottgetreu, Baumater. 1880. I. Band. S. 279. (III. Auflage.)

**) Ueber die Untersuchung der Thonschiefer zum Dachdecken, siehe Gottgetreu, Baumaterialien. S. 47, III. Aufl., I. Band.

zur Eindeckung ist stets eine volle Bretterschalung notwendig. Die Reihen bilden zum First in schräger Richtung aufsteigende Linien, und verwendet man zu den unteren Reihen die grösseren, weiter nach oben die kleineren Platten, wobei man den Reihen eine um so stärkere Ansteigung giebt, je geringer die Dachneigung ist.

In Fig. 6 Tafel XXIV ist die allgemeine Anordnung der deutschen Schieferdachdeckungsmethode dargestellt; um die horizontale Traufkante mit den schrägen Reihen in Zusammenhang zu bringen, müssen zur „Fussschichte“ Schieferplatten von verschiedener Grösse verwendet werden.

Die unterste Reihe wird mit der Richtung der Fugen von rechts nach links eingedeckt, mit der grössten Platte am rechten „Ort“ begonnen und durch Verwendung allmählich schmäler werdender Platten die Neigung der nächsten Bahn vorbereitet. Da wo diese gegen den Dachfuss ausläuft, wird wieder eine möglichst breite Platte angesetzt und so die zweite Bahn vorbereitet u. s. w. Die Tafel XXIV Fig. 6 stellt diese Dachdeckungsart näher dar.

Mit dem Eindecken der Reihen oder Bahnen wird dann links begonnen und geht die Fugenrichtung umgekehrt wie bei den Platten der Traufkante. Die einzelnen Tafeln überdecken sich $^1/_4$ bis $^1/_3$ der Tafelbreite und Länge. Am Ort werden in jeder Bahn kleinere Platten eingeschoben, um den hier stärker angreifenden Winden dadurch wirksamer zu begegnen, dass die Nagelungsstellen näher der Angriffskante zu liegen kommen; gegen die Firstkante hin wird die oberste Platte jeder Bahn gerade abgehauen und laufen die Bahnen hier aus. Der First wird endlich mit besonderen Platten von rechts nach linksgehend eingedeckt.

Die Eindeckung von Firsten und Gräten wird einfach dadurch bewirkt, dass die oberste Schichtenreihe der dem Wetter zugekehrten Dachseite die obere Reihe der dem Wetter abgekehrten Seite um 4 bis 6 cm überragt, wodurch die Firstfuge genügend geschützt wird; hin und wieder dient hier zur weiteren Dichtung ein Mörtelverstrich von der Innenseite des Daches.

Die Eindeckung von Kehlen bei Schieferdächern kann in der Weise bewirkt werden, dass man die Kehlen durch Verschalung abrundet und dann mit kleineren sehr dicht gelegten Platten eindeckt. Sicherer und bequemer ist es jedoch, die Kehlen mit Metallblech auszukleiden und die Ränder der Platten um 6 bis 10 cm über das Metallblech fortgreifen zu lassen. Zur Befestigung von Leitern bei Reparaturen sind in die Sparren eiserne Dachhaken in nahezu 3 m Entfernung zu befestigen.

Die englische Deckungsmethode erfolgt auf einer Lattung entweder nach der Art des einfachen Ziegeldaches, oder was weitaus am häufigsten der Fall ist, nach Art des Doppeldaches.

Beim einfachen Schieferdach sind die Tafeln rechteckig geformt und sind reihenweise parallel dem First auf Latten mittelst zweier Nägel befestigt; sie übergreifen sich so weit, dass die Schieferlagen überall doppelt sind, wie dies in Fig. 5 Tafel XIX näher im Detail dargestellt ist; die Fugen müssen mit Mörtel verstrichen werden.

Sehr häufig legt man bei den Schablonendächern die zugehauenen Platten übereck, wobei die mannigfachsten Verschiedenheiten in Form und Grösse der Deckplatten sich geltend machen können.

In neuester Zeit wird die Dachdeckung mit englischem Schiefer ohne Nagelung nach dem System Manduit & Bechet empfohlen, da bei Anwendung der Nägel die schützende Zinkhülle bald abgerieben wird und dieselben dann

dem Rosten stark unterliegen. Nach diesem System benützt man Drahthaken aus Kupfer, welche mit dem oberen Ende auf die Latten aufgehängt werden (oder bei Schalung in dieser befestigt werden) und in dem unteren hakenförmigen Ende die Platten aufnehmen. Reparaturen lassen sich hierbei sehr leicht herstellen.

In England benützt man zum Eindecken der Firste wohl besonders konstruirte Firstschlüsse, welche aus einem runden Stabe bestehen, in welchen 2 Nuten für das Einkitten der die Firstfuge deckenden Plättchen eingeschnitten sind; eine dritte Nute dient dann wohl für die Firstlinie dazu, eine das Dach krönende Verzierungsplatte in sich aufzunehmen.

In Gegenden mit besonders rauher stürmischer Witterung erhalten auch die Dächer, welche mit englischem Schablonenschiefer gedeckt sind, einen Fugenverstrich, wozu am zweckmässigsten Oelkitt zu wählen ist.*)

Die französische Methode der Schiefereindeckung stimmt nahezu mit der englischen überein; dabei liebt man es aber, den Platten in ihrem sichtbar werdenden Teile eine geschwungene Form, den Rundbogen oder Spitzbogen zu geben, auch die Karniesform findet häufige Anwendung; als Latten verwendet man schmale Bretter von 11 bis 13 cm Breite und 15 bis 16 mm Dicke; zur Befestigung der Schieferplatten nimmt man entweder Drahtstifte, gepresste oder geschmiedete Nägel.**)

Zu den vielfach anderartig verwendeten Dachdeckungsmaterialien aus der Gruppe der natürlichen Gesteine gehört der Kalkschiefer, der beispielsweise im fränkischen Jura in Massen gebrochen wird und in Bayern unter dem Namen Solenhofer Dachplatten in den Handel kommt.

Die zum Dachdecken verwendeten wilden Schiefer werden in der Nähe der Steinbrüche für untergeordnete Gebäude in unregelmässigster Form und verschiedenster Grösse auf die verschalte Dachfläche aufgebracht, und erhalten ihren Halt durch aufgelegte Lattstämme, die mit grossen Steinen beschwert werden; eine Dachdeckung, welche aufs lebhafteste an die Legschindeldächer des Hochgebirgs erinnert.

Andererseits erhalten die 5 bis 8 mm dicken Kalkschiefer die Form unserer gewöhnlichen gebrannten Dachplatten, und werden in verschiedener Grösse wie die Thonschieferplatten im Verbande auf Latten festgenagelt. Sehr lange können jedoch diese Schiefer dem Wetter nicht trotzen; es bilden sich auf der freien Oberfläche der Dachplatten leicht Moose, die eine schnelle Zerstörung einleiten, der man wohl dadurch entgegenzuwirken sucht, dass man die Platten vor dem Verlegen in heissen Steinkohlentheer eintaucht.

Aehnlich wie der Kalkschiefer in Bayern vielfach Verwendung findet, so ist dies in Tyrol mit dem Porphyrschiefer, in Böhmen mit dem Phonolithschiefer der Fall. Die Verwendung von Hornblendeschiefer zum Dachdecken steht schon wegen dessen geringer Verbreitung nur vereinzelt da.

5. Metalldächer. Von den Metallen findet am häufigsten zur Dachdeckung das Eisen, das Kupfer, das Zink, seltener das Blei Anwendung.

Bei sämmtlichen Metalldächern haben wir es mit einem durchaus frostbeständigen Deckmaterial zu thun, welches auch zum grössten Teil als feuersicher zu betrachten ist. Metalldächer lassen sich, besonders wenn sie aus

---

*) Specielle Mittheilung über die Schieferdachdeckung giebt das Werk: Die Arbeiten des Dachdeckens mit Musterzeichnungen für Techniker. Darmstadt 1866.

**) Ueber franz. Schieferdächer. Revue générale de l'Architecture.

Blech bestehen, sehr gut dichten, auch gestatten sie eine Dachneigung, deren Grenze auf $^1/_{12}$ der Tiefe anzunehmen ist und zwar in Rücksicht auf den im Frühjahr oft sich versulzenden Schnee und der vorhandenen Kapillarität der übereinander liegenden Blechtheile. Andererseits erfordert das Verhalten in den Grenzen unserer Temperaturverhältnisse bei der Konstruktion der Metalldächer, besonders beim Zink, volle Berücksichtigung; lästig kann die gute Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle auf die betreffenden Bodenräume wirken, und unter Umständen ist das Gleiche von dem allenfalls sich bildenden Tropfwasser zu sagen.

Bei der Verwendung von Eisen zur Dachdeckung unterscheidet man

a) Dächer aus Gusseisen,

b) Dächer aus schmiedbarem Eisen, speziell aus Eisenblech.

Dächer aus Gusseisen. Wenn auch der Versuch, Gusseisen als Dachdeckungsmaterial anzuwenden, nicht neu ist, so waren die bisher erreichten Resultate doch keineswegs der Art, dass die schweren unschönen Dachplatten, die wohl zum Eindecken der Eisenhütten verwendet wurden, allgemeiner Einführung sich erfreuen konnten. Sollte eine Verkaufswaare daraus werden, so musste das Gewicht erheblich verringert, die Form aber auch geschmackvoller werden. Ferner war den Dachplatten ein Ueberzug zu geben, der gleichzeitig dazu diente, ihnen ein dem Auge wohlgefälliges Aeussere und einen dauerhaften Schutz gegen das Rosten zu geben, endlich mussten die Herstellungskosten mässige sein.

Dem Eisenwerke in Gröditz ist es nun gelungen, gusseiserne Dachplatten herzustellen, die einen Ueberzug von emailartiger Glasur besitzen, der die Anwendung von Schwarz, Braun, Grün etc. gestattet. Das neue Deckmaterial ist verhältnismässig sehr leicht und selbstverständlich von grosser Dauer.

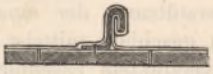


Fig. 404.

Fig. 405.

Dachdeckung aus schmiedbarem Eisen. Dieselben werden ausgeführt

1) mit glattem Tafelblech,

2) mit gewelltem Blech,

3) mit verzinktem Blechschiefer.

Das glatte Tafelblech, welches vorherrschend zum Dachdecken verwendet wird, ist sogenanntes Schwarzblech von 28 bis 61 cm Länge und 22 bis 26 cm Breite, und 0,5 bis 0,7 mm Dicke. Obwohl die Eindeckung auf Lattung erfolgen kann, so ist doch eine Verschalung vorzuziehen, und erfolgt die Befestigung der Blechtafeln durch Haften von demselben Blech, welche auf die Schalung befestigt werden und die zugleich durch Zusammenfalzen mit den Blechen fest verbunden sind.

Bei den Falzen unterscheidet man stehende Falze nach Fig. 404 und liegende Falze nach Fig. 405. Die ersteren laufen vom First normal herab zur Traufe, die letzteren entgegengesetzt parallel zur First- und Trauflinie.

Zum Schutz gegen das Rosten der Bleche dienen Oel- oder Firnissanstriche, welche jedoch alle 3 bis 4 Jahre erneuert werden müssen; als zweckmässig hat sich auch das galvanisch verzinkte Eisenblech

bewährt, während die Verzinnung und Verbleiung weniger den daran geknüpften Erwartungen entsprochen hat.*)

In neuerer Zeit hat die Dacheindeckung mit Wellenblech eine allgemein günstige Aufnahme gefunden; die Dillinger Hüttenwerke liefern diese in vorzüglicher Güte, in sehr verschiedenen Abmessungen bezüglich ihrer Länge, Breite und Dicke, dann in bezug auf die Höhe und Breite ihrer Wellen.**) Die Wellenbleche zeichnen sich durch ihre vermehrte Tragfähigkeit aus, können sich ungehindert bei den verschiedensten Temperaturen ausdehnen und zusammenziehen, und führen das sich sammelnde Traufwasser vorzüglich ab. Im allgemeinen kommen die gewellten Eisenbleche in Tafeln von 1,5 bis 3,0 m Länge, 60 bis 90 m Breite, 0,6 bis 1,0 mm Dicke vor; sie besitzen meistenteils 32 bis 100 mm Wellenbreite und 20 bis 25 mm Wellenhöhe.

Bei der Dachdeckung mit Wellenblech kann eine Schalung ganz entbehrt werden, es genügen hier allenfalls die Dachpfetten oder Latten; je nach der Blechstärke wiederholen sich die Unterstützungen bis auf etwa 1,0 m. Die Ueberdeckung der Blechränder beträgt meistens 5 cm und wird die Verbindung durch Nieten bewirkt; zur Befestigung der Tafeln dienen Haken an deren Unterseite oder eine Nagelung am oberen Ende der Tafel, was jedoch weniger gut ist.

Zum Schutze gegen das Rosten erhalten die Wellenbleche einen Oelanstrich, in neuester Zeit aber werden die meisten zum Dachdecken angefertigten Wellenbleche verzinkt.

Als neues Deckmaterial müssen hier noch die verzinkten Blechschiefer erwähnt werden, die aus Frankreich stammen und eine Länge von 41 cm, eine Breite von 21 cm und eine Dicke von 0,66 mm haben. Nicht nur die geriffelte Oberfläche der äusserst leichten Eisenblechtafel ist stark und dauerhaft verzinkt, sondern auch ihre untere Seite und sämtliche Ränder.

Um mit diesen Blechtafeln ein Dach zu decken, bedarf es keiner Schalung, sondern nur einer Latte mit dreimaliger Unterstützung der einzelnen Tafeln ihrer Länge nach. Die Befestigung der Tafeln geschieht mittelst hakenförmig gebogener Blechstreifen, die gleichfalls aus verzinktem Eisenblech bestehen; unter die verzinkten Nagelköpfe wird zum besseren Schluss ein kleines Bleiplättchen untergelegt. Die Ueberdeckung der Tafeln wechselt nach der grösseren oder geringeren Neigung des Daches zwischen 4 bis 10 cm.

Gegenwärtig werden die gerippten, verzinkten Deckschiefer auch am Rhein fabrizirt.***)

Die Kupfereindeckung liefert unstreitig das beste, aber auch zugleich das teuerste Dach; es wird wohl nur bei durchaus monumental angelegten Bauten angewendet, oder da wo Reparaturen schwer vorzunehmen sind, wie dies beispielsweise bei Türmen der Fall sein kann.

Die Befestigung der 0,75 bis 0,90 m langen, 0,75 m breiten und 0,5 mm starken Dachbleche erfolgt durch Haftbleche auf vollständiger Dachverschalung, die Verbindung untereinander mit Haften und durch Falze. Die Haftbleche bestehen aus kleinen, rechtwinklich umgebogenen Kupferblechplättchen, die mit zwei Nägeln auf der Verschalung befestigt werden. Die umgebogenen Ränder der Bleche werden mit den dazwischen befindlichen Haften zusammen-

---

*) Specielles über den Schutz der Eisenbleche gegen Rosten, siehe Gottgetreu, Baumaterialien 1881, III. Auflage, II. Teil, S. 93 u. s. f.

**) a. a. O. S. 90.

***) Siehe Gottgetreu, Baumaterialien. II. Bd. S. 92.

gefalzt und bleibt dieser Falz wie beim Eisenblech entweder stehen oder er wird umgelegt.

Die Zinkeindeckung braucht nicht besonders gegen Rost geschützt zu werden, sie ist billig, kann aber beim Ausbruch von Schadenfeuern dadurch verhängnisvoll werden, dass das Zink leicht schmelzbar vom Dache brennend herabfliesst. Bei dem eigentümlichen Verhalten*) des Zinks in verschiedenen Temperaturen erfordert die Zinkbedachung ganz besondere Anordnungen, die darin gipfeln, dass jede Tafel sich ungehindert ausdehnen und sich wieder zusammenziehen kann.

In neuerer Zeit hat man 3 Arten in Zinkblech zu decken:

a) durch Haftbleche aus Kupfer oder Eisenblech, identisch der Deckung mit Kupfer und Eisenblech;

b) mit Leisten;

c) mit Wellenblech.

Alle Zinkblechdächer bedürfen einer Einschalung, welche womöglich aus trockenen schmalen Brettern mit offen stehenden die Luft durchlassenden Fugen besteht. Die Tafeln zum Dachdecken sind meistens 2,0 m lang und 0,65 oder 0,80 oder 1,00 m breit und 9 mm dick. Bei der nahezu ganz abgekommenen Methode der Falzung, bei welcher das Haftblech mit verfalzt wird, werden nur stehende seitliche Falze angewendet, während am unteren und oberen Ende der Blechtafeln Lötung gebräuchlich ist. Hier überdecken sich die Tafeln gegenseitig um 4 bis 6 cm, je nach der gewählten Dachneigung. Bei der französischen Art der Eindeckung wird die Lötung der Tafeln vermieden; dieselben übergreifen sich in den horizontalen Stössen um 10 cm, sind umgebogen und

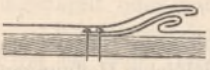


Fig. 406.

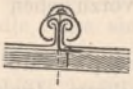


Fig. 407.

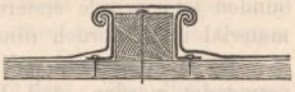


Fig. 408.

werden durch doppelte Haftbleche (Fig. 406) gehalten. Die seitliche Verbindung der Tafeln erfolgt durch einen eisernen oben zweiarmig gestalteten Halter, unter dessen Arme die aufgebogenen Tafelränder sich legen; der Stoss wird durch eine Kappe überdeckt, die durch Holzschrauben befestigt wird. Der Kopf der Schraube wird nach Fig. 407 durch eine kleine übergelötete Kappe verdeckt.

Bei der Dachdeckung mit Leisten verwendet man solche von Holz, 3 bis 4 cm breit, 2 cm hoch und lässt sie vom Dachfirst bis zum Dachsaum herabgehen. An diese Leisten befestigt man Haftbleche und lässt die zu einer Tafelreihe zusammengelöteten und mit umgebogenen Rändern versehenen Bleche zwischen je 2 Leisten mit in die umgebogenen Haftbleche eingreifen; ein nach Fig. 408 gebogenes Schubblech (Kappe) schützt die Holzleiste gegen Fäulnis, und hält zugleich die Blechränder und die umgebogenen Haften zusammen. Vorzuziehen jedoch ist die Konstruktion nach Fig. 409, wo mit den Leisten die Doppelhafte auf der Schalung festgehalten sind.

Fig. 409.

Bei der Zinkwellenblechdachung verhält sich nahezu alles, wie

*) Siehe Gottgetreu, II. Bd. Baumaterialien, S. 129.

bei der mit Eisenwellenblech, und fällt in den meisten Fällen sowohl die Lötung als auch die künstliche Falzbildung fort, die Dichtung erfolgt nach Fig. 410 durch einfaches Uebergreifen der Enden um nahezu 10 cm.

Nur unter schwierigen Fällen, bei sehr geringer Dachneigung oder bei sehr exponirter Lage des Daches wird Verlötung am oberen und unteren Ende der Tafeln vorgenommen, und erfolgt die seitliche Dichtung dann wohl nach Fig. 411 mittelst eiserner Haften, welche an die Pfetten oder Latten angeschraubt oder genagelt sind und Oesen aus Blech, welche an die Tafeln durch Lötung befestigt werden.

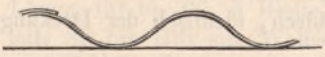


Fig. 410.

Fig. 411.

Fig. 412.

Fig. 412 zeigt eine Modifikation des Zinkdaches mit sogenanntem Rinnenblech, wie solches von der Gesellschaft Vieille Montagne fabrizirt wird; die Art und Weise der seitlichen Verbindung wird durch die Figur selbst erläutert. Dieselbe Gesellschaft hat auch Zinkblechtafeln nach dem Rauten- und Schuppensystem für Dachdeckungen hergestellt, in gleicher Weise Gusstafeln in der Form der Dachplatten, die jedoch nur in vereinzelten Fällen Anwendung gefunden haben, an und für sich aber zu wenig konstruktive Bedeutung haben, um eingehender besprochen zu werden.

