

Nach der Art und Weise, wie die Dachbinder unterstützt sind, lassen sich die Dächer unterscheiden als:

409.  
Classification.

1) Balkendächer oder Dächer, deren Binder bei verticalen Belastungen nur verticale Auflager-Reactionen erleiden (Fig. 227);

Fig. 227.

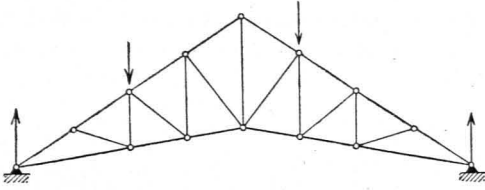
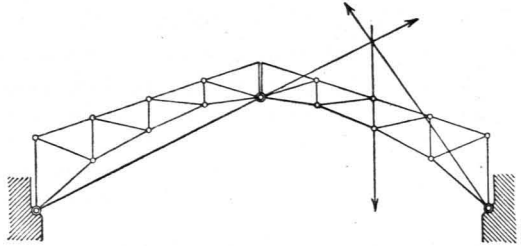


Fig. 228.

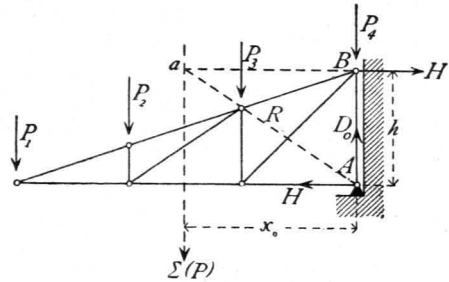


2) Sprengwerkdächer oder Dächer, deren Binder selbst bei nur verticalen Belastungen schiefe Auflager-Reactionen erhalten (Fig. 228), und

3) Console-Dächer oder Dächer, auf deren Binder an den Unterstützungsstellen eine Auflager-Reaction und ein Moment wirkt (Fig. 229).

Es sollen im Vorliegenden nur diejenigen Dachbinder behandelt werden, deren Construction eine genaue Berechnung gestattet, also einmal nur solche mit nicht mehr als zwei Auflagern, sodann von diesen nur jene, welche ohne Rückficht auf den Biegungswiderstand der Verbindungsstellen auch für einseitige und schiefe Belastungen stabil sind. Nicht stabil sind ohne Rückficht auf den erwähnten Biegungswiderstand die Dächer mit liegendem Dachstuhl und die sog. Hängewerksdächer mit zwei Hängefäulen, falls, wie gewöhnlich, die Diagonale im Mittelfelde fehlt: Verzichtet man bei letzteren auf die Annahme verschieden belasteter Dachflächen, so kann die Berechnung genau so durchgeführt werden, wie in Art. 404, S. 371 für den Trapezträger gezeigt ist. \*

Fig. 229.



## 1. Kapitel.

### Belastungen und Auflager-Reactionen.

Im vorliegenden Kapitel sollen die Belastungen, welche auf die Dachstühle wirken, und die durch diese Belastungen erzeugten Auflager-Reactionen aufgefucht werden, während in den drei folgenden Kapiteln die inneren Spannungen in den Dachbindern ermittelt werden sollen.

#### a) Belastungen.

Als Belastungen der Dächer treten hauptsächlich auf: 1) das Eigengewicht des Daches, 2) die Belastung durch Schneedruck und 3) die Belastung durch Winddruck; die sonst etwa vorkommenden Belastungen durch Menschen etc. können als unbedeutend außer Acht gelassen werden.

#### 1) Eigengewicht.

Die Eigengewichte der Dächer setzen sich zusammen aus dem Gewichte der Dachdeckung nebst Zubehör, dem Gewichte der Pfetten, Sparren, des Windver-

410.  
Eigengewicht.

bandes etc. und aus dem Gewichte der Binder. Der erste Factor ist beim Beginn der Berechnung pro Flächeneinheit schräger Dachfläche ziemlich genau bekannt und von der Weite des Daches unabhängig; auch der zweite Factor ist, wenn die Binderentfernung einigermaßen fest steht, leicht zu ermitteln.

Der dritte Factor ist vorläufig unbekannt, kann aber nach ausgeführten, ähnlichen Constructionen geschätzt und demnach vorläufig angenommen werden; derselbe ist übrigens den beiden ersten Factoren gegenüber meistens gering.

Für die erste Berechnung kann man die nachfolgenden vorläufigen Annahmen über das Eigengewicht der Dächer<sup>168)</sup> machen; eine nachherige Gewichtsrechnung muß ergeben, ob diese Annahmen entsprechend waren oder ob eine zweite Rechnung durchzuführen ist.

Eigengewichte  $\gamma$  der Dächer  
pro 1<sup>qm</sup> schräger Dachfläche (in Kilogr.).

α) Holzdächer.		β) Metaldächer.	
Art des Daches	Mittl. Gewicht	Art des Daches	Mittl. Gewicht
Einfaches Ziegeldach . . . . .	102	Aspfaltdach mit Fliesenunterlage . . . . .	102
Doppel- u. Kronenziegeldach . . . . .	127	Steinappendach . . . . .	30
Falzziegeldach . . . . .	72	Rohr- und Strohdach ohne Lehm . . . . .	61
Gewöhnliches Schieferdach . . . . .	76	Rohr- und Strohdach mit Lehm . . . . .	76
Dornfches Leimdach . . . . .	61 bis 76	Zink- u. Eifenblechdach auf Holzschalung . . . . .	41
Holzementdach . . . . .	164		
Aspfaltdach mit Lehmunterlage . . . . .	61 bis 76	Schiefer auf Winkeleifen	45
		Ebenes Eifenblech auf Winkeleifen . . . . .	25
		Eifenwellenblech auf Winkeleifen . . . . .	22
		Ebenes Zinkblech auf Schalung u. Profileifen . . . . .	48
		Zinkwellenblech auf Winkeleifen . . . . .	15
		Glas auf Winkel-, bezw. Sproffeneifen . . . . .	50

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle enthalten die Eigengewichte der Dachbinder noch nicht, sondern nur die Gewichte der Deckmaterialien einchl. Hilfsmaterial, der Lattung, bezw. Schalung, der Sparren und der Pfetten.

Für die Dachbinder können folgende Gewichtsannahmen gemacht werden:

1) Holzdächer (pro 1<sup>qm</sup> schräger Dachfläche):

- a) Dachbinder, stehende oder liegende, mit allem Zubehör an Holztheilen, bei Spannweiten von 7,5 bis 15 m . . . . . 7 bis 13 kg
- b) einfache Hängeböcke, desgl., bei Spannweiten von 10 bis 18 m . . . . . 12 » 18 kg
- c) combinirte Spreng- und Hängeböcke, desgl., bei Spannweiten von etwa 20 m . . . . . 20 » 24 kg
- d) frei tragende Dachbinder verschiedener Constructionsformen, desgl., bei 10 bis 18 m Spannweite . . . . . 20 » 30 kg

2) Eifendächer (pro 1<sup>qm</sup> Horizontalprojection der Dachfläche):

- bei leicht construirten Dachstützen . . . . . 14 » 20 kg
- bei schwer construirten Dachstützen . . . . . 20 » 30 kg

Da es oft bequemer ist, die Belastungen aus der überdeckten Grundfläche statt aus der schrägen Dachfläche zu ermitteln, so sind in der folgenden Tabelle die Eigengewichte  $g$  der Dächer ausschließlich des Gewichtes der Dachbinder pro 1<sup>qm</sup> Horizontalprojection der Dachfläche, und zwar für die verschiedenen vorkommenden Dachneigungen ( $h$  bezeichnet die Höhe,  $L$  die Stützweite des Daches) angegeben.

<sup>168)</sup> Nach: Deutsches Bauhandbuch. Bd. I. Berlin 1879. S. 229. Bd. II. Berlin 1880. S. 127.