Bleidächer werden in unserer Zeit nur mehr in Ausnahmsfällen hergestellt, und wäre dann wohl für eine solide Schalung zu sorgen; da weder die Lötung, noch die Falzung von Bleiblech irgend mit Schwierigkeiten verbunden ist, würde erstere deshalb vorzuziehen sein, weil sie weniger Deckmaterial in Anspruch nimmt.

6) Asphalt und Dachpappe sind zwar vielfach zum Dachdecken verwendet worden und haben bei ihrem Inslebentreten vielfache Hoffnungen erregt, die sich jedoch wenig bewährt haben; man kann daher beiden nur einen sehr untergeordneten Wert beilegen.

Das Asphaltdach benötigt stets eine Dachschalung aus möglichst schmalen und trockenen Brettern, oder noch besser aus Latten; um das Werfen vollständig zu verhüten, tränkt man dieselben mit Steinkohlentheer. Dann überzieht man die Schalung wohl mit Packleinwand, und giebt darauf eine Asphaltlage von 10 bis 12 cm Stärke, entweder nach der Methode des Asphalt comprimé oder des Asphalt mastix.*) Zum Schutze gegen die Sonnenhitze bringt man noch einen dünnen Kalkmörtelüberzug darüber.

Obgleich Asphaltdächer, wenn sie schadhaft geworden sind, leicht reparirt werden können, so verursacht doch das stete Arbeiten aller verschalten Dachkonstruktionen, dass in der monolithen Masse Haarrisse entstehen, was um so mehr der Fall sein wird, je mehr durch die Sonne der Asphalt seine ätherischen Oele verliert und spröde wird. Solche Sprünge erfordern aber, um reparirt zu werden, ein gutes Wetter, und so kann man in die Lage versetzt werden, beim besten Willen nicht helfen zu können, und dem entsprechend ist der Asphalt in der oben besprochenen Dachdeckungsmethode zu verwerfen.

Bessere Erfolge soll man erzielt haben, indem man kleine Asphaltplatten

*) Näheres siehe Asphalt: Gottgetreu, Baumaterialien, 1881. III. Aufl., II. Bd., S. 401.

in Form von gewöhnlichen Dachziegeln durch Walzen herstellt und diese auf Latten verhängt.

Handelt es sich darum, temporären Bauten, oder solchen von ganz untergeordneten Zwecken, eine Dachdeckung zu geben, so ist die Dachpappe ein sehr geeignetes Material dazu.

Man unterscheidet dabei Quadrat- oder Tafelpappe und Rollenpappe. Die erstere, am längsten in Gebrauch, kommt in Ballen von 12 bis 24 Bögen, meistenteils in der Grösse von nahezu 1 m und 0,75 m Breite vor; letztere hat häufig eine Länge von 7,5 bis 15,0 m und 0,90 m Breite.

Gute Rohpappe mit wasserfreien fetten Oelen getränkt, mit einem Ueberzuge von Asphaltmastix, welcher die Verflüchtigung der Oele verhindert, gilt als gutes Deckmaterial und wird in Tafelform mit breitköpfigen Nägeln auf eine Schalung in diagonaler oder zur Firstlinie normalen Richtung aufgenagelt.

Fig. 413.

Fig. 414.

Die Tafeln übergreifen sich 5 bis 7 cm und werden die Fugen mit Theer und Steinkohlenpech verstrichen. Die Nagelung ist eine offene oder eine gedeckte. Letztere zeigt Fig. 413. In den Falz der unterhalb befindlichen Tafel wird das Ende der darüber anzuordnenden Pappe eingeschoben, der Nagel eingeschlagen und dann die Dachpappe darüber weggebogen. Am First wird die Dachpappe der einen Fläche über die der anderen Fläche umgeschlagen und angenagelt oder man überdeckt die Fuge am First mit einem Streifen von Pappe.

Bei Verwendung von Rollenpappe wird diese vom Dachsaum über den First bis zum Dachsaum der entgegengesetzten Seite gelegt. Zur Befestigung ist es am zweckmässigsten, Leisten von dreieckigem oder trapezförmigem Querschnitte, 5 cm breit, 4 cm hoch in Entfernungen von 6,5 cm geringer als die Rollenbreite, zu verwenden, auf die Leisten aber noch Deckstreifen zu legen und anzunageln, wie dies Fig. 414 verdeutlicht.

Ist das Dach mit Dachpappe gedeckt, so wird das Ganze mit Steinkohlentheer, dem Kreide, Kalkpulver und etwas Asphalt beigesetzt ist, angestrichen, und mit feingesiebtem Sand überstreut; alle zwei Jahre muss dieser Anstrich erneuert werden.

Der Dachneigung von Pappedächern giebt man ein Verhältnis wie 1 : 15 oder 1 : 20, und kann das Dachgerüst bei der Leichtigkeit des Deckmaterials sehr schwach gehalten werden. Bei der Wohlfeilheit des Deckmaterials resultiren hieraus für die Oekonomie grosse Vorteile.

Die vielfachen Bemühungen jedoch, die Dach- oder Steinpappedächer andauernd wetterbeständig zu machen, sind bis jetzt erfolglos gewesen; die Papierfaser der Dachpappe unterliegt den Einwirkungen des Steinkohlentheers, das Deckmaterial wird mürbe und kann einem starken Hagelschlage nur in den seltensten Fällen widerstehen.

Auch alle bisher gemachten Versuche, durch besondere Anstriche die Pappdächer haltbar zu machen, sind zweifelhafter Natur trotz ihrer hochtönenden Namen wie Litholyd, Adialyt, etc. So möchte wohl die Anwendung der Theerpappe in der Weise zu beschränken sein, dass sie nur zu temporären Dachdeckungen verwendet wird; ihr eine grössere Bedeutung zuzuerkennen, ist unter allen Umständen gewagt.

Asphaltfilz, Theerfilz ist aus dem Bestreben entstanden, der leichten Zerstörbarkeit der Dachpappe zu begegnen; die Hoffnungen auf das Sichbewähren dieses Deckmaterials sind jedoch nicht in Erfüllung gegangen; die Wergabfälle, aus welchen der Asphaltfilz hergestellt ist, sind zwar stark mit Steinkohlentheer durchtränkt und gepresst, bei dauernder Einwirkung von Nässe aber lockern und blähen sie sich auf und es tritt dann eine baldige Zerstörung ein.

Aehnlichen Schicksalen wird wohl auch die angepriesene Zeolith-Pappe unterliegen; die biegsame Metall-Pappe ist eine sehr dünne Rollpappe mit Fett getränkt, die ihre Wetterbeständigkeit durch einen Anstrich mit Wasserblei und Leinölfirnis erhalten soll!

7) Zu den älteren Glasdächern verwendete man wohl Glasziegel, welche in der Form wie die gewöhnlichen Dachziegel hergestellt und in derselben Weise eingedeckt wurden; hierbei erhielt die Glasfläche die Neigung des sonstigen Daches.

Für die Ueberdeckung grösserer Flächen, wie Treppenoberlichte, grosse Hallendächer sei es nun, dass dieselben aus ebenen oder aus gebogenen Flächen bestehen, ist es aber ratsam, als Maximal-Winkel der mit Glas eingedeckten Flächen gegen die Horizontale einen Winkel von 25^0 zu wählen; Dächer mit flachen Neigungen sind immer sehr schwer dicht zu erhalten, während der auf ihnen lastende Schnee vielfach zu Brüchen Veranlassung giebt. Auch Schmutz, beziehungsweise Staub, lagert sich auf flachgeneigten Flächen in viel höherem Grade ab und beeinträchtigen den Zweck des Oberlichtes.

Diese Bedenken haben dahin geführt, den Glasflächen eine stärkere Neigung, wie dies früher geschehen, zu geben; so hat man wohl den mittleren Teil der Dächer steiler herausgebaut, oder wie bei der Sheddach-Konstruktion, die beiden Dachflächen verschieden geneigt gemacht, und die stärker geneigte mit Glas gedeckt, ja beim sogenannten modifizirten Sheddach wurden nunmehr vertikal stehende Glasfenster verwendet.

Was die praktische Anordnung bei Glaseindeckungen betrifft, so werden Oberlichte kleinster Abmessung durch Einlegen einzelner Glastafeln in die Dachfläche gebildet, während bei grösseren Flächen es notwendig wird, dieselben durch geeignete Zwischen-Konstruktionen so zu zerlegen, dass durch dieselben, die nur in gewissen Abmessungen zu beschaffenden Glastafeln, in geeigneter Weise unterstützt werden.

Solche Zwischenkonstruktionen bilden die Sprossen, Sprosseneisen oder Rinneisen, welche, meistens in der Richtung der Dachneigung liegend, ihrerseits ihr Auflager auf den Dachpfetten finden.

Die Form dieser Sprossen aber ist für die Erfüllung ihres Zweckes von wesentlicher Bedeutung; vor allen Dingen müssen die Sprossen den Glastafeln ein gutes Auflager und eine zuverlässige Dichtung gewähren, wobei es wünschenswert erscheint, dass die etwa eindringende Nässe durch die Sprossen selbst ins Freie abgeführt werden kann. Ferner muss auf die verschiedenen Ausdehnungskoefficienten von Glas und Eisen Rücksicht genommen werden, und dürfen die Glastafeln niemals zu fest zwischen die Sprossen eingespannt sein, welche meistens aus Eisen, seltener aus Holz hergestellt sind. In letzterem Falle legt man entweder, wie bei der gewöhnlichen Fensterverglasung, die Glastafeln in einen Kittfalz oder man wendet auch wohl nach Fig. 414 (S. 319) Filzunterlagen *b b* an, befestigt die Glastafeln durch übergelegte Holzleisten *d*, welche durch Schrauben an die Sparren befestigt werden, deckt die Leiste dann

durch Zinkbekleidung und dichtet mit Theersträngen den allenfalls verbleibenden Raum zwischen Zink und Glas.

Bei einer anderen Konstruktion nach Fig. 415 werden an der Holzsprosse Winkeleisen befestigt, welche den Glastafeln als Auflager dienen, während die Dichtung durch Kittverstrich bewirkt wird; eine Deckung des Sparrens durch Zink ist auch hier angezeigt.

Der Querschnitt der eisernen Sprossen ist entweder ein rippenförmiger oder ein kastenförmiger; in letzterem Falle dient die U förmige Rippe zur Wasserableitung, und ist dann das Sprosseneisen ein sogenanntes Rinneneisen. Bei der rippenförmigen Konstruktion haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Modifikationen herausgebildet.

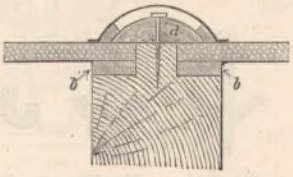


Fig. 415.

Fig. 416.

Am einfachsten ist es für die Glastafeln, ein ⊥-Eisen mit Kittauflager und Kittverstrich zu wählen; eine zuverlässigere Dichtung erzielt man jedoch nach Fig. 416 durch Holzleisten, welche an die L-Eisen befestigt und über welche sich Zinkkappen überlegen; eine vollständige Dichtung wird durch getheertes Werk herzustellen gesucht. Die untergehängte profilirte Rinne dient zur Abführung des Schweisswassers und des etwa noch eindringenden Schlagregens.

Fig. 417.

Fig. 418.

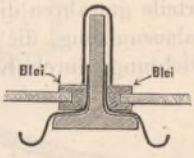


Fig. 419.

Fig. 420.

Fig. 417 stellt eine ähnliche Dichtungsanordnung dar; die Glastafeln liegen hier auf 5 mm starken Filzstreifen; über das ⊥-Eisen ist eine Eichenholzleiste geschoben, welche mit Zinkblech gedeckt ist; der Zwischenraum zwischen Glas, Holz und Zinkblech ist mit Werg ausgefüllt. In Fig. 418 ist eine Wasserableitung gewählt, bei welcher zugleich die Dichtung durch Blei bewirkt ist.

Eine weitere Modifikation in betreff der Schweisswasserableitung stellt Fig. 419 und 420 dar; hier wird die Schweissrinne durch Blechhalter aufgenommen, welche sich um den unteren Schenkel des ⊥-Eisens legen.

Eine Sprossenform nach Fig. 421 (S. 320) mit kleinen Wasserablaufsrinnen möchte zweifelhafter Natur sein, indem derartig kleine Rinnen durch Staub unbrauchbar werden; mehr empfehlenswert sind die Formen nach Fig. 422, 423, 424, 425, 426, 427 und 428 (S. 320); besonders ist die letztere Anordnung empfehlenswert, da hier besondere Ablaufrinnen aus Blech zur Ableitung des Schweisswassers vorhanden sind.

Denselben Zweck der guten Wasserabführung hat man auch durch die Formen von Fig. 429 und 430 zu erreichen gesucht; hier besteht der tragende Teil aus einer flachen Eisenschiene, welche zur Bildung der Auflager mit einer Umhüllung von Zinkblech versehen ist.

Aehnlich ist die bewährte Konstruktion, welche beim neuen Museum in Berlin ausgeführt wurde; nach den Figg. 431 und 432 wurden hier, um jede Glastafel auswechseln zu können, die Dachfläche kaskadenförmig ausgeführt und ausser den in der Richtung der Dachneigung liegenden, noch horizontale, aus Winkeleisen gebildete Sprossen angeordnet, welche mit besonderen Ablaufrinnen versehen sind. Die Glastafeln werden mit Zinkkappen über den Flacheisenträgern und durch eisernen Winkel festgehalten, welche an jedem dieser Tragreifen befestigt sind.

Fig. 421. Fig. 422. Fig. 423. Fig. 424. Fig. 425. Fig. 426. Fig. 427.

Für geringe Tafelgrössen und kleine Längen der Sprossen hat man wohl nach Fig. 433 den Eisenkern ganz fortgelassen.

Als Auflagerungs- und Dichtungsmaterial kommt meistens Kitt zur Verwendung; doch legt man auch wohl die Scheibe direkt auf das Eisen oder auf das umhüllende Zinkblech, und dichtet durch Holzleisten, welche mittelst Schrauben befestigt und mit Zink überdeckt sind, wie dies die Fig. 434 weiters erklärt.

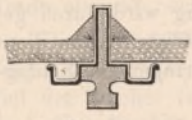


Fig. 428. Fig. 429. Fig. 430.

Vielfache Vorteile gewähren die U-förmigen Rippen; hierher gehört: die bessere Materialausnutzung, die Leichtigkeit der Befestigung an den Pfetten; ferner ist keine Dichtung durch Kitt zwischen Sprossen und Glas notwendig,

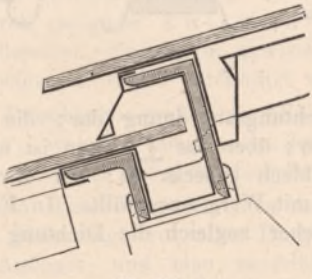


Fig. 341.

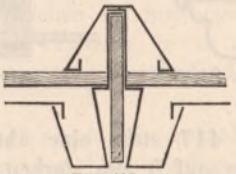


Fig. 432.

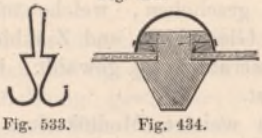


Fig. 533. Fig. 434.

endlich erfolgt die Wasserabführung in einfachster Weise durch das Innere des Rinneisens selbst.

Auch bei dieser Konstruktion giebt es vielfache Modifikationen.

Nach Fig. 435 (S. 321) liegen die Glastafeln ohne Kittunterlage auf Holzleisten auf, deren Höhe sich so verändert, dass die übereinander greifenden Glastafeln ein gleichmässiges Auflager finden; die Befestigung erfolgt in der angedeuteten Weise durch Federn und Schrauben.

Aehnlich ist die Rinneisen-Konstruktion nach Fig. 436; die wegen der Ueberdeckung der Glastafeln nötige Aenderung in der Höhe der Auflager ist durch eiserne Keile bewirkt, welche auf die Schenkel der Rinneisen geschraubt sind. Auf diesen keilförmigen Eisenstücken ruhen mittelst einer Kittunterlage die Glastafeln, deren Befestigung ebenfalls durch Federn bewirkt ist.

In Fig. 437 liegen die Glastafeln auf Leisten von weichem Holz, und werden durch Federn gehalten, welche an den Auflagerstellen mit kreosotirtem Garne umwickelt sind, damit ein direkter Druck der Feder auf das Glas vermieden wird.

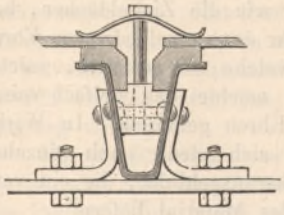


Fig. 435.

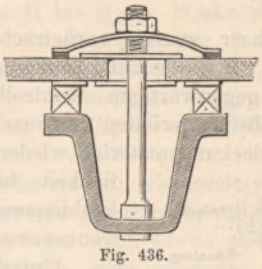


Fig. 436.

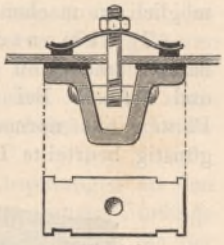


Fig. 437

Nach einer anderen Oberlicht-Konstruktion (Fig. 438) sind Holzauflager vorhanden, die durch Schraubenbolzen mit der Sprosse verbunden sind, während die Befestigung der Glastafeln durch Federn und Schraubenbolzen erfolgt, welche letzteren an einem zwischen Holzauflager und Rinneisen durchgesteckten Flacheisen befestigt sind.

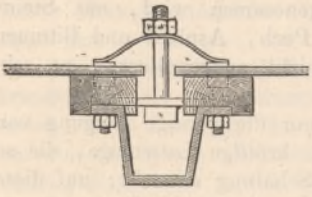


Fig. 438.

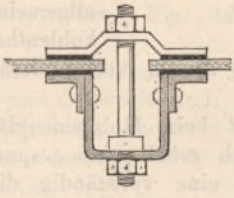


Fig. 439.

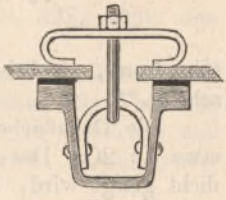


Fig. 440.

In Fig. 439 ist bei der Rinneneisen-Konstruktion für ein Oberlicht ein Kittauflager gewählt; auch zur möglichst gleichmässigen Druckübertragung zwischen Feder und Glas wurde eine dünne Kittschichte verwendet.

In Fig. 440 ist die Befestigung zwischen Glastafel und Rinneneisen durch Kupferfedern mit eisernen Schraubenbolzen erfolgt.

Wichtig bei der Befestigung durch eiserne Federn ist die Dimension der letzteren, die stets so zu wählen ist, dass die Federn auch thatsächlich als solche wirksam sein können. Häufig sind dieselben zu stark angeordnet, werden dann leicht zu scharf angedrückt und geben dadurch zu vielfachen Brüchen Veranlassung.

Bei steilen Dächern ist es notwendig, die Glastafeln gegen das Herabgleiten zu sichern; man erreicht dies durch Haken von Zink-, verzinktem Eisen- oder Kupferblech, mit welchen die Tafeln aneinander oder an der Dachkonstruktion befestigt werden.

Was die Frage betrifft, ob als Material für die Auflagerung der Glastafeln Kitt, Filz oder Holz vorzuziehen sei, so hat nach aller bisher gemachten Erfahrung im allgemeinen die Kittauflagerung am besten entsprochen. Filz,

welcher anfangs gute Dienste leistet, wird durch den Einfluss der Nässe nach und nach total unbrauchbar.

Der Verwendung aber von weichem Holze als Auflager steht das Bedenken entgegen, dass die Auflagerung, sobald die Glastafeln irgend welche kaum vermeidbare Unebenheiten zeigen, eine ungleichmässige ist. Bei Verwendung von Kitt dagegen ist die Auflagerung sehr gleichmässig zu bewirken und behält ein guter Kitt, besonders wenn er nicht direkt dem Einflusse des Wetters ausgesetzt, auch durch Oelfarbenanstrich gut geschützt ist, lange genügende Nachgiebigkeit, um eine geringe Bewegung der Tafeln ohne Bruch möglich zu machen.*)

7) Cementdächer werden vorherrschend, wie die Ziegeldächer, behandelt und wählt man zur Eindeckung Cementplatten der verschiedensten Form und Grösse. Bei der gegenwärtigen Kontrolle, welche es gestattet, solche Platten aus normalen Rohmaterialien herzustellen, möchte das vielfach missgünstig beurteilte Dachdeckungsmaterial wieder zu Ehren gelangen. In Wirklichkeit haben sich denn auch einzelne Etablissements herausgebildet, die ein vertrauenerweckendes Material liefern.