Heinzerling, F. Der Eifen-Hochbau der Gegenwart. Aachen 1876—78. Heft I. S. 9.

Tetmajer, L. Die äußeren und inneren Kräfte an statisch bestimmten Brücken- und Dachstuhlconstructions. Zürich 1875. S. 8.

Eigengewichte der Dächer, ausschliesslich Dachbinder,  
pro 1<sup>qm</sup> Horizontalprojection der Dachfläche (in Kilogr.)

Art des Daches:	$\frac{h}{L} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
		<b>a) Holzdächer.</b>								
Einfaches Ziegeldach . . . . .	144	122	114	—	—	—	—	—	—	—
Doppel- und Kronenziegeldach . . . . .	180	152	142	—	—	—	—	—	—	—
Falzziegeldach . . . . .	102	87	81	77	76	75	74	—	—	—
Gewöhnliches Schieferdach . . . . .	108	91	85	82	—	—	—	—	—	—
Afphaltdach mit Lehmunterlage . . . . .	106	91	84	81	79	78	77	77	77	77
» » Fliesenunterlage . . . . .	144	122	114	110	107	106	105	104	104	104
Steinpappdach . . . . .	42	36	34	32	32	31	31	31	31	30
Zink- und Eifenblechdach auf Holzschalung . . . . .	58	49	46	44	43	42	42	42	42	42
<b>β) Metalldächer.</b>										
Schiefer auf Winkeleifen . . . . .	64	54	50	48	—	—	—	—	—	—
Ebenes Eifenblech auf Winkeleifen . . . . .	35	30	28	27	26	26	26	26	26	26
Eifenwellenblech auf Winkeleifen . . . . .	31	26	25	24	23	23	23	23	23	22
Ebenes Zinkblech auf Schalung und Profileifen . . . . .	68	58	54	52	51	50	49	49	49	49
Zinkwellenblech auf Winkeleifen . . . . .	21	18	17	16	16	16	15	15	15	15
Glas auf Winkel-, bezw. Sproffeneifen . . . . .	71	60	56	54	—	—	—	—	—	—

Beim Holzcementdach hat das Dach eine so geringe Neigung (etwa 1 : 20), dass man als Belastung pro 1<sup>qm</sup> Horizontalprojection der Dachfläche unbedenklich den Werth der Tabelle auf S. 376, d. i. 164 kg annehmen kann.

2) Schneedruck.

Als grösste Schneehöhe, welche ungünstigsten Falles in unserem Klima fällt, ohne dass mittlerweile eine Beseitigung des gefallenen Schnees möglich ist, kann man etwa 0,6 m annehmen; das specifische Gewicht des Schnees beträgt circa 0,125; mithin ist das Maximalgewicht der Schneelast pro 1<sup>qm</sup> der Horizontalprojection (Fig. 230) 0,125 · 0,6 · 1000 = 75<sup>kg</sup>. Diese Last kommt auf  $\overline{ab}$  Quadratmeter der Dachfläche; da  $\overline{ab} = \frac{1}{\cos \alpha}$  ist, so kommt auf 1<sup>qm</sup> der schrägen Dachfläche eine Schneelast

411.  
Schneedruck.

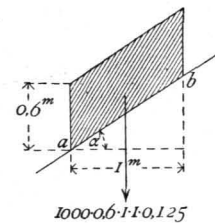


Fig. 230.

$$\sigma = \frac{75}{\overline{ab}} = 75 \cos \alpha \quad . . . \quad 271.$$

Für die verschiedenen Verhältnisse der Firthehöhe  $h$  zur Stützweite  $L$  ergeben sich demnach die in folgender Tabelle zusammengestellten

Maximal-Belastungen  $\sigma$  durch Schneedruck  
pro 1<sup>qm</sup> schräger Dachfläche.

Für $\frac{h}{L} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
$\alpha =$	45°	33° 41'	26° 40'	21° 50'	18° 25'	16°	14°	12° 30'	11° 20'
$\sigma =$	53	62	67	70	71	72	73	73	73 Kilogr.

Für 1<sup>qm</sup> Horizontalprojection der Dachfläche beträgt die ungünstigste Schneebelastung 75<sup>kg</sup>.

3) Winddruck.

412.  
Winddruck.

Die GröÙe des Winddruckes pro 1<sup>qm</sup> der normal zur Windrichtung stehenden Ebene ist dem Quadrate der Geschwindigkeit des Windes proportional. Wird der Winddruck mit  $P$  bezeichnet, die normal getroffene Fläche mit  $F$  und die Geschwindigkeit des Windes pro Secunde mit  $V$  (in Metern), so ist nach *d' Aubuiffon* <sup>169)</sup>

$$P = 0,11 \cdot 1,231 F^{1,1} V^2 \text{ Kilogr.}$$

Für gewöhnliche Verhältnisse wird es genügen,  $F$  in der ersten Potenz einzuführen. Der Druck pro 1<sup>qm</sup> ergibt sich alsdann zu  $p = 0,1354 V^2$ . Nach *Winkler* ist  $p = 0,12 V^2$ , nach *Ott*  $p = 0,113 V^2$ .

Wählt man  $p = 0,135 V^2$  und nimmt als grösste Windgeschwindigkeit  $V = 30^m$  an, welche bedeutende Geschwindigkeit nur ganz ausnahmsweise eintritt, so erhält man rot.

$$p = 120 \text{ Kilogr.} \dots \dots \dots 272.$$

Selbstverständlich muß man die GröÙe von  $p$  eventuell modificiren, wenn ein Gebäude an besonders ausgesetzter Stelle in einer Gegend gebaut wird, in welcher notorisch starke Stürme wehen. In solchen Gegenden kann man  $V = 40^m$ , eventuell noch gröÙer annehmen. Für  $V = 40^m$  ergibt sich  $p = 216,6 = \approx 220 \text{ kg}$ . Man ist neuerdings bis zu der Annahme  $p = 250 \text{ kg}$  gegangen.

Die Windrichtung schließt nach den gemachten Beobachtungen einen Winkel von nahezu 10 Grad mit der Horizontalen ein. Dieser Winkel möge  $\beta$ , der Winkel der Dachfläche mit der Horizontalen  $\alpha$  genannt werden. Es ist zu untersuchen, wie der Winddruck die Dachfläche belastet.

Der Druck zwischen zwei sich berührenden Körpern kann höchstens um einen Winkel von der Normalen zur Berührungsfläche abweichen, welcher gleich ist dem Reibungswinkel. Zwischen der Dachfläche und der sie umspielenden Luft findet keine Reibung statt; der Reibungswinkel ist hier also gleich Null; mithin ist der Druck zwischen der Dachfläche und der Luft stets normal zur Dachfläche gerichtet. Es kann also nur diejenige Componente des Winddruckes, welche normal zur Dachfläche gerichtet ist, durch einen Gegendruck der Dachfläche aufgehoben werden, d. h. auf die Dachconstruction wirken; die andere Componente des Winddruckes hat auf die Dachconstruction keinen Einfluß.

Es ist demnach die Normalcomponente  $N$  (Fig. 231) zu ermitteln und in die Rechnung einzuführen. Der Druck gegen die vom Winde getroffene Dachfläche  $AB$ , deren Länge normal zur Bildfläche gleich der Einheit sei, ist  $W = 120 AC$ , wenn  $AC$  die Projection der Fläche  $AB$  auf die normal zur Windrichtung stehende Ebene ist. Nun ist

$AC = AB \sin(\alpha + \beta)$ , mithin

$$W = 120 AB \sin(\alpha + \beta).$$

Die normal zur Dachfläche gerichtete Componente des Winddruckes  $W$  ist alsdann  $N = W \sin^2(\alpha + \beta)$ , also

$$N = 120 AB \sin^2(\alpha + \beta),$$

und der Normaldruck auf 1<sup>qm</sup> der Dachfläche

$$\frac{N}{AB} = 120 \sin^2(\alpha + \beta) \text{ oder } v = 120 \sin^2(\alpha + 10^\circ) \dots \dots \dots 273.$$

Aus Gleichung 273. ergeben sich für die verschiedenen Dachneigungen die in folgender Tabelle angeführten Werthe für  $v$ .