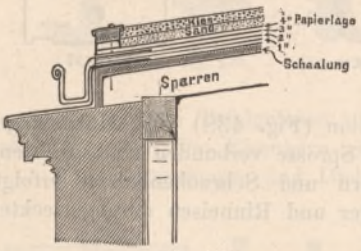


Fig. 441.

Unter dem Namen Holzcementdach hat sich in neuerer Zeit eine Bedachungsart eingeführt, die auch wohl nach ihrem Erfinder das Häuslersche Dach genannt wird.

Das Theerpräparat, welches unter dem Namen Holzcement vorkommt, besteht, wie allgemein angenommen wird, aus Steinkohlentheer, Pech, Asphalt und Bitumen (Goudron), wobei ein Zusatz von Holztheer nicht ausgeschlossen zu sein scheint.**)

Die Dachfläche hat beim Holzcementdache nur die geringe Neigung von etwa 1 : 20. Das Dach erhält eine gespundete, kräftige Lattenlage, die so dicht gelegt wird, dass eine vollständig dichte Schalung entsteht; auf diese wird eine etwa 1 cm starke Lage von feinem Sand gebracht. Die Sandschicht wird mit starkem Rollenpapier bedeckt, wobei die einzelnen Bahnen von Traufe zu First, allenfalls über den letzteren fortgehend, zur anderen Traufe gestreckt werden. Die etwa 1,5 m breiten Papierbahnen werden trocken aufgelegt und zwar derart, dass die Ränder derselben sich gegenseitig etwa 12 bis 15 cm breit überdecken; nur an den Traufkanten findet ein leichtes Anheften der Papierbahnen mittelst Nägeln statt. Auf die untere Papierlage wird eine schwache, etwa 1 mm starke Schichte des durch Erwärmung in flüssigen Zustand versetzten Holzcementes mittelst grosser Pinsel aufgetragen und sodann eine zweite Papierlage aufgelegt, mit Verschiebung der Stösse gegen die darunterliegende.

In der angegebenen Weise fortfahrend, werden nach einander 4 Papierlagen, mit Zwischenschichten von Holzcement auf der Dachfläche ausgebreitet,

*) Ueber die Konstruktion der Glasbedachungen, deren Unterhaltungskosten, Wiederstandsfähigkeit gegen Hagelschlag etc., siehe ein Abhandlung vom Reg. Baumeister Schwering in der Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover 1881. S. 214 u. s. f.

**) Wir folgen hier den vom Baurath R. Neumann im Deutschen Bauhandbuche mitgeteilten Angaben.

deren oberste sodann einen schwachen Ueberzug aus Holzcement erhält. Die 10 bis 12 cm breiten Streifen, in welchen zwei benachbarte Papierbahnen sich überdecken, werden durch eine Zwischenschicht aus Holzcement extra gedichtet. Zu beachten ist, dass das Auftragen von Holzcementschichten möglichst schnell geschieht, auch das Ausbreiten der Papierbahnen muss rasch und ohne Faltenerzeugung bewirkt werden, damit eine innige Verkittung des Papiers mit dem Holzcement erzielt wird. Es muss ferner das zur Anwendung kommende Papier eine gute Leimung besitzen, damit die Cementmasse nicht durchschlagen kann.

Auf die mit dem Holzcementanstrich bedeckte oberste Papierlage kommt als weiteres Deckungsmittel eine 6 bis 8 cm starke Schüttung aus Kies; zu dem unteren Teil derselben wird feinkörniger, zu dem oberen Teil gröberer gesiebter Kies verwendet, dem man zuweilen einen geringen Zusatz von Lehm in pulverförmigem Zustande beifügt. Damit ist dann, abgesehen von der noch speziell zu beschreibenden Bildung der Trauf- und Dachverschlüsse die Dachdeckung vollendet.

Um die Kiesdecke vor dem Verwehen, wie auch vor Abspülungen an den Traufkanten und den Giebelendigungen zu sichern, werden am ganzen Umfange des Daches Leisten von gleicher oder auch etwas grösserer Höhe als die der Kiesdecke verwendet. Zu den Leisten dient entweder ein mit Zinkblech überkleidetes Holz oder auch eine Doppellage aus Zinkblech. Die an der Traufkante aufgesetzten Leisten haben an der unteren Seite zahlreiche Durchbrechungen, welche für den Ablauf des Wassers, der zwischen der Kiesdecke und der obersten Papierlage stattfindet, dienen. Die Befestigung der Leisten wird durch einfache Nagelung bewirkt und findet immer auf der zweiten Papierlage, von unten gezählt, statt, so dass die Nagelköpfe mit einer zwei bis dreifachen Holzcementschichte verdeckt werden. Fig. 441 (S. 322) stellt dies näher dar.

Die schwächsten Stellen beim Holzcementdach bilden die Giebel- und Traufkanten, die nicht immer gut und dauerhaft sind. Hieraus folgt, dass die vorteilhafteste Dachform das von den Seiten nach der Mitte zu abfallende und von dort aus durch ein Rohr zu entwässernde Dach sein wird, dessen ganzer Umfang durch eine Attika begrenzt ist.

Eine in der beschriebenen Weise ausgeführte Dachdeckung ist vollkommen wasserdicht; diese Eigenschaft beruht sowohl auf der ursprünglichen Güte des verwendeten Holzcements, als auch darauf, dass Sorge getragen wird, dass die für Wasser undurchdringlichen Bestandteile desselben erhalten bleiben und nicht durch Auswaschen, Veränderung durch Sonnenwärme, Temperaturwechsel und sonstige Ursachen verloren gehen.

Hiergegen soll eines Teils die angegebene Verwendung mehrerer durch Papierbogen von einander geschiedenen Schichten des Holzcements, andererseits die Bedeckung der Dachfläche mit einer kräftig wirkenden Kieslage schützen. Die möglichst unveränderte Erhaltung der Kieslage ist daher von grosser Wichtigkeit; dazu dient die hervorgehobene Mischung von Kies und Lehmteilen, die aber nur in solcher Menge zugesetzt werden dürfen, dass die gute Wasserdurchlässigkeit der Lage nicht leidet.

Günstig ist es, die Kieslage mit einer Erdschüttung zu überdecken, auf welcher man Berasungen und Anpflanzungen anlegt. Dächer mit nur schwacher Kiesdecke ohne Erdschüttung zeigen sich, wenn sie starkem Luftzuge ausgesetzt sind, weniger haltbar als Dächer mit Erdbeschüttung, die ihre Dauer bereits durch ein volles Menschenalter bewährt haben (?), was besonders auf Rechnung des Umstandes zu setzen ist, dass die öligen und flüchtigen Bestandteile im

Holzcement bei demselben wirksamer vor dem Verschwinden als beim Pappdach u. s. w. gesichert sind. Als Nachteil, den die Erdbeschüttung mit sich bringt, ist anzuführen, dass dabei dem Dachgerüste eine sehr bedeutende Stärke gegeben werden muss. Da ferner beim Holzcementdache dem Dachgerüste von der oberen Seite Luft nicht zugeführt wird, so muss um dem Stocken des Holzes vorzubeugen, für genügende Luftzuführung von der Unterseite her Sorge getragen werden.

Zur allgemeinen Beurteilung des Holzcementdaches ist hier endlich noch anzuführen, dass die unmittelbar unter demselben angeordneten Wohnräume von dem Wechsel der äusseren Temperatur nur wenig berührt werden, dass dieselben aber im Winter relativ warm, im Sommer kühl sind; das Holzcementdach ist in seiner Anlage zwar etwas kostspielig, erfordert aber nur sehr geringe Reparaturen.*)

Die Dornschen Lehmdächer und die Sachsschen Harzplattendächer möchten wohl zu jenen Schmerzenskindern zu zählen sein, die nach vergeblichem Mühen, sie lebensfähig zu erhalten, dennoch an Entkräftung starben; niemand wird diesen Dächern eine Thräne nachweinen. Requiescant in pace!

Von den Dachrinnen (Traufrinnen) und Dachgesimsen.

Um das Traufwasser von den Dächern zu sammeln, dienen die sogenannten Dachrinnen, welche aus Zinkblech, Weissblech, Schwarzblech, Kupferblech oder selbst aus Holz, Cement und Asphalt hergestellt werden können. Solche Rinnen, besonders die aus Metall hergestellten, werden entweder unterhalb oder oberhalb des Dachsaumes angebracht.

Werden sie unterhalb angebracht, so benötigt man zu ihrer Befestigung der sogenannten Rinnenhaken oder Rinneneisen, welche entweder an die Balken oder an die Sparren befestigt werden. Ein Beispiel der ersten Art stellt die Tafel XIV, Fig. 5 und 6 dar; das Hauptgesims wird hier durch die seitlich und von unten verschalten, stark vortretenden Balkenköpfe gebildet, an welche auch die Rinnenhaken angenagelt sind, um die Dachrinne in sich aufzunehmen; des Wasserabflusses wegen erhält die Rinne ein Gefälle von ungefähr $^1/_{100}$ ihrer Länge. Eine ähnliche Anordnung zeigt Fig. 7 auf Tafel XVII, wo die Dachrinne gleichfalls von einem Rinnhaken gehalten wird, der seitlich am Balkenstiche befestigt ist, und dabei auf die Oberkante des massiven Hauptgesimses zu liegen kommt.

Viel ungezwungener jedoch und der Holzarchitektur weit mehr entsprechend ist der Abschluss des Daches in Fig. 5, Tafel XV dargestellt, hier ist der Rinnhaken auf der Oberkante des weit vorspringenden Sparrens befestigt; gegen den Sparrenkopf ist ein Stirnbrett genagelt, während die sonst sichtbaren Dachlatten des Dachvorsprunges soweit, als auch die vorspringenden Balkenköpfe von unten verschalt sind. Der hier dargestellte, höchst einfache Dachabschluss lässt sich mit geringem Aufwand dekorativ so ausstatten, dass er aufs wirksamste in die Erscheinung tritt.

Die Dachrinnen werden selten in einem Gefälle gelegt, weil bei langen Rinnen dieselben viel zu tief unter die Saumkante des Daches fallen würden; daher teilt man sie so ein, dass sie beispielsweise von den Ecken bis zu einem einspringenden Winkel laufen, oder an langen Dachsäumen von der

*) Das Holzcementdach ist als neue Auflage der in Oberbayern früher vielfach verwendeten Rasendächer zu bezeichnen, letztere sind obwol sie vielfach angepriesen wurden, nach und nach vollständig von der Erdoberfläche verschwunden.

Mitte nach den beiden Seiten hin abfallen. Bei sehr langen Rinnen nimmt man wohl 2 oder mehrere tiefste Punkte an, so dass stets zwei Rinnen geneigt nach einem Punkte zu laufen.

Rinnen, welche frei vor der Trauflinie aufgehängt sind, nehmen alles Dachwasser so auf, dass kein „Trauffall“ entsteht; doch giebt diese Art von Befestigung der Rinne dem abschliessenden Hauptgesimse und damit auch dem Gebäude selten ein gutes Aussehen, da die Dachrinne oft an einem Ende um 10 bis 15 cm höher liegt als auf dem anderen.

Aus diesen Gründen befestigt man wohl die Dachrinnen oberhalb des Dachsaums, wo sie dann ebenfalls auf einem nach Bedürfnis gebogenen Rinnhaken aufliegen; hierbei aber ist das Abtropfen von Wasser nur dann zu vermeiden, wenn man, wie dies in Fig. 6, Tafel XXIV geschehen ist, die Dachrinne durch ein Rinnenbrett maskirt, und zwar in der Art, dass dasselbe am Dachsaume entweder lotrecht oder rechtwinklig zur Dachneigung angebracht wird. Das Gefälle der Rinne kann dabei durch Ausfütterung hinter dem Rinnbrette erreicht werden, wobei das Rinnenblech über die Oberkante des Brettes gebogen wird. Zwei weitere Beispiele der Dachrinnen-Anordnung oberhalb des Dachsaumes sind in Fig. 10, Taf. XV und in Fig. 5, Taf. XIX spezieller dargestellt; die hier verwendeten Stirnbretter sind zum Schutze gegen Fäulnis mit Blech überzogen und durch Winkeleisen befestigt.

Was die Grösse der Dachrinne anbetrifft, so genügen 21 bis 27 cm zu ihrer Weite; das Blech, aus welchem sie angefertigt werden, muss die gehörige Stärke haben; in dem Rande der Rinnen werden starke Eisendrähte eingelegt, um das leichte Ausbiegen zu verhindern. Oft wird eine Spange, welche an dem gekrümmten Teil des Rinnenträgers mittelst Scharnieren beweglich aufsitzt, angebracht und mit dem geraden Teil eingehängt, um ein 24 cm breites Brett, als Rinnendeckbrett gegen das Verstopfen der Rinne angeordnet zu tragen. Gegen das Herabfallen oder Verschieben des Deckbrettes dient ein kleiner Kloben am Ende des Rinnhakens, welcher durch das Brett geht und mittelst einer Blechfeder dasselbe nieder hält. Fig. 442 macht diese Anordnung klar und erläutert zugleich den Fall, wo das Regenwasser zur weiteren Benützung ins Innere des Dachraumes, hier in eine Dachbodenrinne geleitet werden soll.

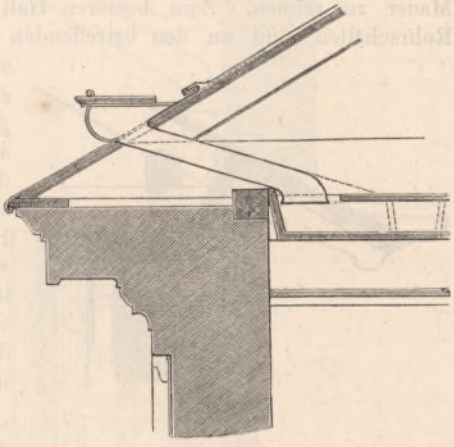


Fig. 442.

Die Herstellung der Dachrinnen (in der Regel aus 0,75 mm dickem Zinkblech) bedarf einer grossen Sorgfalt, damit sie dauerhaft und nicht wasserdurchlässig sind, womöglich sollen sie leicht herausnehmbar und mit keinem wesentlichen Bauteil fest verknüpft sein.

In häufigen Fällen geben die Dachrinnen ihr Wasser in einen Dachrinnen-Kessel ab, welcher entweder aus Weiss- oder besser aus starkem Zinkblech mit 27 bis 30 cm Durchmesser und 36 cm Höhe hergestellt wird; sie dienen zur Aufnahme des aus beiden darüber befindlichen Rinnen zu-

fliessenden Wassers und zur weiteren Abgabe desselben in die Abfallröhren. Oft werden diese Rinnenkessel oben geschlossen und findet dann die Einmündung der Rinnen von der Seite statt. Die Befestigung dieser Kessel wird durch ringförmige Haken, welche ins Mauerwerk, oder an den Sparren eingeschlagen werden, bewirkt, wobei sie fast immer da angebracht sind, wo Dachkehlen sich bilden; man wird diesen notwendigen konstruktiven Uebeln eine thunlichst gute Form zu geben haben, um das sonst so unschöne Aussehen zu mildern.

Um das Traufwasser unserer Dächer auf den Boden abzuleiten, dienen die Abfallrohre, oder Ablaufs-, auch Stehrohre genannt; dieselben erhalten 12 bis 15 cm im Durchmesser, sind von Weiss- oder Zinkblech angefertigt und senkrecht an der Mauer bis zum Trottoir oder unter dasselbe herabgeführt. Müssen sie an der oberen Gebäudeflucht angebracht werden, so ordnet man sie möglichst symmetrisch an. Die Anfertigung derselben erfolgt durch Falzung und Lötung, die Befestigung durch Rohrringe, welche mit einem spitz angeschmiedeten Arm ins Mauerwerk eingetrieben werden; eine solche Befestigung wiederholt sich in Abständen von 3 bis 4 m.

Bei sorgfältigerer Konstruktion verwendet man zur Befestigung die sogenannten, mit Scharnieren versehenen Rohrschellen, die behufs der allenfallsigen Reparaturen geöffnet werden können, ohne den Haken aus der Mauer zu reissen. Zum besseren Halt zwischen den Rohrringen oder den Rohrschellen sind an den betreffenden Stellen der Stehrohre ringförmige Ansätze angelötet. Begegnen die Rohre einer Gesimsausladung, so laufen sie abgerundet um dieselbe herum; viel besser aber ist es, wenn die Stellrinnen an den Stellen, wo sie ein Gesims durchsetzen, ähnliche Gesimsformen aus Blech angelötet erhalten. Zuweilen werden aber auch die Abfallröhren um ihre ganze oder halbe Dicke in einen vertieften Mauerfalz eingelegt, wobei dann die Gesimsgliederungen die Röhren umfangen.

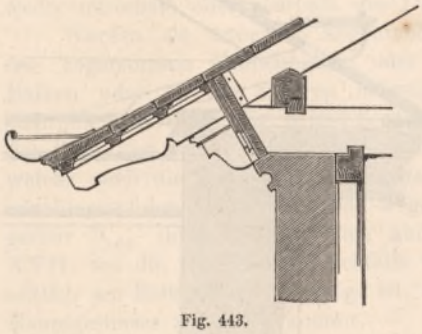


Fig. 443.

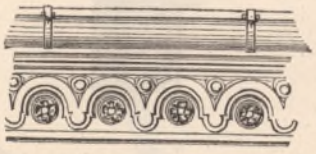
Der untere Teil der Stellröhren am Trottoir ist am geeignetsten aus Gusseisen, dem Sockel ähnlich gegliedert, herzustellen, oder ganz mit Stein zu verkleiden. Um durch die Abfallröhren keine Störung in der Façaden-Architektur zu erhalten, wird das Wasser aus den Dachrinnen in besondere Dachbodenrinnen im Innern des Gebäudes geleitet und dann wohl durch die Abtrittsschläuche abgeleitet. Die Dachbodenrinnen sind meistens trapezförmige, unten 18, oben 27 cm weite, 27 bis 36 cm hohe hölzerne, im Innern mit Zinkblech ausgefütterte Ableitungsrinnen, welche mit geringem Gefälle im Dachbodenraume fortgeleitet sind; nach oben werden sie durch ein Deckbrett gegen Verunreinigung geschützt; Fig. 442 S. 325 veranschaulicht solche Anordnung.

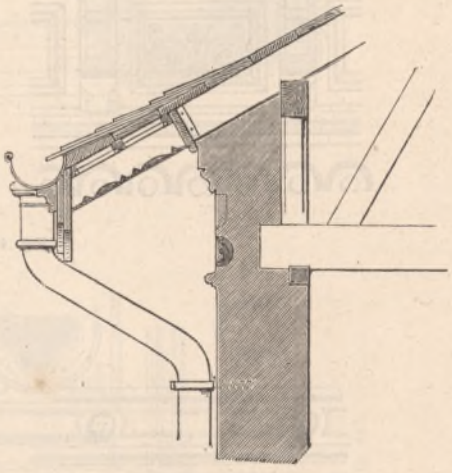
Die Anlage von Dachrinnen und Abfallröhren ist so vielen Variationen unterworfen, dass allgemeine ausreichende Regeln kaum dafür aufgestellt werden können; beide Konstruktionsteile, welche vorherrschend aus Metall hergestellt werden, haben gegenwärtig einen so hohen Grad von Ausbildung

erhalten, dass wir im III. Teile „den Eisenkonstruktionen“ eingehender darauf zurückkommen werden.

Wir haben uns im Vorgehenden darauf beschränkt, die Traufabschlüsse einzelner Dächer in einfachster Form darzustellen und zu besprechen, wie aber dieser, das ganze Gebäude krönende Teil für eine formale Durchbildung befähigt ist, möge hier nur kurz angedeutet werden.