<sup>169)</sup> Rühlmann, M. Hydromechanik. Leipzig 1857. S. 490.

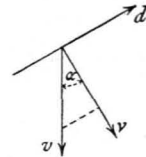
Normal-Belastungen  $v$  durch Winddruck  
pro 1<sup>qm</sup> schräger Dachfläche

Für $\frac{h}{L} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
$\alpha =$	45°	33°41'	26°40'	21°50'	18°25'	16°	14°	12°30'	11°20'
$v = \text{rot.}$	81	57	43	34	27	23	20	18	16 Kilogr.

Zerlegt man den Normaldruck  $v$  in eine verticale und eine in die Richtung der Dachfläche fallende Componente (Fig. 232), so wird die erstere

Fig. 232.

pro 1<sup>qm</sup> der Dachfläche  $v = \frac{v}{\cos \alpha}$  und pro 1<sup>qm</sup> Horizontalprojection der Dachfläche



$$v = \frac{v}{\cos^2 \alpha} = \frac{120 \sin^2 (\alpha + 10^\circ)}{\cos^2 \alpha} \dots \dots \dots 274.$$

Die Werthe für  $v$  sind in der nachstehenden Tabelle angegeben.

Für $\frac{h}{L} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
$v =$	162	82	54	40	30	25	21	19	17 Kilogr.

Außer den hier angeführten Belastungen kommen häufig noch andere vor, indem unter dem Dache befindliche Decken-Constructions an den Dachstuhl angehängt werden. In diesem Falle wirkt der Dachbinder auch noch als Träger; alsdann sind die durch die erwähnte Mehrbelastung entstehenden Spannungen in der im 2. Kapitel des vorhergehenden Abschnittes angegebenen Weise zu berechnen und zu den außerdem im Dachbinder ermittelten Spannungen zu addiren. Wir werden diesen aufsergewöhnlichen, aber nicht schwierigen Fall nicht weiter behandeln.

4) Belastungen pro Knotenpunkt.

Aus den vorstehend angegebenen Belastungen pro 1<sup>qm</sup> der Dachfläche erhält man nun leicht die auf das laufende Meter der Dachbinder wirkenden äußeren Kräfte. Wird die Entfernung der parallel zu einander angeordneten Dachbinder gleich  $b$  gefetzt, so ergibt sich das Eigengewicht und die Schneelast pro lauf. Meter Stützweite der Binder, wenn noch  $q'$  das Eigengewicht pro 1<sup>qm</sup> Grundfläche incl. Binder-gewicht bezeichnet, zu

413.  
Knotenpunkts-  
Belastungen.

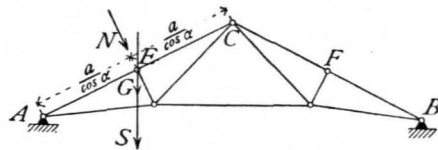
$$g = b q' \text{ und } s = 75 b, \dots \dots \dots 275.$$

der Winddruck pro lauf. Meter schräger Dachlinie zu

$$n = b v \dots \dots \dots 275^a.$$

Sind die Dachbinder einander nicht parallel, so ist die Belastung pro lauf. Meter Binder variabel, entsprechend der veränderlichen Dachfläche, welche auf die einzelnen Bindertheile entfällt.

Fig. 233.