Vor allem verweisen wir auf die im ersten Kapitel mitgeteilten Holzarchitekturen, wo bereits mehrfache Gesimsbildungen aus dem Mittelalter und der Renaissance-Zeit mitgeteilt und besprochen worden sind; überall treten uns hier Formen entgegen, welche aus dem Material und der Konstruktion





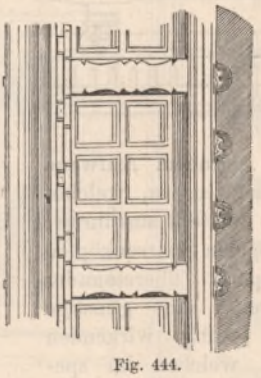


Fig. 444.

ungezwungen unter dem Zauber des feinsten Formengefühls sich entwickelt haben; in jeder Lösung tritt uns eine neue naive Form entgegen, welcher ihr natürliches Gestaltungsprinzip klar und deutlich an der Stirne abzulesen ist, kurz und gut, uns muten diese Formen so wohlthuend an, weil sie durchaus wahr sind.

Ein Armutszeugnis schlagendster Art müssen wir dem entsprechend in der Art und Weise erblicken, wie man sich abgemüht hat, in späteren Bauten (auch jetzt noch) Hauptgesimse aus Stein, ursprünglich dem klassischen Tempelbaue angehörend, in Holz nachzubilden, und so den Nonsens von „hölzernen Steingesimsen“ praktisch ins Leben zu rufen.

Es ist dies um so mehr zu bedauern, als man mit den einfachsten Mitteln Wirkungen hervorzubringen im stande ist, die an Schattenreichtum und formaler Vielseitigkeit nichts zu wünschen übrig lassen. So stellt Fig. 443 (S. 326) ein Hauptgesims dar, das im wesentlichen aus vortretenden profilirten Sparrenköpfen besteht. Die Verschalungen der Balkenköpfe sowohl, als die des Dachvorsprunges, geben Gelegenheit durch Ausschnitte, Bildung von kassettenartigen Füllungen, die sonst leeren Flächen formell zu beleben, während die Sparrenköpfe durch Konsolen getragen werden; auch die Dach-

rinne lässt sich zur opulenteren Erscheinung des Dachrandes verwerten, muss aber dann mit Zugeisenstäben gegen den allenfallsigen Schneeschub gesichert werden, für welchen auch noch ein Schneegitter angebracht werden könnte.

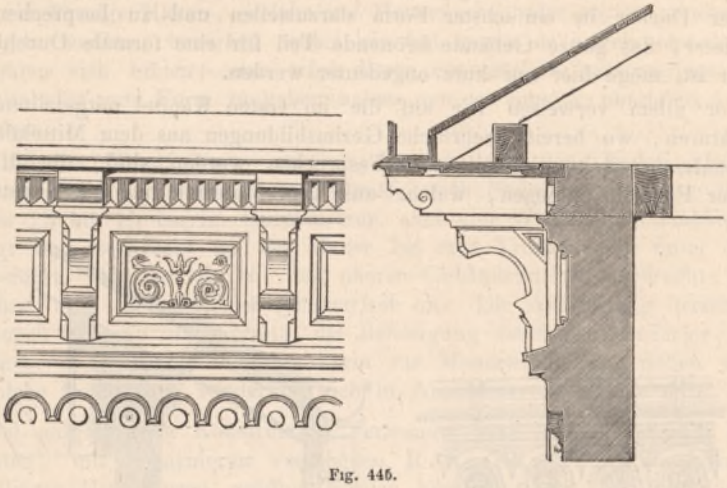
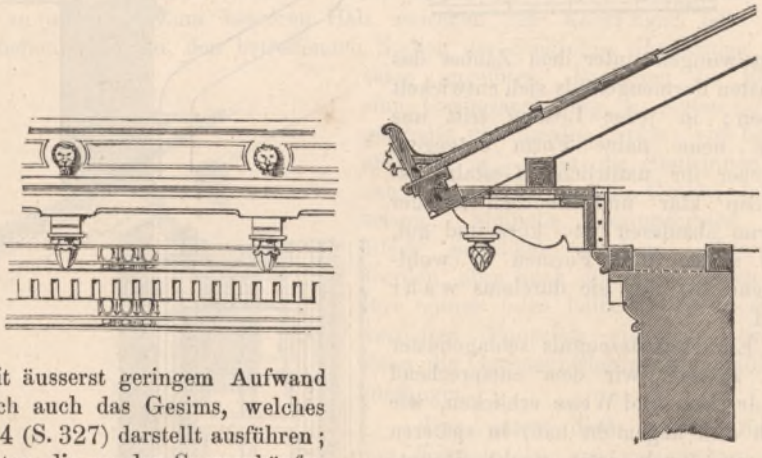


Fig. 445.



Mit äusserst geringem Aufwand lässt sich auch das Gesims, welches Fig. 444 (S. 327) darstellt ausführen; hier bieten die an den Sparrenköpfen befestigten doppelt übereinander liegenden Stirnbretter eine günstige Gelegenheit zu kräftig wirkenden Ausschneidungen, welchen im speziellen Falle die Bogenform gegeben wurde; in dem betreffenden Beispiele ist die Dachrinne gleichfalls zur Bildung des Hauptgesimses mit beigezogen, und die Unteransicht der Sparren-Zwischenfelder kassettenartig in Felder eingeteilt. Beide Gesimse lassen sich durch gut gewählte Farbengebung in ihrer Erscheinung in hohem Grade beleben.

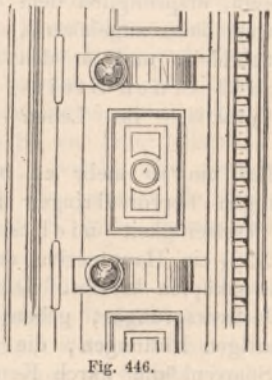


Fig. 446.

Reicher und kraftvoller lassen sich die Hauptgesimse aus Holz gestalten, wenn man die Balken, oder allenfalls die vorhandenen Stichgebälke mit zur Bildung derselben heranzieht, wie dies in Fig. 445 (S. 328) geschehen ist; die weit vortretenden Stichgebälke sind hier mit Konsolen gestützt, die gleichfalls den Holzcharakter tragen; die verschalte Unteransicht über dem Stichgebälk bietet Gelegenheit zu Holzvertäfelungen der verschiedensten Art. Die Dachrinne ist hier eine Kastenrinne, welche durch ein Stirnbrett verdeckt wird.

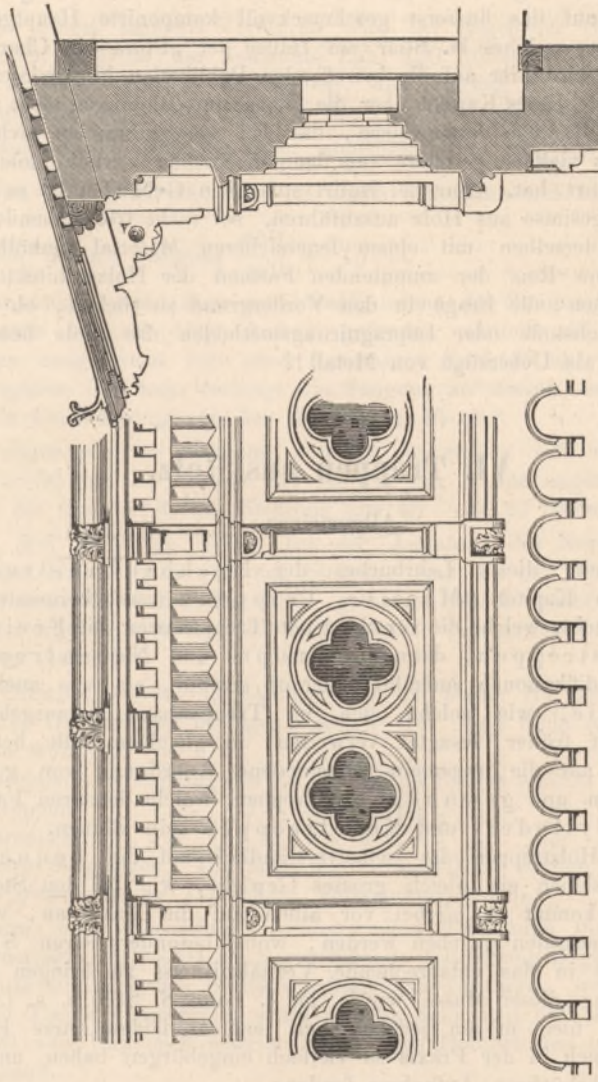


Fig. 447.

Eine noch kraftvollere Wirkung lässt sich hervorbringen, wenn die Sparren nach Fig. 446 (S. 328) in ein gemeinsames Langholz verzapft werden; das im rechten Winkel zur Dachneigung angebrachte Schutzbrett, hinter welchem die Dachrinne ihren Platz findet, giebt dem Hauptgesimse eine kräftig wirksame Form, welche durch weit vortretende konsolartig gestaltete Stichbalken

gestützt wird; die Wirkung eines solchen, seiner Hauptform nach aus Holz konstruirten Gesimses, lässt sich stets noch dadurch erhöhen, dass man es nach unten zu mit Zahnschnitten, Kymatien etc. ausgehen lässt, so dass dann kombinirte Hauptgesimse, aus Holz und Stein hergestellt, entstehen.

Fig. 447 (S. 329) stellt ein weiteres reiches Hauptgesims dar, wie es Schreiber dieses Buches in München zur Ausführung gebracht hatte, das aber nach kurzer Zeit seines Bestehens ein Raub der Flammen wurde; bei der klar dargestellten Zeichnung möchte ein weiterer Kommentar überflüssig sein.

In bezug auf das äusserst geschmackvoll komponirte Hauptgesims aus Stein und Holz, welches H. Stier am Hause der „Flora“ in Charlottenburg ausgeführt hat, wird hier auf die betreffenden Publikation hingewiesen.*)

Wir können dieses Kapitel über die Holzgesims-Bildungen nicht schliessen, ohne auf das Missliche hinzuweisen, das bei Schadenbränden sich uns aufdrängt, und das vielfach geradezu zum baupolizeilichen Verbote solcher Dachabschlüsse geführt hat. Nur bei isolirt stehenden Gebäuden ist es unbedingt gestattet Hauptgesimse aus Holz auszuführen, bei nicht frei stehenden müssen alle Holzteile derselben mit einem feuersicheren Material umhüllt werden. Der unbestrittene Reiz der anmutenden Formen der Holzarchitektur möchte es wohl verlohnen, die Frage in den Vordergrund zu rücken, ob nicht umhüllende Anstrichstoffe oder Imprägnirungsmethoden das Holz besser gegen Feuer schützen als Ueberzüge von Metall!?

VI. Treppen aus Holz.

Allgemeines.

Im I. Teile dieses Lehrbuches der Hochbaukonstruktionen wurde in dem Kapitel „Massive Treppen“ (aus Steinmaterial) eine Einleitung gebracht, welche die verschiedenen Treppenarten, die Freitreppen und die Haustreppen, dann die Haupt- und Nebentreppen mit allen ihren Modifikationen aufzählt; hierauf sowohl, als wie auch auf die Terminologie, wie solche sich im Treppenbaue herausgebildet hat, müssen wir auf früher Gesagtes verweisen; in gleichem Falle befinden wir uns in bezug auf die ungemein verschiedene Anordnung von geraden, gebrochenen und gewundenen Treppen, welche letzteren Falls wieder Spindel-, Cylinder- und Kegeltreppen sein können.

Bei den Holztreppen ist selbstverständlich auf die bequeme Benützung derselben ein gleich grosses Gewicht, wie bei den Steintreppen, zu legen und kommt es hierbei vor allem auf die Masse an, welche den einzelnen Treppenstufen gegeben werden, wobei besonders deren Steigung und Auftritt in das entsprechende Verhältnismass zu bringen ist. Die beste Ermittelung dieser Masse wurde im I. Band S. 263 u. s. f. mitgeteilt und erläutert; hier mögen jedoch noch jene Methoden kurze Erwähnung finden, welche sich in der Praxis so vielfach eingebürgert haben, und auch in den meisten Lehrbüchern Aufnahme fanden:

„Ist die Steigung einer Treppenstufe bekannt, und soll deren Auftritt ermittelt werden, so nimmt man die Steigung doppelt und zieht diese in Centimetern ausgedrückte Zahl von der konstanten Grösse 60 ab; ist dagegen

*) Deutsche Bauzeitung 1873.

der Auftritt gegeben und soll darnach die Steigung eingerichtet werden, so zieht man das bekannte Mass des Auftritts von der Konstanten 60 ab und halbirt den Rest.“

Es ergiebt sich hieraus bei einer angemessenen Steigung von 15 cm ein Auftritt von $2 \cdot 15 = 30$, $60 - 30 = 30$ cm; oder bei einem angenommenen Auftritt von 30 cm, ergiebt sich eine Steigung von $60 - 30 = 30$, $\frac{30}{2} = 15$ cm.

„Nach einem anderen Verfahren wird bei gegebener Steigung und zu bestimmendem Auftritte die konstante Zahl 450 durch die bekannte Steigung dividirt; ist aber der Auftritt gegeben, die Steigung dagegen zu bestimmen, so wird mit der Grösse des Auftritts die konstante Zahl 450 dividirt.“

Hieraus ergiebt sich bei einer angenommenen Steigung von 15 cm ein Auftritt von $\frac{450}{15} = 30$ cm; oder bei einem angenommenen Auftritt von 30 cm ergiebt sich für die Steigung $\frac{450}{30} = 15$ cm,

„Sehr häufig zieht man auch wohl, wenn die Steigung einer Treppenstufe gegeben ist und deren Auftritt gefunden werden soll, die erstere in Centimetern ausgedrückt von einer konstanten Zahl 45 ab; ist dagegen der Auftritt gegeben und man verlangt die Steigung zu wissen, so zieht man den Auftritt (in Centimetern) von der Konstanten 45 ab.“

Bei angenommener Steigung von 15 cm ergiebt sich der Auftritt aus $45 - 15 = 30$ cm; ist dagegen der Auftritt mit 30 cm angenommen, so ergiebt sich die dazu gehörende Steigung aus $45 - 30 = 15$ cm.

Alle drei Methoden liefern bei der Annahme des Normal-Masses für gewöhnliche Haustreppen (15 cm Steigung und 30 cm Auftritt) ein vollständig übereinstimmendes Resultat; grössere jedoch nicht erhebliche Abweichungen ergeben sich erst bei der Annahme von geringen Steigungen oder sehr breiten Auftritten.

Die Grenzen jedoch, in welchen sich die Masse für Steigung und Auftritt unserer Holztreppen bewegen, liegen sehr weit nicht aus einander; so wählt man wohl

für Prachttreppen eine Steigung von 0,120—0,135 u. einen Auftritt von 0,36—0,35.
„ Haupttreppen „ „ „ 0,140—0,165 „ „ „ „ 0,32—0,27;
„ Nebentreppen „ „ „ 0,170—0,220 „ „ „ „ 0,26—0,16;

noch höhere Steigungen, allenfalls bis zu 0,240 m werden nur bei den sogenannten transportablen Trittleitern Verwendung finden.

Nahezu ohne Ausnahme werden allen Trittstufen übrigens noch an ihrer Vorderkante 2,5—3,0 cm vorspringende Gliederungen gegeben, wodurch die Auftritte eine grössere Breite erhalten, ein Umstand, welcher beim Aufsteigen der Treppe (namentlich wenn dieselbe sehr steil und der Auftritt dabei schmal ist) von Wert sich erweist, allein beim Herabsteigen nicht in betracht kommen kann.

Sind einmal die Masse für Steigung und Auftritt festgestellt, so sollen dieselben auch für die ganze Treppenanlage durch alle Stockwerke beibehalten werden, wie dies besonders bei Neubauten ohne alle Schwierigkeit sich erreichen lässt. Beispielsweise sollen bei einer Treppe mit 0,15 m Steigung die einzelnen Etagenhöhen inkl. der Balkenstärke ein Vielfaches von

0,15 m sein, so würden 23 Stufen einer Etagenhöhe von 3,45 m, 26 Stufen einer solchen von 3,90 m etc. entsprechen.

Werden die Etagenhöhen bestimmt, ohne diese Rücksichtsnahme, so erhält man sehr häufig Zahlen von mehreren Decimalstellen, welche für den praktischen Gebrauch stets sehr unbequem sind; so würden um eine Höhe von 4,25 m zu ersteigen, 28 Stufen, jede mit 0,1518 m Steigung notwendig werden, eine Grösse, welche sich weder genau messen, noch genau auftragen lässt.

Ein solcher Umstand macht es erforderlich, die betreffenden Stufenhöhen auf einer die ganze Etagenhöhe messenden Latte dadurch zu bestimmen, dass man sie eben in 28 Teile gleichmässig einteilt.

Aus der Zahl der Steigungen einer Treppe ergiebt sich die Zahl der dazu gehörigen Auftritte, und hieraus lässt sich weiter der Raum entwickeln, welcher im Grundplane für die ganze Treppenanlage erforderlich ist.

Da die Austrittsstufe stets in der Oberfläche des Fussbodens selbst liegt, so beträgt die Anzahl der Auftritte um eins weniger als die Anzahl der Steigungen. Die Länge (a) eines geraden Treppenlaufes im Grundrisse wird gefunden, indem man die Grösse des Auftritts (b) mit der um eins verminderten Anzahl der Steigungen (n) multiplicirt, oder auch durch die Formel

$$a = b\,(n - 1).$$

Werden Podeste angelegt, so ist deren Breite im allgemeinen so anzuordnen, dass sie mit der Schrittbreite in Einklang stehen und dabei das sogenannte Schrittwechseln vermieden wird; bei gewöhnlichen Treppen genügt eine, bei grösseren Treppen zwei, bei ganz grossen Prachttreppen drei Schrittweiten; in den meisten Fällen jedoch giebt man den Podesten — wenn dies möglich — eine quadratische, oder wenn dies nicht möglich ist eine annäherungsweise quadratische Form.

Bei gewundenen Treppen muss das Mass des normalen Auftritts in der Mitte der Stufenbreite sich befinden, so dass, wie dies in Fig. 313 (Holzstock des I. Bandes S. 265) verdeutlicht, die Schnittlinie ab in gleiche Teile zu teilen ist, wobei die Breite bei c nicht zu gross und die bei d nicht zu gering ausfallen darf; überhaupt sind solche Winkelstufen, wenn möglich, zu vermeiden.

Die Breite eines Treppenlaufes sollte nicht wohl geringer als 0,60 m gewählt werden, denn diese genügt sehr wohl für eine Person; um zwei Personen neben einander das Begehen einer Treppe zu ermöglichen, ist eine Breite von $2 \cdot 0{,}60 = 1{,}20$ m benötigt, welche man wohl bei anständigen Wohngebäuden bis auf 1,50 und selbst auf 2,0 m vermehrt.

Für Nebentreppen (Keller- und Dachbodentreppen) genügt in den meisten Fällen das Mass von 1,0 m Breite.

Das Material, aus welchem unsere Holztreppen ausgeführt werden, ist je nachdem man es mit einer ordinären oder feineren Durchbildung eines Bauwerks zu thun hat, das weiche Tannen- oder Fichtenholz, oder das harte Eichenholz; man verwendet auch wohl aus ökonomischen Rücksichten beide Holzarten zugleich, und zwar in der Art, dass die der Abnutzung stark unterworfenen Trittstufen von hartem Holz, die der Abnutzung weniger unterworfenen Setz- oder Futterstufen von weichem Holz hergestellt werden, während zu den Wangen, des besseren Aussehens wegen, in den meisten Fällen Eichenholz gewählt wird.

Handelt es sich jedoch darum, eine durchaus solide und schöne Treppe

zur Ausführung zu bringen, so ist dieselbe in allen ihren Teilen aus dem ausgesuchtesten Eichenholze zu bearbeiten; bei höherer und höchster Eleganz wird man allen in die Augen fallenden Konstruktionsteilen eine feinere Ausbildung durch vorspringende Zierglieder, vertiefte Füllungen und auch wohl durch eingelegte Arbeiten geben, wobei dann die verschiedenen farbigen Luxushölzer sich verwenden lassen. Eine besondere Aufmerksamkeit lässt sich dabei der Ausbildung der Podeste oder der sichtbaren Wangen zuwenden.

Zu den Treppengeländern, namentlich zu den Handgriffen, die stets polirt werden sollten, wählt man in den meisten Fällen harte zähe Holzarten, wie Ahorn-, Eschen-, Eichen-, Kirsch-, Birnbaumholz oder auch wohl Mahagoni.

Nur zu den Geländerstäben ganz ordinärer Treppen verwendet man ordinäres Nadelholz und belässt dasselbe entweder so wie es aus der Dreh- oder Hobelarbeit hervorgeht, oder giebt demselben einen Anstrich von Firniss oder Farbe. Bei reicherer Ausstattung erhalten die gedrehten, aus den feinsten Luxushölzern hergestellten Stäbe eine wohl erwogene mehr oder weniger reiche Gliederung unter der Zuthat geschmackvoller Schnitzereien, wobei die teilweise oder durchaus durchgeführte Politur selten fehlen darf. Soll das Geländer eine sehr belebte Gestalt annehmen, so wird dies wohl durch Zink- oder Eisenguss erreicht; durch Bronziren, Verniren und teilweise Vergoldung lassen sich dann erhöhte Effekte hervorbringen.

Bei der praktischen Ausführung der Treppen hat man stets ein astfreies, kerniges und durchaus gesundes Holz zu wählen und muss dasselbe vollständig lufttrocken sein; die Arbeit ist mit aller Sorgfalt nach den Regeln der Zimmermannskunst auszuführen und da vielfach die Form der Treppen mit sehr schwierigen Ausführungen verknüpft ist, so gehören solche Arbeiten unter Umständen zu den komplizirtesten, welche überhaupt dem Zimmermann übertragen werden können. An vielen Orten beschäftigen sich vorherrschend die Tischler mit dem Bau der Treppen.

Elegante Treppen setzen selbstverständlich ein schön situirtes, wohl beleuchtetes Treppenhaus voraus.

Speziellere Konstruktion.

Was die spezielle Konstruktion der Holztreppen anbetrifft, so ist dieselbe je nach ihrer ordinären oder feineren Durchbildung eine sehr verschiedene. Nach der Art und Weise, wie z. B. die Stufen konstruirt werden, unterscheidet man hauptsächlich:

1) Leitertreppen,
2) Wangentreppen mit eingelassenen Stufen,
3) Wangentreppen mit aufgesattelten Stufen,
4) Treppen mit Blockstufen.

Die meistenteils sehr steilen Leitertreppen oder Müllerstiegen, welche wohl nur da verwendet werden, wo es auf besonderen Komfort nicht ankommt, bestehen aus horizontalen Trittbrettern von sehr mässiger Breite, welche an ihren Enden in zwei hinreichend starke, auf die Kante gestellte Bohlen eingezapft und verkeilt werden; diese Bohlen ersetzen die Treppenwangen, welche die meistens nur 0,50 m in ihrer Länge messenden Trittstufen in sich aufnehmen. Diese primitiven Treppen, die sich für die Kommunikation in Wohngebäuden nicht eignen, werden hin und wieder auch so hergestellt, dass man die als Wangen dienenden Bretter oder Bohlen nach der Stufenform ausschneidet und die schmalen Trittstufen dann mit Nägeln oder Schrauben

darauf befestigt. Nicht ausgeschlossen ist es in letzterem Falle, sogenannte Futterbretter auf die vertikale Fläche der Einschnitte aufzunageln.

Die Leitertreppen verwendet man wohl nur in Werkstätten, Magazinen, landwirtschaftlichen Gebäuden, Gerüsten etc.

Die Wangentreppen mit eingelassenen Stufen, welche man auch wohl als gestemmte Treppen bezeichnet, bestehen nach Fig. 448 aus den Wangen, den Trittstufen und den Setz- oder Futterstufen.

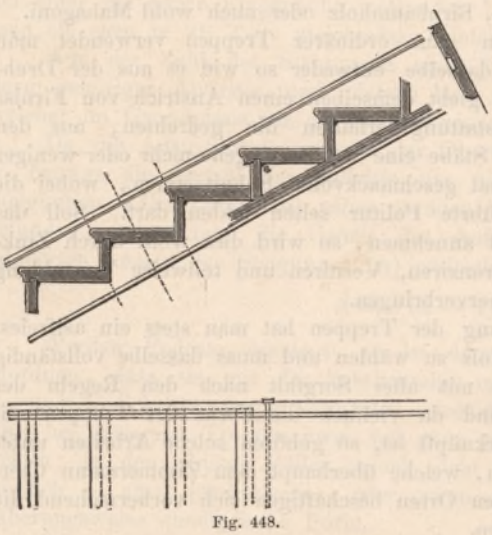


Fig. 448.

Die Wangen werden aus 6 bis 9 cm starken Bohlen hergestellt, und ergiebt sich ihre Breite allemal aus der jeweilig angenommenen Steigung der Treppe, indem von der Trittkante jeder Stufe und ebenso von deren Unterkante normal gemessen für das Wangenstück noch 4,5 bis 6,0 cm Holzstärke vorhanden sein soll, woraus sich dann die rechtwinklig gemessene Wangenbreite ergiebt.

Die Trittstufen, 5 bis 6 cm dick, werden aus Bohlen angefertigt und erhalten nach vorn ein Profil in der Form eines 2,5 bis 5 cm vortretenden Rundstabes, Wulstes oder Karniesses.

Die Setz- oder Futterstufen bestehen gewöhnlich aus 2,5 cm starken Brettern und greifen oben mit Falzen in die Trittstufen ein; unten sind sie entweder gleichfalls in die Trittstufen eingefalzt, oder stumpf dagegen gesetzt und vernagelt, wie dies der Holzschnitt in beiden Variationen darstellt. Sowohl die Trittstufen als auch die Setzstufen werden dann in die Wangen seitwärts 2,5 cm tief eingestemmt und eingeschoben.

Zur soliden Konstruktion trägt es bei, die Wangen in verschiedenen Höhen durch quer durchgezogene dünne eiserne Zugstangen und zwar stets unmittelbar unter einer der Trittstufen (siehe den Holzschnitt) zusammenzuhalten; hierdurch werden die Tritt- und Setzstufen gleichzeitig daran gehindert, aus den ausgestemmten Wangen herausweichen zu können.

Wangentreppen mit eingestemmten Stufen müssen, wie dies ebenfalls in unserem Holzschnitte dargestellt ist, sofern sie Haupttreppen sind, auf ihrer Rückseite verschalt und verputzt werden, denn nur hierdurch erscheinen sie weniger feuergefährlich.

Haben wir es jedoch mit Holztreppen zu thun, welche nach baupolizeilichen Vorschriften in ihrer Unteransicht nicht verputzt werden müssen, so hobelt man wohl die Tritt- und Setzstufen, des besseren Aussehens wegen, von beiden Seiten und giebt auch der Rückseite der Stufen durch Anbringung von Profilirungen ein gefälligeres Ansehen; Fig. 449 (S. 335) stellt eine solche Anordnung in zwei verschiedenen Modifikationen dar.

Die unterste Stufe oder der Antritt einer gestemmten Wangentreppe besteht nach Fig. 450 (S. 335) in der Regel aus einem massiven Holzstück

oder einer sogenannten Blockstufe, und ist es empfehlenswert, dieselbe in den Fussboden zu versenken, wodurch für diese wichtige Stufe eine gegen Verschiebung durchaus gesicherte Lage gewonnen wird. Die Blockstufe dient dann weiter dazu, sowohl die Treppenwange durch Verklauung, als auch den Hauptgeländerpfosten oder den Pilar mittelst eines kräftigen Zapfens auf sich aufzunehmen, wobei auch die Wange in den Sockel des Pilars mit eingreift.

Da von dem festen Stande des Hauptgeländer-Pfostens die Steifigkeit des ganzen Treppengeländers mit abhängig ist, so wird derselbe noch mit einer Holzschraube an die Wange befestigt; andererseits hat man wohl den Hauptgeländerstiel seiner ganzen Höhe nach durchbohrt und eine eiserne Stange eingezogen, welche unterhalb der Blockstufe eine breite, vertieft eingelassene Kopfschraube erhält und oben am Pfosten mit einer Schraubenmutter versehen ist, welche dann mittelst einer gedrechselten Scheibe oder eines anderweitig verzierten Knopfs verdeckt werden kann.

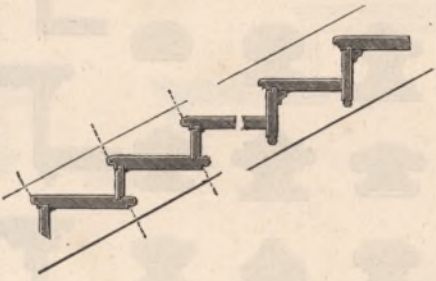


Fig. 449.

Die oberste Stufe (Austrittsstufe) liegt stets in ein und derselben Ebene des Etagenfussbodens; die Differenz in der Dicke der nur 15 cm breiten Trittstufe und dem Fussbodenbelage, wird durch „Ausklinken“ des hier angebrachten Wechselbalkens ausgeglichen.

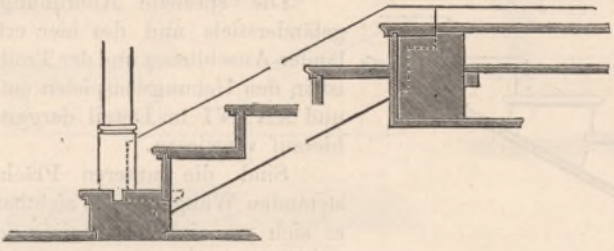


Fig. 450.

Gegen diesen Wechsel stemmen sich auch die Wangen mittelst Klauenverbindung an, wie dies in beigegebenem Holzschnitte deutlich dargestellt ist.

Bei geraden gebrochenen Treppen mit Podesten, wo die eine der Wangen eine aufsteigende, die andere eine herabgehende Lage annimmt, wird wohl nach Fig. 451 der Podest durch eine Bohle abgeschlossen, deren Höhe sich nach der Steigung der Treppenarme richtet; diese Bohle bietet oft Gelegenheit dazu, die formale Ausstattung zu erhöhen.

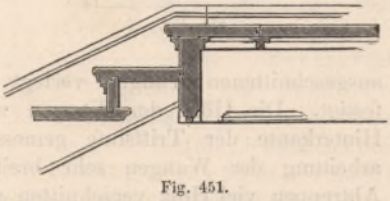


Fig. 451.

Bei Treppen, deren Rückseite nicht verputzt wird, giebt man auch den Podestunteransichten eine gefällige Form und erreicht dies häufig schon durch eine geschmackvolle Feldereinteilung mit aufgesetzten Kehlleisten.

Die Treppengeländer, aus dem Handgriff und den Geländer-

stäben (Traillen) bestehend, stellt man bei Holztreppen in der Regel ebenfalls aus Holz her.

Der Handgriff, meistens aus den besseren Holzarten angefertigt, hat nach oben eine vorherrschend abgerundete, nach unten eine gerade, zur Aufnahme der Geländerstäbe abgeschnittene Form. Die nebenstehenden Figuren in 452 geben eine Anzahl verschiedener Geländerprofile; die einfach abgerundeten Geländergriffe werden wohl, um sie eleganter erscheinen zu lassen, mit Sammt überzogen.

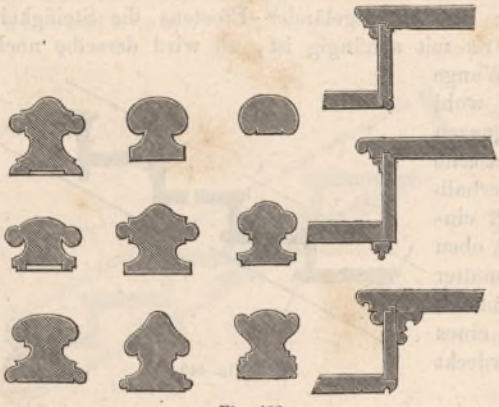
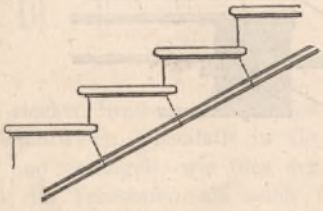


Fig. 452.

Die Geländerstäbe werden bei gestemmten Treppen, wenn sie aus Holz gedrechselt oder geschnitzt sind, unten in die Wange, oben in den Handgriff auf nahezu 2,5 cm tief eingelassen und verleimt. Zur grösseren Sicherheit versenkt man auch wohl in die untere Fläche des Geländergriffs schmale Eisenschienen, an welche dann die Metall-Geländerstäbe von unten verschraubt werden können.

Die Höhe des Treppengeländers beträgt vertikal gemessen in der Regel 1,00 m und muss das einmal gewählte Mass überall beibehalten werden.



Die spezielle Anordnung des Hauptgeländerstiels und des hier erfolgenden Geländer-Anschlusses und der Traillenbefestigung ist in den Uebungsbeispielen auf Tafel XXXV und XXXVI im Detail dargestellt und wird hierauf verwiesen.

Sind die unteren Flächen einer gestemmten Wangentreppe sichtbar, und handelt es sich um eine mehr reiche dekorative Ausstattung, so lässt sich dies durch Vermehrung der Zierglieder und auch wohl dadurch erreichen, dass der Trittstufe auch an ihrer hinteren Kante ein Profil gegeben wird; Fig. 452 möge hierfür ein Beispiel liefern.

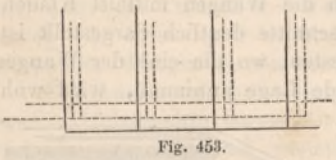


Fig. 453.

Bei Wangentreppen mit aufgesattelten Stufen werden nach Fig. 453 die Trittstufen auf die, der Steigung und dem Auftritte entsprechend stufenweise ausgeschnittenen Wangen verlegt und mittelst Nägel oder Holzschrauben befestigt. Die Höhe der Wangen wird so gewählt, dass sie, normal von der Hinterkante der Trittstufe gemessen, 18 bis 21 cm beträgt. Da zur Bearbeitung der Wangen sehr breite Bohlen erforderlich sind und durch das Abtreppen viel Holz verschnitten wird, so lassen sich solche Wangen auch nach Fig. 454 (S. 337) dadurch herstellen, dass auf einer verzahnten Tragbohle dreieckförmige Bohlenstücke versatzt, aufgeleimt und fest verschraubt werden; man erzielt hierdurch bei grösserer Tragfähigkeit eine nicht unerhebliche Holzersparnis.

Zur genauen Bestimmung der Wangenbreiten bei verschiedenen Steigungsverhältnissen dient die Formel:

$$B = (d + h + a)\frac{b}{\sqrt{b^2 + h^2}}$$

in welcher h die Steigung, b den Auftritt, d die Stärke der Trittstufe und a

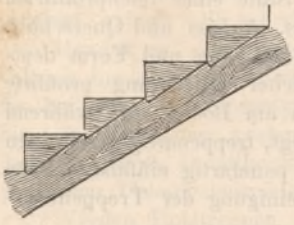


Fig. 454.

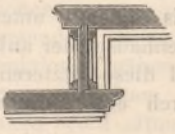


Fig. 456.

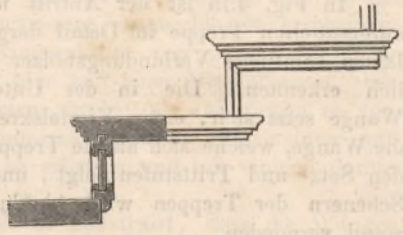


Fig. 457.

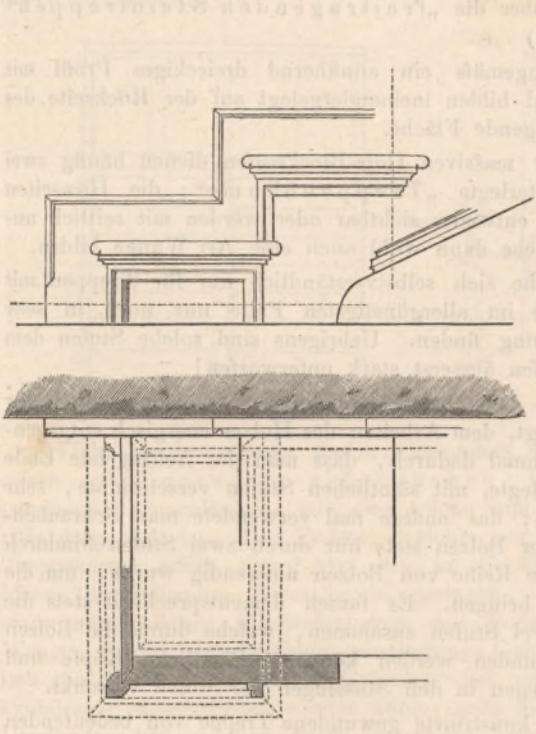


Fig. 455.

die Stärke der Wange am schwächsten Punkte (also 18 bis 21 cm) bedeutet. Diese Formel kann selbstverständlich entbehrt werden, wenn man die betreffende Treppe durch eine genaue Zeichnung darstellt.

Die Trittstufen greifen um ihren Profilvorsprung über die Wangen hinfort, während die Futterbretter nach Fig. 455 in die Trittstufen eingenutet und entweder stumpf gegen die Stirnseiten der Wangen, oder besser auf Gehrung abgestossen und gegen die ebenfalls auf Gehrung abgestochenen Enden der Stufenabsätze fest geschraubt werden. Bei eleganter Ausführung versieht man die Trittstufen wohl ringsum mit sogenannten Hirnleisten aus

Eichen- oder Mahagoniholz und wird dann auch wohl die Trittfläche der Stufen mosaikartig furnirt.

Die Setzstufen können auch nach Fig. 456 (S. 337) in die Trittstufen eingefalzt werden und erhalten, um reicher zu erscheinen, eine rahmartige Umgrenzung, oder sie bestehen aus Rahmen mit eingesetzter Füllung, wie dies in Fig. 457 (S. 337) dargestellt ist; in letzterem Falle klaut sich die Setzstufe auf die stumpf abgeschnittene hintere Kante der Trittstufe auf.

In Fig. 455 ist der Antritt und die folgende Stufe einer reichprofilirten aufgesattelten Treppe im Detail dargestellt; Grundriss, Aufriss und Querschnitt lassen sämtliche Verbindungshölzer in ihrer Zusammenfügung und Form deutlich erkennen. Die in der Unteransicht mit reicher Gliederung profilirte Wange setzt sich, einen Viertelskreis bildend, unten am Boden auf, während die Wange, welche sich an die Treppenhausmauer anlegt, treppenartig geschnitten den Setz- und Trittstufen folgt, und diese letzteren panelartig einfafst. Beim Scheuern der Treppen wird hierdurch eine Verunreinigung der Treppenhauswand vermieden.

Treppen aus hölzernen Blockstufen herstellen zu wollen, ist streng genommen ein Unding, denn wir haben es dann mit jener Konstruktion zu thun, welche beim Kapitel über die „freitragenden Steintreppen“ eingehend erörtert worden ist.*)

Die Stufen erhalten demgemäfs ein annähernd dreieckiges Profil mit einem entsprechenden Falz und bilden ineinandergelegt auf der Rückseite des Treppenarms eine ebene aufsteigende Fläche.

Zur Unterstützung solcher massiven Holz-Blockstufen dienen häufig zwei an den Enden der Stufen unterlegte „Treppenbäume“; die Hirnseiten der Blockstufen bleiben dabei entweder sichtbar oder werden mit seitlich angelegten Bohlen verkleidet, welche dann wohl auch eine Art Wange bilden.

Diese Konstruktion, welche sich selbstverständlich nur für Treppen mit geraden Armen eignet, dürfte im allergünstigsten Falle nur noch in sehr holzreichen Gegenden Verwendung finden. Uebrigens sind solche Stufen dem Schwinden und dem Sich-Werfen äusserst stark unterworfen!