Die auf die einzelnen Knotenpunkte entfallenden Lasten werden nun erhalten, indem man die Belastung pro lauf. Meter Stützweite, bezw. schräger Dachlinie mit derjenigen Länge multiplicirt, welche auf einen Knotenpunkt entfällt. Für den Knotenpunkt  $E$  (Fig. 233) wird demnach

$$G = a b q', \quad S = 75 a b \text{ und } N = \frac{a}{\cos \alpha} b v \dots \dots \dots 276.$$

Man könnte die Werthe für  $G$ ,  $S$  und  $N$  auch nach der Theorie der continuirlichen Träger bestimmen, indem man  $AEC$  als continuirlichen Träger auf 3 Stützen auffazt; doch dürfte die angegebene

einfachere Methode sich mehr empfehlen, da die Annahmen, welche der Berechnung der continuirlichen Träger zu Grunde gelegt werden, hier doch nicht genau erfüllt sind und die größere Complicirtheit der Rechnung kein entsprechend genaueres Resultat giebt.

### 5) Belastungsannahmen.

414.  
Belastungs-  
annahmen.

Sämmtliche Lasten werden in den Knotenpunkten des Systemes wirkend angenommen. Die Eigengewichte wirken zum allergrößten Theile in den Knotenpunkten derjenigen Gurtung, die in den Dachflächen liegt; nur ein ganz geringer Bruchtheil wirkt in den Knotenpunkten der anderen Gurtung. Meistens kann man annehmen, daß die Eigenlasten ganz in den ersteren Knotenpunkten concentrirt sind.

Die Windbelastung kann nur einseitig wirken; denn da die Windrichtung einen Winkel  $\beta = 10$  Grad mit der Horizontalebene einschließt, so kann der Wind beide Dachflächen nur dann treffen, wenn diese einen kleineren Winkel mit der Horizontalen bilden, als 10 Grad. Für so flache Dächer ist aber der Winddruck so gering, daß er ungefährlich ist. Der Winddruck ist also stets einseitig zu rechnen.

Der Schnee endlich kann das ganze Dach oder einen Theil desselben belasten. Wenn nun auch für manche Stäbe eventuell eine Schneebelastung über einen bestimmten Bruchtheil des Daches die ungünstigste Beanspruchung ergeben sollte, so werden wir doch diese der Berechnung nicht zu Grunde legen, weil dieselbe nur in den allerfeltesten Fällen einmal vorkommen kann; vielmehr werden wir nur totale Belastung des Daches und Belastung der einen Dachhälfte durch Schnee ins Auge fassen. Wir werden später zeigen, daß die zweite Belastungsart Resultate ergiebt, aus denen die Spannungen für totale Schneebelastung ohne Schwierigkeit abgelesen werden können.

### b) Auflager-Reactionen bei Balkendächern.

415.  
Verticale  
Belastungen.

Die Auflager-Reactionen, welche verticale Belastungen (Eigengewicht und Schneedruck) erzeugen, sind, da der Dachbinder genau wie ein Träger auf zwei Stützen wirkt, eben so zu ermitteln, wie bei den »Trägern« (Kap. 2 des vorhergehenden Abschnittes) gezeigt worden ist.

416.  
Schiefe  
Belastungen.

Sind die Auflager-Reactionen zu ermitteln, welche die schiefen Winddruckbelastungen erzeugen, so haben wir zwei Fälle zu unterscheiden: entweder sind alle Winddrücke einander parallel, welcher Fall eintritt, wenn die vom Winde getroffene Dachfläche eine Ebene ist, oder die Winddrücke sind nicht parallel, welcher Fall eintritt, wenn die vom Winde getroffene Dachfläche sich aus mehreren Ebenen zusammensetzt.

Für beide Fälle ist zunächst klar, daß der Dachbinder nicht einfach frei auf die Stützpunkte gelagert werden darf. Denn ist  $\Sigma(N)$  die Resultirende aller Wind-

drücke (Fig. 234), so hat  $\Sigma(N)$  eine horizontale Componente  $\Sigma(N) \sin \alpha$ . Gleichgewicht ist also nur möglich, wenn Seitens des einen der beiden Auflager eine Horizontal-Reaction  $H = \Sigma(N) \sin \alpha$  auf den Binder wirkt; es muß also das Dach in A oder B fest oder unverrückbar mit dem Auflager verbunden werden.

Wollte man ein eisernes Dach in

Fig. 234.