Aus diesen Gründen war man bei Verwendung dieser Konstruktion für wichtige Treppenanlagen genötigt, dem Arbeiten des Holzes energisch entgegenzuwirken und geschah dies einmal dadurch, dass man das freitragende Ende der Stufen durch eine untergelegte, mit sämtlichen Stufen verschraubte, sehr starke eiserne Schiene verband; das andere mal verwendete man Schraubenbolzen und zwar so, dass jeder Bolzen stets nur durch zwei Stufen hindurch reichte, wodurch eine doppelte Reihe von Bolzen notwendig wurde, um die Verbindung zum Schlusse zu bringen. Es fassen dementsprechend stets die Bolzen der einen Reihe je zwei Stufen zusammen, welche durch die Bolzen der anderen Reihe nicht verbunden werden können. Sämtliche Köpfe und Muttern der Schraubenbolzen liegen in den Stossfugen der Stufen versenkt.

Eine nach diesem Prinzip konstruirte gewundene Treppe von bedeutenden Abmessungen befindet sich im „Königsbau zu München“; die einzelnen Stufen wurden, um das Werfen und Schwinden des Holzes zu verhindern, aus mehreren Holztafeln zusammengeleimt und wurden alle sichtbaren Flächen reich furnirt. Diese Treppe, unter v. Klenzes Leitung ausgeführt, hat sich sehr gut erhalten, immerhin möchte es verwerflich sein, eine solche Konstruktion nach-

*) Gottgetreu, Hochbaukonstruktionslehre, I. Band, S. 268.

ahmen zu wollen, sie erfordert ganz aufserordentliche Mittel an Material und Arbeit und möchte in die Kategorie der konstruktiven Künsteleien zu verweisen sein.**)

Konstruktion ganzer Treppenanlagen.

In Vorstehendem wurde die Art und Weise besprochen, wie die einzelnen eine Treppe zusammensetzenden Elemente konstruirt werden können; es war dabei jedoch nur Rücksicht genommen auf gerade Treppenarme, bei welchen nahezu alle schwierigen Verbindungsweisen ausgeschlossen erscheinen.

Handelt es sich jedoch darum, die Konstruktion von ganzen Treppenanlagen ins Auge zu fassen, so sehen wir hier von einer Klassifikation, wie sie bei den Steinkonstruktionen vorgenommen wurde, ab und ziehen es vor, die am häufigsten vorkommenden Treppenformen erst im allgemeinen und dann in ihren Detailkonstruktionen näher zu erörtern und mit einigen durchgebildeten Uebungsbeispielen zu begleiten.

Werden Holztreppen auch wohl oftmals so konstruirt, dass die Wangen an ihren Enden von unten unterstützt sind, so zieht man doch in den meisten Fällen die sogenannten freitragenden Treppen den unterstützten vor.

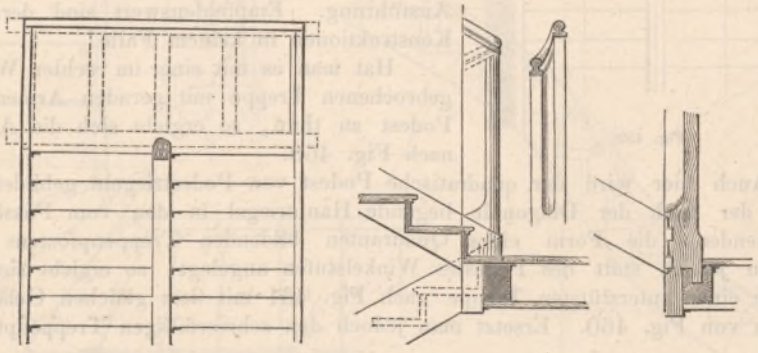


Fig. 458.

Vielfache Anwendung finden, besonders bei beschränkten Raumverhältnissen, die geraden gebrochenen Podesttreppen, mit zwei parallelen Treppenläufen, wie eine solche zum Theil in Fig. 458 im Grundrisse dargestellt ist. Der Podest, welcher am zweckmässigsten die Breite der Treppenarme erhält, wird von den in die Figur einpunktirten und in die Mauer eingreifenden Podestriegeln getragen, welche ihrerseits zur Bildung eines gewöhnlichen Fussbodenbelags mit Bodenleisten dienen. Die inneren Wangen greifen hier in einen gemeinsamen Geländerpfosten ein, der ursprünglich die Form eines halben Cylinders hat und der jedoch nach innen zu cylindrisch ausgearbeitet werden kann; geht dieser Geländerpfosten nun unter Umständen bis auf den festen Fussboden herab, so ist die Treppe als eine unterstützte zu betrachten.

Da jedoch die 15 bis 18 cm starken Podestriegel für die Treppenarme ausreichende Tragkraft besitzen, so versieht man den frei hängenden Geländerpfosten, in welchen die Treppenwangen seitlich eingreifen, noch mit einem

**) Försters allgemeine Bauzeitung 1837. Tafel CVII, Text S. 143.

Blattzapfen, welcher, wie die nebenstehende Figur dies erkennen lässt, in den Podestriegel eingreift und an demselben den nötigen Halt findet; hierdurch aber wird die Treppe zu einer freitragenden.

Ist der Treppenraum so beengt, dass die Anlage eines Podestes in Fortfall kommt, so hat sich die Anlage nach Fig. 459 umzugestalten. Die Einteilung der Stufen erfolgt dabei nach den Grundsätzen, welche bei den Steintreppen (Band I. S. 276) entwickelt wurden; besonders aber ist darauf zu achten, dass die beiden Eckstufen *a a* möglichst gleichweit in die miteinander verzinkten Treppenwangen eingreifen.

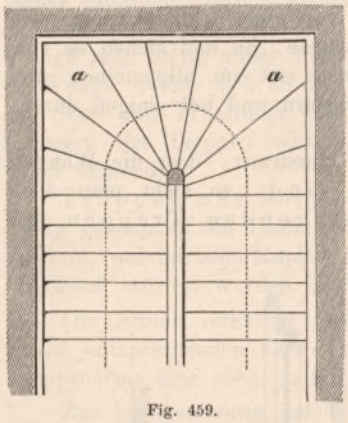


Fig. 459.

Der die beiden Mittelwangen aufnehmende Treppenpfosten geht unter Umständen vom unteren Fussboden aus und reicht bei mehreren Etagen von einer Treppenwindung zur anderen; die Geländer greifen dann gleichfalls mit in den Treppenstiel ein.

Dass solche Pfosten der ganzen Treppenanlage ein schwerfälliges und unschönes Aussehen geben und ausserdem sehr raumbeschränkend sind, bedarf wohl keiner weiteren Ausführung. Empfehlenswert sind derartige Konstruktionen in keinem Falle!

Hat man es mit einer im rechten Winkel gebrochenen Treppe mit geraden Armen und Podest zu thun, so ergiebt sich die Anlage nach Fig. 460.

Auch hier wird der quadratische Podest von Podestriegeln gebildet und greift der nach der Diagonale liegende Hauptriegel in den vom Fussboden ausgehenden, die Form eines Quadranten bildenden Treppenpfostens ein. Werden jedoch statt des Podestes Winkelstufen angelegt, so ergiebt sich die Anlage einer unterstützten Treppe nach Fig. 461 mit dem gleichen Geländerpfosten von Fig. 460. Ersetzt man jedoch den schwerfälligen Treppenpfosten

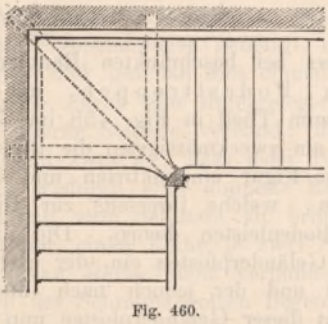


Fig. 460.

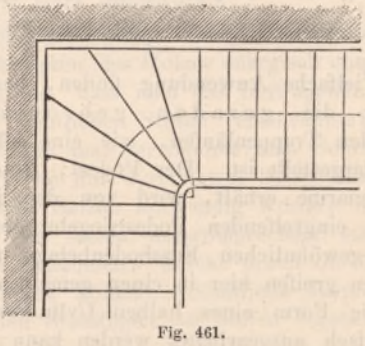


Fig. 461.

durch einen sogenannten Krümmling, so wird die Treppe zu einer gewundenen und zugleich freitragenden.

Was die normale Anordnung, beziehungsweise die Einteilung und die Form der Winkelstufen bei gewundenen Treppen anbetrifft, so verweisen wir auch hier auf das bereits im I. Bande, S. 275 und 276 Gesagte und bemerken hier nur, dass die Grösse des Krümmlings bei Holztreppen so gewählt werden soll, dass wenigstens 4 Stufen in ihn eingreifen können.

In Fig. 462 ist die Stufenanordnung analog der Fig. 332 im I. Bande gewählt; da wir es aber, im vorliegenden Falle mit einer Holztreppe zu thun haben, tritt die Frage an uns heran, welche Form ergiebt sich für die Wange, wenn dieselbe in der Art konstruirt wird, wie dies bereits bei den geraden gestemmten Treppen angegeben wurde?

Entwickelt man nämlich diese Wangenform nach einem bestimmten Stichmasse, von der Vorder- und Hinterkante der Stufen aufwärts, beziehungsweise abwärts herabgetragen, so ergeben sich für die Wange eines jeden Krümmlings verschiedene Breiten, welche in der sogenannten Wangenabwickelung in unserer Figur punktirt eingezeichnet sind.

Fig. 461a.

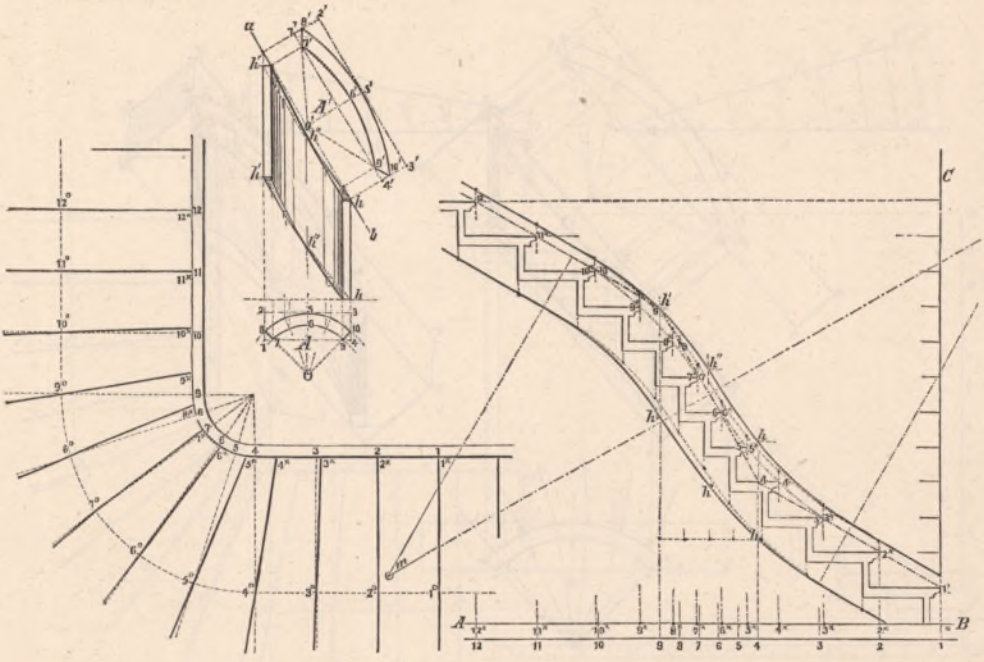


Fig. 462. Fig. 462b.

Die Wangenabwickelung aber ergiebt sich durch die auf einer ausgestreckten horizontalen Linie AB aufgetragenen Punkte 1^x, 2^x, 3^x ..... 10^x, 11^x, 12^x, den ungleichen Stufenbreiten an der inneren Wange entsprechend, und durch die auf einer vertikalen Linie BC aufgetragenen gleichen Stufenhöhen. Um nun das Unschöne zu vermeiden, welches durch die oft sehr auffällig zusammengeschrumpfte Form der Wange, nachdem sie durch ein bestimmtes Stichmass aufgetragen ist, sich ergiebt, ist es notwendig, derselben in ihrer ganzen Länge die gleiche Breite zu geben und ist dies in unserer Figur in der Art geschehen, dass in gleicher Weise die Oberkante sowohl, als die Unterkante des Wangenstücks an der betreffenden (eingeschrumpften) Stelle ein und derselben Korrektur gleichmässig unterworfen wird.

Ein strenges Gesetz aber für eine solche Korrektur aufzustellen, ist bei den äusserst verschiedenen Variationen in der Bildung der Krümmlinge nicht

wohl möglich; man gleicht eben die durch das Stichmass sich ergebende Wangenform unter Berücksichtigung einer besseren formalen Erscheinung so aus, wie es für den betreffenden Fall am geeignetsten erscheint.

Die Ermittelung der Stufeneinteilung, welche in unserem Beispiele durch die in einander übergehenden Segment-Bögen mit dem Mittelpunkte m sich ergeben hat, bezieht sich somit nur auf die Regulirung der Vorderkanten der Trittstufen.

Um sich nun über die Form des Krümmlings selbst, und dessen praktische Ausführung weiter klar zu werden, erscheint es notwendig, denselben, wie dies in Fig. 461a (S. 341) geschehen ist, „herauszutragen“: A stellt den Krümmling im Grundrisse, A' denselben im Aufrisse dar.

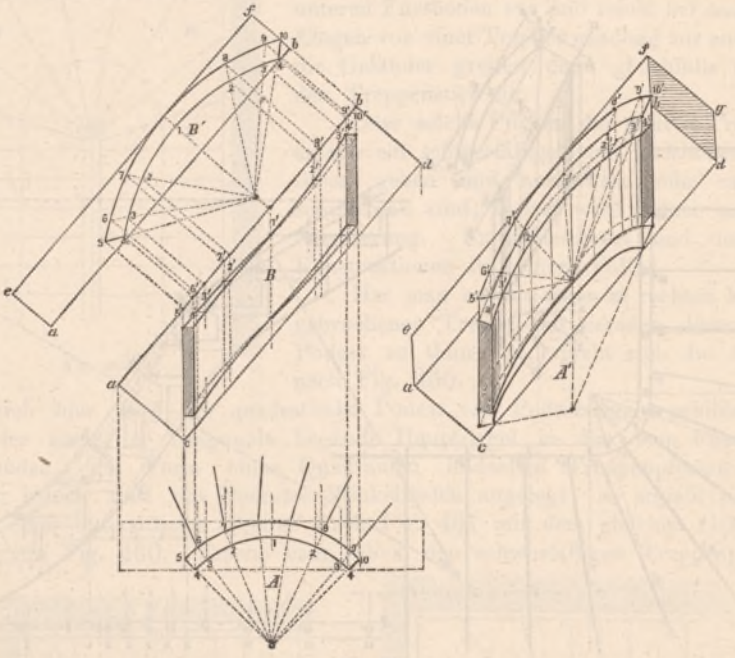


Fig. 463.

Die Form sowohl, als die Abmessungen dieses gekrümmten Wangenstücks ergeben sich, nachdem die Form der Wange in ihrer Abwickelung oder Ausstreckung genau dargestellt ist (Fig. 462b, S. 341), durch einfache Projektion, wobei die Punkte $h\,h$, $h'\,h'$ und $h''\,h''$ aus der Abwickelung nach A', der Ansicht, übertragen werden. Handelt es sich dann darum, auf welchem praktischen Wege die gekrümmte Wange aus einem geradeflächig-begrenzten Holzstücke herausgearbeitet werden muss, so ergiebt sich die Breite eines solchen Holzkörpers im Grundrisse durch die Form, welche von den Punkten *1*, *2*, *3*, *4* begrenzt ist, während dessen wirkliche Länge sich aus der Steigungslinie des Krümmlings $a\,h''\,b$ und den Begrenzungspunkten $1'\;2'\;3'\;4'$ entwickeln lässt.

Der Zusammenhang zwischen der Grundrissfigur des Krümmlings mit ihren centrirten Linien *0 7 8*, *0 6 5*, *0 9 10* und den gleich bezeichneten Linien des Verstreckungsstückes $0'\,7'\,8'$, $0'\,6'\,5'$, $0'\,9'\,10'$ ist hierbei klar zu erkennen und leicht zu begreifen.

Um das geradflächig-begrenzte Holzstück, aus welchem der Krümmling

herausgeschnitten wird, auch noch in seiner Höhe und endlich den Krümmling selbst in seiner endgültigen Gestalt zu bestimmen, ist in Fig. 463 (S. 342) eine isometrische Darstellung A' beigegeben, in welcher die Verstreckungsschablone oberhalb und unterhalb des Holzblockes aufgezeichnet ist; hiernach lässt sich das betreffende Cylindermantelstück den Massen des Grundrisses (A) und den des Aufrisses (B) entsprechend aus dem Holzblocke herausschneiden, wobei die unteren und oberen Begrenzungsflächen des gekrümmten Wangenstücks sich durch die überall gleiche Wangenbreite und deren Stichhöhen von $5'\,4'$, $6'\,3'$, $7'\,2'$, $1'$, $8'\,2'$, $9'\,3'$, $10'\,4'$ abwärts sich ergeben. Um diese Abschnitte ober- und unterhalb des Wangenstücks besser erkennen zu können, wurde die eigentliche Höhe des Holzblockes grösser angenommen, wie dies in Wirklichkeit notwendig ist.

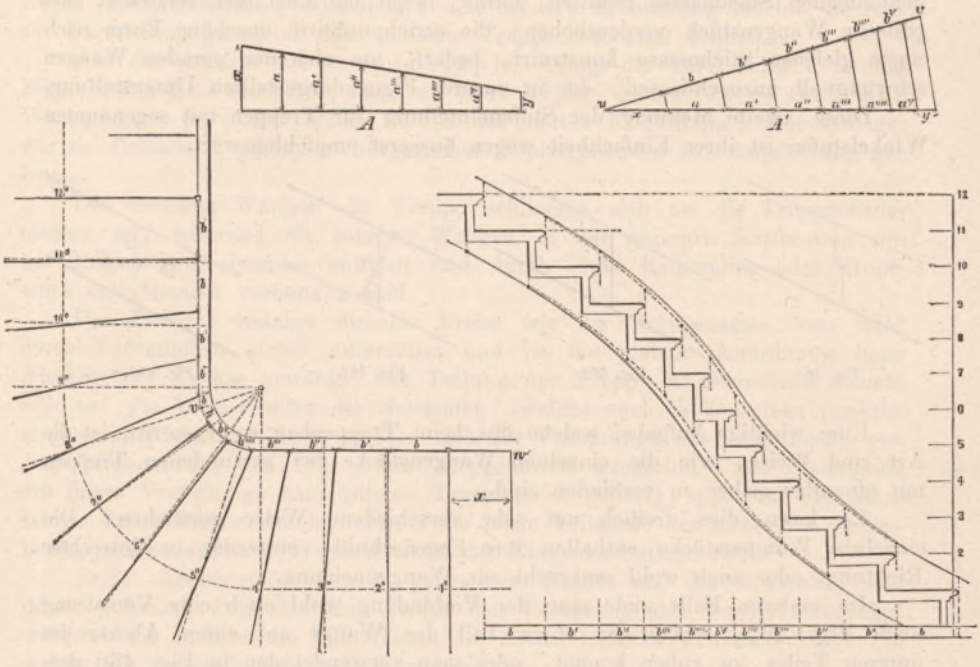


Fig. 464.

Eine andere Methode, die Stufen einer gewundenen Holztreppe so einzuteilen, dass ein zu schroffes Steigen im Krümmling vermieden wird, ist in Fig. 464 spezieller dargestellt.

Das Verfahren hierbei ist ein äusserst einfaches, in dem man sich dazu des sogenannten Verhältnisteilers bedient: eine beliebig lange horizontale Linie wird, wie dies bei A geschehen ist, in so viel gleiche Teile geteilt, als zwischen der breitesten und schmalsten Stufe sich Auftritte befinden (wir betrachten die Hälfte der von der Mitte nach oben und unten gleichmässig zunehmenden Treppenstufen). An den Endpunkten der angenommenen Linie werden dann die senkrechten Linien x und y aufgetragen, wobei x gleich der grössten Stufenbreite, y gleich der kleinsten Stufenbreite gemacht wird; werden dann die Grenzpunkte von x und y nach obenhin durch eine gerade Linie verbunden und von sämtlichen Teilungspunkten ebenfalls senkrechte Linien

errichtet, so erhält man sämtliche Tritt-Stufenbreiten an der inneren Seite des Krümmlings, Breiten, welche mit $a, a', a'' \ldots\ldots a^V$ bezeichnet sind und gleichmässig abnehmen.

Trägt man nun die Längen von $x, a, a' \ldots . a^V, y$ auf eine andere horizontale Linie bei A' auf und zieht von u aus unter beliebigem Winkel eine zweite gerade Linie uv, welche genau die Länge der Wange mit Inbegriff des betreffenden Krümmlingstückes erhält, verbindet dann v mit dem Endpunkt y' der Horizontalen, so ergeben sich für die Stufenteilung an der inneren Kante der Wange durch Parallellinien die Breiten $b, b', b'' \ldots\ldots b^V$, welche leicht in die Grundrissfigur übertragbar sind.

Dass auch bei dieser Stufeneinteilung die Wangenbreite des Krümmlings einer Korrektur bedarf, wenn sie nur mittelst eines angenommenen Stichmasses ermittelt wurde, möge das auch hier verstreckt dargestellte Wangenstück verdeutlichen; die strichpunktirte unschöne Form nach einem gleichen Stichmasse konstruirt, bedarf, um sich den geraden Wangen schwungvoll anzuschliessen, der in unserer Figur dargestellten Umgestaltung.

Diese zweite Methode der Stufeneinteilung für Treppen mit sogenannten Winkelstufen ist ihrer Einfachheit wegen äusserst empfehlenswert.

Fig. 465.

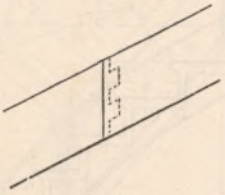


Fig. 466.

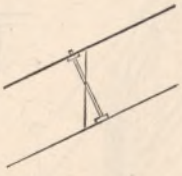


Fig. 467.

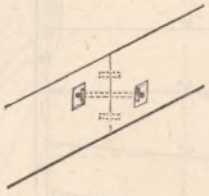


Fig. 468.

Eine wichtige Aufgabe, welche uns beim Treppenbau entgegentritt, ist die Art und Weise, wie die einzelnen Wangenstücke bei gewundenen Treppen mit einander sicher zu verbinden sind.

Es kann dies freilich auf sehr verschiedene Weise geschehen: Die einzelnen Wangenstücke enthalten ihre Fugenschnitte entweder in lotrechter Richtung, oder auch wohl senkrecht zur Wangenneigung.

Im ersteren Falle giebt man der Verbindung wohl noch eine Versatzung nach Fig. 465, wobei der obere Teil der Wange auf einen Absatz des unteren Teiles zu ruhen kommt, oder man verwendet den in Fig. 466 dargestellten doppelten Nutzapfen, wobei die Zapfen des oberen Wangenstücks in die Zapfenlöcher des unteren eingreifen. Einen weiteren Halt erhält solche Verbindung durch Anwendung verkeilter Eichenholznägel.

Lotrechte Stösse, ohne Versatzung und ohne Nutzapfen werden wohl nach Fig. 467 durch Schraubenbolzen, welche im rechten Winkel zur Wangenrichtung stehen, zusammengehalten, oder man verwendet, wie dies in Fig. 468 angedeutet ist, eiserne kurze Dübel, wobei die Wangenstücke noch durch einen nach der Längenrichtung eingezogenen Schraubenbolzen mit einander verbunden werden. Der Schraubenbolzen ist an seinen beiden Enden mit entgegengesetzt geschnittenen Gewinden versehen und lässt sich, nachdem er in die Bohrlöcher eingebracht ist, von zwei eingestemmten Seitenlöchern aus fest mittelst eines Schraubenschlüssels anziehen. Diese Schraubenlöcher, welche selbstverständlich soweit sein müssen, dass die Muttern bequem darin angezogen werden können, werden später zugespundet.

Eine sehr einfache Methode gewundene sowohl als auch gerade Wangen-

stücke mit einander energisch zu verbinden, besteht darin, dass man flache Eisenschienen auf ihre oberen und unteren Begrenzungsflächen auflegt, oder besser sie ins Holz versenkt und dann mit langen Holzschrauben verschraubt. Eine solche Verbindung wird selbstverständlich an Solidität gewinnen, wenn sie sich mit der Anordnung von Versatzungen oder Verzapfungen verbindet.

Nach diesen Erläuterungen wird es nicht schwer fallen, eine einmal gebrochene und zugleich gewundene Treppe, wie sie häufig in Wohngebäuden sehr bescheidener Art zu finden ist, in allen ihren Projektionen sowohl als auch in ihren Details korrekt darzustellen, und möge das Uebungsbeispiel auf Tafel XXXV in den Figg. 1 bis 4 hierzu dienen. Bei dem in den Figg. 3 und 4 beigegebenen Detail sind die Hauptkonstruktionspunkte für den Wangenkrümmling der besseren Orientirung wegen übereinstimmend bezeichnet; eine weitere Erläuterung möchte die hier zur Darstellung gebrachte sehr einfache Treppe entbehren können.

Als ein weiteres Uebungsbeispiel bringt die Tafel XXXV in den Figg. 1a, 2a und 3a eine zweiarmige gerade gestemmte Wangentreppe mit einem Podest auf halber Etagenhöhe; eine Anlage, wie sie vielfach in einfachen bürgerlichen Wohngebäuden zur Ausführung gelangt.

Die äusseren Wangen der Treppe schliessen sich an die Treppenhausmauern an, während die inneren Wangen in der geringen Entfernung von nur 25 cm von einander entfernt und durch einen Krümmling oder Kropfstück mit einander verbunden sind.

Der Podest, welcher dieselbe Breite wie die Treppenarme hat, wird durch Podesthölzer sicher unterstützt und ist die gleiche Anordnung beim Austritte der Treppe gewählt. Die Teilung der Treppe im Grundrisse bezieht sich auf die Vorderkanten der Setzstufen, welche auch in denselben punktirt eingezeichnet sind; hieraus ergeben sich die Vorsprünge der Trittstufen, von den Teilungslinien aus, für beide Treppenarme wechselnd. Die Podeststufe mit ihrem Vorsprunge zum unteren Treppenarme gehörig, geht auf die ganze Länge des Podestes durch, ebenso die letzte Trittstufe des zweiten Treppenlaufes, welche auf dem Wechselbalken der Etagenbalkenlage ruht.

Beide Austrittstufen, von geringerer Breite als die übrigen, sind derart geformt, dass die eine Hälfte den Vorsprung der Vorderkante zeigt, während die andere die Hinterkante der nächst höheren Trittstufe bildet, in welche die Setzstufe derselben eingelassen ist.

Der bei dieser Treppe vorhandene Krümmling wird bei seiner geringen Abmessung aus einem Stücke so ausgearbeitet, dass er mit den Wangen gleichen, senkrechten Querschnitt hat und an seiner unteren und oberen Begrenzungsfläche gleichmässig ansteigt, sodass er von der unteren in die obere Wange „ohne Bruch“ übergeht.

Auf der Antrittsstufe ist in der Mittellinie des Treppenhauses ein Hauptgeländerstiel eingesetzt, in welchen der untere gekrümmte Teil der Wange eingreift; in ähnlicher Weise schliesst sich hier auch der Geländergriff an.

Der Hauptgeländerstiel ist in seinem oberen Teile zum Träger einer Treppenlampe ausgebildet.

Ein Uebungsbeispiel für eine aufgesattelte, dreiarmig-gebrochene Treppe mit 2 Podesten ist auf der Tafel XXXVI in den Figg. 1 und 2 im Grundriss und der Ansicht, in den Figg. 3 und 4 in seinen Details dargestellt.

Die Treppe mit 3 Läufen von je 9 Stufen, wird ausschliesslich von

geraden Wangen eingefasst, welche in ihrer Fortsetzung unter den Podesten sich gegenseitig bis an die Treppenhausmauern hin verspannen; eine gleiche Verspannung zeigt auch der ebene Treppenvorplatz. Eine kräftige Unterbrechung erhalten diese Verspannungen durch 4 Hauptgeländer-Stiele oder Pilare, in welche die reich-profilirten Wangen kreuzweise in verschiedenen Bogenformen eingreifen und dieselben ähnlich wie Hängesäulen in Schwebe halten; die so geschmackvoll und sicher verspannten Wangen bilden auf diese Weise, unter Ausschluss aller Krümmlinge, das freitragende Gerüst, zur Aufnahme sämtlicher Tritt- und Setzstufen, sowie der der Podeste.

Im Grundrisse sind die freitragenden Wangen sowohl als deren Verspannungsbohlen überall einpunktirt und ist sowohl aus der Detailfigur 4, als wie auch aus der Fig. 5 zu ersehen, wie auch in formal-dekorativer Beziehung der Charakter des Verspannens sowohl, als der des Schwebens, in den betreffenden Verspannungsbohlen und den Hängesäulen ausgesprochen ist; die nach unten frei herabhängenden Pilare enden in reichen, mit Schnitzwerk versehenen Zapfen und sind von allen vier Seiten in gleicher Höhe von den hier in verschiedenen Bögen endenden Spannbohlen gestützt; das Treppengeländer erhält hierdurch einen durchaus gesicherten Halt. Die den Podesten angehörenden Pilare greifen überall durch die Antrittsstufen hindurch und sind letztere an der betreffenden Stelle mit einer entsprechenden Abrundung versehen. Während die Geländergriffe bei den Podestpilaren in deren Mitte, wie die Spannbohlen eingreifen, macht hiervon der erste Antritts-Geländer-Pfosten eine Ausnahme, indem dieser auf einer Blockstufe stehend den Handgriff seitlich an sich, durch einen Bolzen mit Rosette befestigt, aufnimmt.

Die gedrehten Geländertraillen sind derart auf den Trittstufen verteilt, dass je eine Stufe eine Traille, die jedesmal darauf folgende Stufe aber je zwei solcher Traillen auf sich aufnimmt.

Alles Uebrige möchte durch die speciell durchgebildete Darstellung einer eingehenderen Beschreibung nicht bedürfen.

Eine besondere Gruppe von Treppen, welche sich jedoch in bezug auf ihre Konstruktion nur wenig von den oben besprochenen unterscheiden, sind die sogenannten Wendeltreppen, welche in ihrer Grundrissform kreisförmig, elliptisch oder auch oval sind.

Kreisförmigen Wendeltreppen giebt man wohl bei sehr beschränkten Raumverhältnissen eine volle Spindel und es entsteht dann eine Treppenanlage, wie eine solche in der Fig. 469 (S. 348) im Grund- und Aufrisse dargestellt ist.

Eine solche Spindeltreppe gehört den unterstützten Treppen an; die auf dem Fussboden sicher aufgestellte säulenförmige Holzspindel nimmt sämtliche inneren Stufenenden in sich eingestemmt auf, sodass wir es bei einer solchen Treppe nur mit einer äusseren Wange zu thun haben.

Es liegt in der Natur der Sache, dass derartige Treppen gegen die Spindel hin oft so schmale Stufen erhalten, dass man sie höchstens mit der Fussspitze betreten kann; man sollte deshalb von vornherein für diese Breite als Minimum 9 cm wählen, dann ergeben sich aber unter Umständen für die Spindelstärke sehr grosse Durchmesser, die aber wiederum von der Stufenanzahl abhängig sein wird, welche eine solche Treppe bedarf. Nennt man diese Anzahl n, so ergiebt sich für die Peripherie der Spindel $9\,n$ cm und für ihren Durchmesser $d = \frac{9\,n}{\pi} = \frac{9}{3{,}14} \,.\, n = 2{,}86\,n$; wäre z. B. $n = 12$, so hätte man $d = 12 \,.\, 2{,}86 = 34{,}32$ cm.

Hat eine solche Treppe mehr als einen Umlauf bis zu ihrem Austritte, so muss die Anzahl n der Aufstrittsstufen in einem Umlauf, multiplizirt mit der Grösse der Steigung s, eine Höhe h von nahezu 2,50 geben, damit man ohne anzustossen unter den Stufen hinweggehen kann. Ist daher der Durchmesser des in der Mitte der Treppe gedachten Kreises, auf welchem die Einteilung der Stufen vorgenommen wird $= D$ gegeben, so muss

$D\pi = n\,a$ sein; wobei a die Grösse des Auftritts bezeichnet,

d. h. $a = \frac{D\pi}{n}$, wobei $n = \frac{h}{s}$ ist;

hierbei fragt es sich dann, ob a noch eine solche Grösse hat, dass die Treppe nicht zu unbequem wird d. h. ob a nicht zu viel von der Grösse 60 cm $- 2\,s$ abweicht. Ist andererseits a gegeben, so findet sich $D = \frac{n\,a}{\pi}$

Das Darstellen der äusseren Wange und der inneren Spindel mit ihren eingestemmten Vertiefungen zur Aufnahme der Stufen erfolgt aus dem Grundrisse unter Berücksichtigung der Steigungshöhen und der Anordnung von Tritt- und Setzstufen, welche möglichst genau in den Grundriss einzutragen sind; kurz und gut — wir haben es dabei mit einer ziemlich einfachen Aufgabe aus der darstellenden Geometrie zu thun.

Schliessen sich die Umfassungen des Treppenraumes den äusseren Wangen unmittelbar an, so werden die letzteren mittelst Bankstiften an die betreffenden Mauern befestigt; soll die Treppe dagegen frei, von Wänden nicht umschlossen, dastehen, so lässt man die Wange entweder durch einzelne Stützen tragen, oder man verbindet wohl die äussere Wange mit der Spindel durch runde eiserne Zugbänder, welche dann selbstverständlich unmittelbar unter eine der Trittstufen zu liegen kommen.

Haben die Treppen einen bedeutenden Durchmesser, so unterlegt man die äussere Wange auf ihrer Unterkante wohl mit einer kräftigen eisernen Schiene und befestigt dieselbe mittelst Schrauben.

Auf welche Weise die Wangen für Wendeltreppen praktisch ausgeführt werden, soll weiter unten Besprechung finden, immerhin sei hier schon bemerkt, dass deren Herstellung mit vielfachen Schwierigkeiten verknüpft ist, welchen man lieber aus dem Wege geht.

In den meisten Fällen spielen übrigens die Spindeltreppen auch eine sehr untergeordnete Rolle, und möchte es im allgemeinen angezeigt sein, sie entweder aus Stein herzustellen *), oder in der Art, dass an einer senkrecht aufgestellten Eisenstange unter Anwendung von Zwischenstücken die einzelnen Trittbohlen aufgereiht werden, wie dies die nebenstehende Fig. 470 (S. 348) näher erläutert.

Bei dieser höchst einfachen Anordnung fallen die äusseren Wangen ganz fort und finden die Trittbohlen ihre Unterstützung unmittelbar in der Treppenhausmauer. Um solche Holztreppen jedoch vor dem Verstocken zu schützen, ist es absolut notwendig, in den Treppenraum einen kräftigen Zug und das nötige Licht zu beschaffen; in den meisten Fällen wird es geraten sein, für die Trittbohlen das widerstandsfähigere Eichenholz zu wählen.

Liegen Spindeltreppen in ganz dunklen Räumen, wie dies oft bei alten Bauten der Fall ist, so bringt man entweder an der Umfassungswand einen Hand-

*) Siehe I. Band Steinkonstruktion. S. 279.

griff an, welcher mit eisernen Haken befestigt ist, oder man befestigt an der Spindel selbst ein starkes Seil, welches dann die Dienste eines Treppenhandgriffs zu versehen hat.

Für grössere kreisrunde Treppenhaus-Räume ergeben sich die oft sehr effektreichen Wendeltreppen mit hohler Spindel, bei welchen unter Umständen die Beleuchtung der ganzen Treppenanlage durch Oberlicht erfolgen kann.

Von der Grösse des inneren Wangendurchmessers wird es abhängen, ob die Trittstufen sich wenig gegen die Spindelöffnung verjüngen, und dann leichter zu begehen sind.

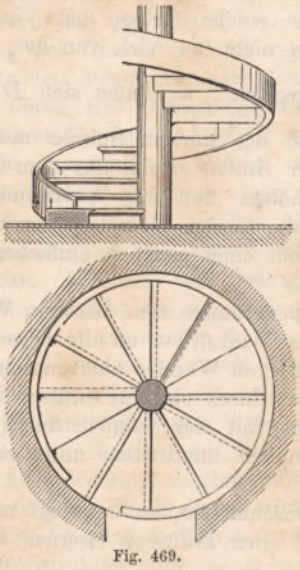


Fig. 469.

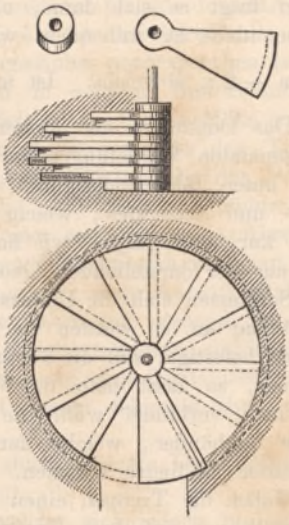


Fig. 470.

Sämtliche Trittstufen bei kreisrunder Grundform der Treppe erhalten einerlei Grösse und sind im Grundrisse deren Normalmasse für den Auftritt auf der sogenannten Trittlinie (der Mitte der Stufen) aufzutragen; besondere Schwierigkeiten, solche Treppen auszuführen liegen nicht vor, nachdem schon darauf hingewiesen wurde, nach welchen Methoden gekrümmte Wangenstücke darzustellen und praktisch auszuführen sind.

Wendeltreppen mit hohler Spindel lassen sich auch eben so gut als gestemmte Treppen mit eingeschobenen Tritt- und Setzstufen konstruiren, wie auch als solche mit aufgesattelten Stufen; ebenso können beide Kategorien mit und ohne Podest versehen werden.

Bei kreisrunder Grundform ist stets eine schickliche Grösse der die Wangen bildenden einzelnen Krümmlinge zu wählen; am vorteilhaftesten macht man dieselben alle gleich gross, weil dann die für einen Krümmling gezeichnete Schablone auch für alle anderen brauchbar ist.

Etwas grössere Schwierigkeiten ergeben sich bei den Wendeltreppen mit elliptischer Grundform; um diese kennen zu lernen, bringt Tafel XXXVI in den Figg. 6 und 7 eine solche Treppenanlage mit aufgesattelten Stufen auf der inneren Wange und mit eingelassenen Stufen an der äusseren (abgetreppten) Wange.

Fig. 6 zeigt die elliptische Grundrissform mit den Konstruktionspunkten $a\,a$ und $a'\,a'$; die normale Breite der Trittstufen ist auf der mittleren einpunktirten Trittlinie aufgetragen und sind sämtliche Trittstufen sowohl an der inneren, wie auch an der äusseren Wange gleich breit, wodurch sich für die Wangen sowohl, als auch für das Treppengeländer ein gleichmässiges Aufsteigen ergiebt.

Die Aufgabe für die praktische Ausführung einer solchen Treppe erfordert ein sehr sorgsames Heraustragen, Ausarbeiten und Zusammenfügen der einzelnen inneren sowohl, wie der äusseren Wangenstücke; eine Arbeit, welche wir speziell als eine ziemlich umständliche bei der Besprechung der gewundenen Treppen kennen gelernt haben. Auch wurde bereits darauf aufmerksam gemacht, in welcher Weise man die einzelnen Wangenstücke am erfolgreichsten mit einander verbindet.

Freitragende Wendeltreppen mit verhältnismässig grossen Dimensionen gewähren nur dann vollständige Sicherheit, wenn sie mit grösster Präcision und aus dem besten ausgetrockneten Holze hergestellt sind: ist dies nicht der Fall und schwindet das Holz — wenn auch nur in geringem Grade — so bilden sich überall zwischen den zusammengestossenen Krümmlingen klaffende Fugen, die beim Begehen der Treppe ein „Knartzen", ja unter Umständen sogar Schwankungen bemerken lassen und so in hohem Grade ein Gefühl der Unsicherheit in uns wachrufen!

Deshalb verwendet man zur Erlangung grösstmöglichster Tragfähigkeit eiserne Geländerstäbe, welche die mit einer Unterlagschiene versehene Wange durchdringen und mit ihr fest verschraubt sind; diesen Geländerstäben giebt man dann eine andere eiserne kräftige Schiene, welche später in die Unterfläche des Handgriffes eingelassen wird, als Unterlage und werden Stäbe und Schienen fest mit einander verbunden, so dass das ganze Geländer eine Art Traggitter bildet. Eine weitere Verfestigung wird man endlich erlangen, wenn beide Wangen, die äussere und die innere mehrfach durch runde Zuganker mit einander verbunden und verschraubt werden. Lehnt sich die äussere Wange an eine Treppenhausmauer direkt an — wie dies sehr häufig der Fall ist — so bedient man sich zu deren Befestigung der sogenannten Treppenhaken.

In neuester Zeit hat man vielfach versucht, die gewundenen Wangen von Wendeltreppen durch eine grössere Anzahl dünner, biegungsfähiger Bretter herzustellen, die gegenseitig aufeinander verkittet und mit einander vernagelt werden; die entweder aus einem oder nur aus ein paar Stücken bestehenden Wangen lassen sich leicht zur Aufnahme sowohl von gestemmten, als auch von aufgesattelten Treppenstufen herrichten. Um den Wangen ein elegantes Aussehen zu geben, werden sie furnirt, wobei selbstverständlich die weitere Ausstattung durch reiche Profilirungen nicht ausgeschlossen ist.*)

Noch möge erwähnt werden, dass in unserem Uebungsbeispiele die äussere Wange den Trittstufen entsprechend stufenweise ausgeschnitten ist und über die Stufen hervorragt; es möchte diese Anordnung, welche eine Kehlung leicht zulässt, entschieden einem aus vielen Stücken auf die Gehrung zusammengesetzten „Panel" weit vorzuziehen sein, obwohl durch diese Anordnung eine Wange von sehr bedeutender Höhendimension beschafft werden muss.

---

*) Eine Maschine zum Furniren gekehlter Holzleisten, siehe Dinglers polytechn. Journal 1881. S. 345.

Die Geländertraillen, welche in unserer Atlastafel nur in einfachen Linien angedeutet und deren Anordnung im Grundrisse einpunktirt wurden, sind seitlich an die Wangen angeschraubt gedacht.

Dem Podeste ist durch Stichbalken eine durchaus gesicherte Lage gegeben; im Innern des Treppenhauses sind diese Stichbalken mit einem der Wange entsprechenden Bogenstück verkleidet und besitzt der sich hier befindende Geländergriff selbstverständlich eine horizontale Lage.

Anhang.

Eine gewundene Treppe aus geraden Stücken bestehend.

Die Ausführung von gewundenen hölzernen Treppen spielte in früherer Zeit eine hervorragende Rolle; alle älteren Werke über die Zimmermannskunst behandeln dem entsprechend den Treppenbau in umfangreichem Grade und verweisen wir in dieser Beziehung besonders auf Emys Lehrbuch der gesamten Zimmermannskunst, in welchem die Darstellung aller möglichen steigenden Treppen-Kurven und deren praktische Ausführung sehr eingehend besprochen sind.

Eine besondere Aufmerksamkeit verwendete man auch auf die Formengebung der Wangenschnecken mit bezug auf die Antrittsstufe; letztere wurde gewöhnlich aus Marmor oder Granit ausgeführt, besonders dann, wenn der Treppenvorplatz und das Treppenhaus mit Steinplatten belegt waren. Diese erste Stufe, auf welcher sich die ganze Treppe aufbaute, hatte auch die Treppenschnecke, aus welcher sich der Anfang der Wangen mit „Anmut“ herausentwickelte, aufzunehmen. Eine fortlaufende Spirale, entweder die logarithmische oder die archimedische oder die epicycloïdische wurde am liebsten für die Treppenschnecke gewählt und verfuhr man dabei am häufigsten so wie bei der Darstellung der Schneckenkonstruktion des jonischen Säulenkapitäls.

Auch Rondelet theilt solche Verfahren, „die Voluten oder Schnörkel der Wangen auf die erste Stufe zu verzeichnen mit, und erläutert unter anderem ein Beispiel, worin die Volute mit einer Antrittsstufe in Verbindung tritt und derem Umlaufe folgt, sodass drei Spiralen, zwei, welche die Kanten der Wangen bestimmen, und eine für die Stufe, entstehen.“ Eine solche Anordnung ist eine ziemlich komplizirte, da es nicht genügt, dass eine solche Treppenvolute im Grundrisse einen gefälligen Umlauf bildet, sie muss auch — wie Rondelet sagt — im Aufrisse tadellos schön erscheinen und lässt sich dies nur erreichen, wenn man deren Kanten „verstreckt“. Eine derartige Behandlung des Holzes entspricht jedoch mehr dem Steinschnitte und erfordern solche Treppenantritte sehr viel Raum, Material und Arbeit; sie sind dem entsprechend wenig nachahmenswert und verweisen wir auf die Rondeletsche Darstellung auf Tafel XCV seines Atlasses,*) welche übrigens auch in andere neuere Baukonstruktionswerke übergegangen ist.

Viele möglichen und unmöglichen Treppendispositionen, wie solche: in *S*-Form, zwischen Säulen auf Crémaillièren (aufgesattelten Wangen), konische oder trichterförmig aufsteigende Treppen mit spiralen Crémaillièren, Treppen mit Wangen, welche von einem flaschenförmigen (!) Treppenhause

*) Traité de l'art de bâtir, livre Ve, II. Section, capitre 2e.

umschlossen sind, endlich herzförmig (!) gestaltete Treppen und zwar in den verschiedensten Variationen bringt in reichster Fülle: M. Aubineau in seiner Traité complet et pratique de la construction des escaliers en charpente 1853 mit Atlas in Gross-Folio mit 51 verschiedenen Treppenentwürfen und den dazu nöthigen Details.

Unter den deutschen älteren Werken zeichnet sich die Treppenbaukunst von C. H. Stövesand aus, weiland Lehrer der Kunst- und Gewerbeschule an der Akademie der bildenden Künste in Berlin; in diesem praktisch-theoretischen Handbuche findet man neben den gegenwärtig noch üblichen Treppenanlagen ebenfalls vielfache Künsteleien, welche aufs sorgfältigste dargestellt und besonders für den praktischen Zimmermann berechnet sind, um ihn in der exakten Ausführung selbst der schwierigsten Probleme zu unterrichten. Wir beschränken uns auch bei Erwähnung dieser Arbeit nur auf die Bemerkung, dass die gegenwärtige Zeit wohl kaum mehr in die Lage kommen möchte, die früheren Kuriositäten im Treppenbaue wieder aufzuwärmen; immerhin müssen wir die Leistungen anerkennen, zu welchen sich das frühere für seine Zunft begeisterte Handwerk aufgeschwungen hatte und möchte es unter den gegenwärtigen Gewerksverhältnissen nahezu unmöglich sein von unsern Zimmerleuten Arbeiten zu erhalten, welche eine so umfassende Routine im „Aufreissen“ und im Ausführen benöthigten. Andererseits erforderten die in der Zopfzeit zur Mode gewordenen Treppenanlagen einen grossen Aufwand von Raum, Material und Arbeit.

Es erscheint dem entsprechend ratsam künstlich- und kapriziös gewundene Treppen, so viel wie möglich, aus dem Bereich der gegenwärtigen Holzkonstruktionen zu verbannen, umsomehr da ein grosser Teil der dazu notwendigen Arbeiten doch strenggenommen der Lehre vom Steinschnitt angehört, welche dem Holzmaterial gezwungen angepasst wurde. Selbst bei aufmerksamster praktischer Ausführung werden übrigens gewundene Holztreppen nur selten die gewünschte Festigkeit erhalten, da das nie ganz zu vermeidende und ungleiche Schwinden der vielfach überschnittenen Holzfasern sämtliche Fugen alterirt, wodurch auch beim Frequentiren solcher Treppen ein unangenehmes Knartzen sich hören lässt, und es wohl nachträglich notwendig wird, die gelockerten, klaffenden Fugen „auszuspänen“.

Bei Wendeltreppen mit nicht bedeutendem Durchmesser stellt man in neuerer Zeit die Wangen wohl aus dünnen biegsamen Brettern her, welche mittelst eines primitiv hergestellten cylinderförmigen Gerüstes der offenen Treppenspindel bez. des Treppenraumes auf einander verleimt oder verkittet werden; die so hergestellten aus gewöhnlichen Tannenbrettern angefertigten Treppenwangen werden an ihren sichtbaren Stellen dann erst mit besseren Holzarten furnirt.

Bei grossen Dimensionen würde jedoch eine ähnliche Konstruktion, die gewundenen Wangen aus einem einzigen Stücke herzustellen, der Ausführung unüberwindliche Schwierigkeiten entgegensetzen und tritt dann an den Konstrukteur wohl die Frage, wie allenfalls das schon mehrfach aufgeworfene Problem: eine Wendeltreppe aus lauter geraden Stücken zu konstruiren, zu lösen sein möchte.

Die nebenstehenden Figuren mögen die betreffende Lösung, zu welcher der Verfasser dieses Buches durch eigentümliche Bauverhältnisse förmlich gezwungen wurde, erläutern.

Bei dem Umbau eines Schlosses auf dem Lande, dessen halbrunder Treppenraum gegeben war, musste die bisher im Gebrauche befindliche massive

Steintreppe wegen bedenklicher Senkungen entfernt werden. Das Schlossgebäude, rings umschlossen von einem tiefen breiten Wassergraben, war ziemlich leichtfertig auf Pfahlrost gebaut und lag es dementsprechend nahe, die neue Treppe leichter und zwar aus dem in den nahen Forsten vorhandenen schönen Eichenholze herzustellen. Ferner wurde von dem gräflichen Bauherrn der Wunsch ausgesprochen, zu allen auszuführenden Holzarbeiten die am Orte vorhandenen, für gewöhnliche Arbeiten hinreichend befähigten Dorfzimmerleute zu verwenden.

Fig. 471.

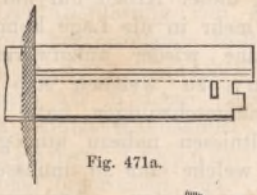


Fig. 471a.

Diese letzte Bedingung spitzte sich im Verlaufe der Restaurations-Arbeiten derartig zu, dass jede aussergewöhnliche Anforderung an die Leistungsfähigkeit dieser Arbeiter ausgeschlossen schien und war es geradezu unmöglich, den ungeschulten Zimmerleuten nur einigermassen einen Begriff von der Ausführung einer Wendeltreppe mit gewundenen Wangen beizubringen.

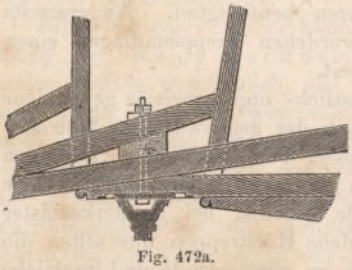


Fig. 472a.

In dieser Notlage entstand die nun näher zu besprechende Konstruktion, welche im wesentlichen nur aus drei sich stets wiederholenden Schablonen besteht. Zur Herstellung der inneren gewundenen Wange dient die dreistufige, in der Fig. 471 im Grundriss und Aufriss dargestellte Brett-Schablone; dieselbe ist in ihrem unteren Teile etwas keilförmig zugeschnitten und mit einem Rundstäbchen, der Detailzeichnung in Fig. 472a und b entsprechend, versehen. Für die Setz- oder Futterstufen wird die Schablone verwendet, welche die doppelte Höhe der gewöhnlichen Futterstufen besitzt und in Fig. 471a dargestellt ist.

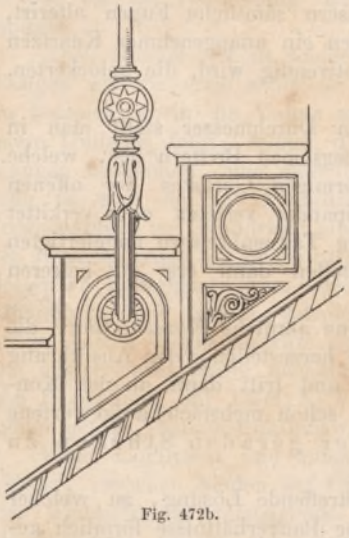


Fig. 472b.

Beide Schablonen greifen nur abwechselungsweise mit Zapfen, Federn und Nut so in einander ein, dass jede der aufgesattelten und profilirten Trittstufen seitlich dreifach durch die zusammengesetzten Wangenschablonen und an ihrer Vorderkante durch die Setzstufe gestützt ist.

Die in einem spitzen Winkel (hier von 8^0) sich von einander entfernenden dreistufigen Wangenstücken werden noch, wie dies in den Figg. 472a und 473 deutlich zu erkennen ist, durch zwischengelegte Eichenklötzchen und eiserne Bolzen fest mit einander verschraubt und dienen die hier verwendeten Schrauben nicht allein dazu, ein allenfallsiges Nachziehen, wenn ein Schwinden der Brettstücken erfolgt sein sollte, zu ermöglichen, sondern

auch zur Befestigung der seitwärts an die Treppenwange angebrachten eisernen Geländerstäbe.

In Figur 473a ist ein Stück des Aufrisses, der Grundrissfigur von 473

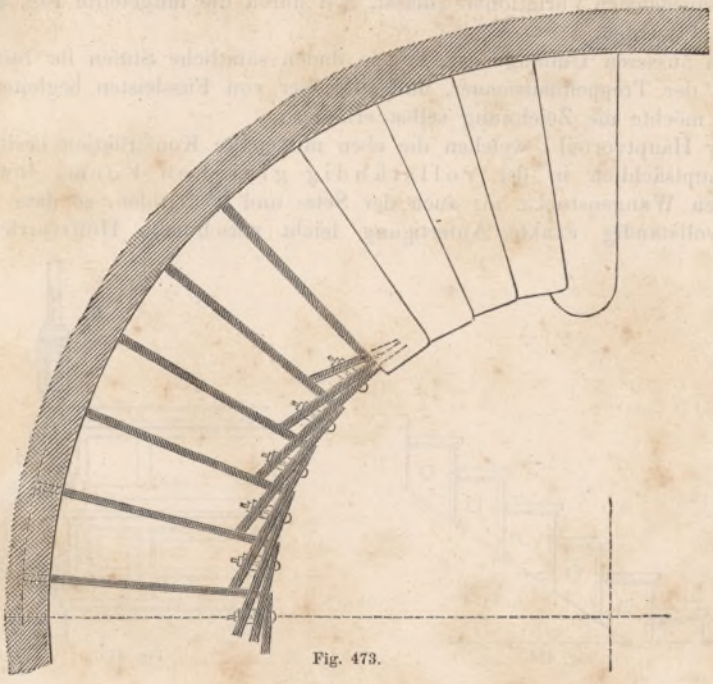


Fig. 473.

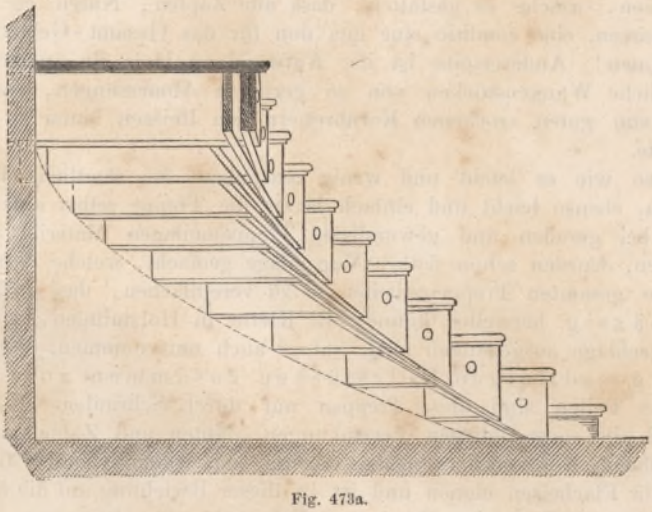


Fig. 473a.

entsprechend, dargestellt, während die Figur 474 ein Stück der inneren Wange in ausgestreckter Lage zeigt.

Die Unteransicht der Treppe lässt sich am einfachsten mit einer Weissdecke versehen, wobei sich die scheinbar aus einem Stücke hergestellte ge-

wundene Wange nach unten mit einer Ziergliederung (allenfalls unter Verwendung eines gedrehten Rundstabes) abschliessen lässt.

Dass eine weitere dekorative Ausstattung bei solcher Treppenkonstruktion die verschiedensten Variationen zulässt, soll durch die mitgeteilte Fig. 475 nur angedeutet werden.

Am äusseren Umfange der Treppe finden sämtliche Stufen ihr festes Auflager in der Treppenhausmauer, und sind hier von Fussleisten begleitet; alles Uebrige möchte die Zeichnung selbst erläutern.

Der Hauptvorteil, welchen die eben mitgeteilte Konstruktion besitzt, besteht hauptsächlich in der vollständig gleichen Form, sowohl der sämtlichen Wangenstücke, als auch der Setz- und Trittstufen, so dass sich für deren vollständig exakte Anfertigung leicht maschinelle Hülfsvorrichtungen

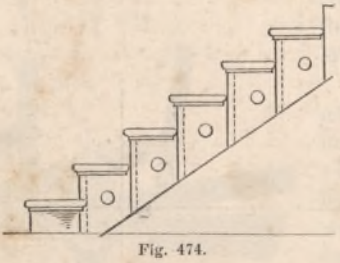


Fig. 474.

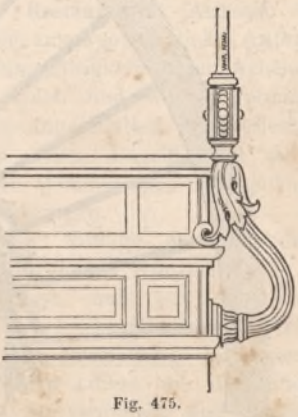


Fig. 475.

treffen lassen, welche es gestatten, dass alle Zapfen, Nuten etc. genau in einander passen, eine conditio sine qua non für das Gesamt-Gebiet der Holzkonstruktionen! Andererseits ist der Aufwand an Holz ein äusserst geringer und sämtliche Wangenstücken von so geringen Abmessungen, dass bei Verwendung von guten trockenen Kernbrettern ein Reissen kaum zu befürchten sein möchte.

Ebenso wie es leicht und wenig zeitraubend ist, sämtliche Treppenteile zuzurichten, ebenso leicht und einfach ist es die Treppe selbst aufzustellen.

Um bei geraden und gewundenen Treppenanlagen Material und Arbeit zu ersparen, wurden schon früher Vorschläge gemacht, welche darauf hinausgingen, die gesamten Treppenarbeiten so zu vereinfachen, dass man dieselben fabrikmässig herstellen könne; R. Klette in Holzminden, von welchem solche Vorschläge ausgegangen sind, hat es auch unternommen, Wendeltreppen aus nur geradlinigen Holzstücken zusammen zu setzen; in allen ihren Teilen sind diese Treppen nur durch Schrauben zusammen gehalten und alle sonst üblichen Verzinkungen, Nuten und Zapfen vermieden.*) Die betreffende Konstruktionsangabe möchte sich jedoch weniger für Holz als vielmehr für Flacheisen eignen und ist in dieser Beziehung auf die Mitteilungen zu verweisen, welche in Rombergs Zeitschrift für Bauwesen 1855 von A. Becker gemacht worden sind.

*) Zeitschrift für Handwerker 1864. S. 159 mit Zeichnungen.

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

Wojewódzka Biblioteka Publiczna w Opolu Zbiory Śląskie

Wojewódzka Biblioteka
Publiczna w Opolu
21735 Ś
001-021735-00-0