



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Statik der Hochbau-Constructions

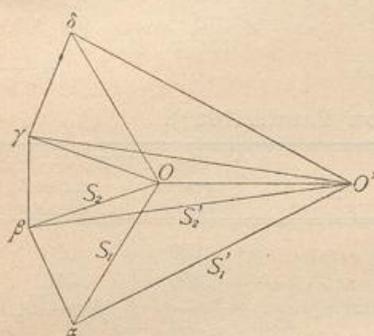
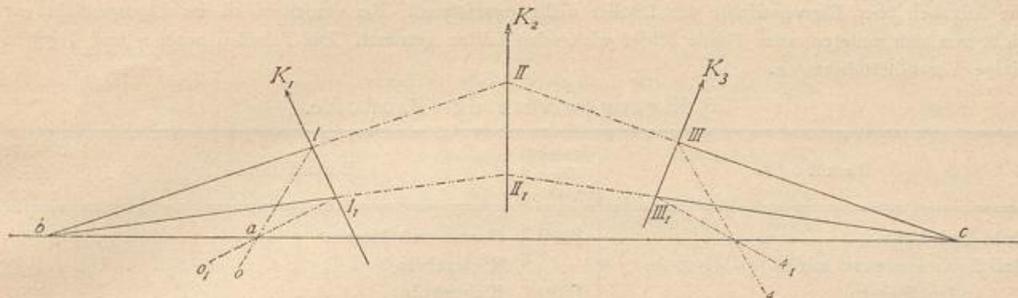
Landsberg, Theodor

Stuttgart, 1899

a) Belastungen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77733](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77733)

Fig. 18.



sich im Gleichgewicht; sie müssen also in die gerade Linie fallen, welche durch die beiden Punkte a und b bestimmt ist.

Nun ist die Mittelkraft von S_1 und S_1' nach Größe und Richtung die Schluslinie des Kraftpolygons $O'aO$, d. h. $O'O$. Die Richtungslinie der Mittelkraft ist also parallel zu $O'O$, d. h. die Linie ab ist parallel zu $O'O$, zur Verbindungslinie der beiden Pole.

Genau in derselben Weise ist zu beweisen, daß der Schnittpunkt b von S_2 und S_2' mit dem Schnittpunkte c von S_3 und S_3' auf einer zu $O'O$ parallelen Geraden liegt, d. h. auf der Linie ab , da durch b zu $O'O$ nur eine Parallele möglich ist.

2. Kapitel.

Aeußere Kräfte, Schwerpunkte, statische und Trägheitsmomente.

a) Belastungen.

Als Belastungen der Constructionen treten auf:

- 1) das Eigengewicht,
- 2) die Nutzlast,
- 3) die Schneelast und
- 4) der Winddruck.

1) Eigengewicht der Construction.

Das Eigengewicht der Construction ist beim Beginne jeder Berechnung nur angenähert bekannt. Für die gewöhnlichen Anordnungen genügt es, die aus den vorhandenen Bauwerken ermittelten Erfahrungswerthe bei der Berechnung einzuführen. Meistens kann man das Eigengewicht mit hinreichender Genauigkeit als gleichmäßig über die ganze Ausdehnung (des Trägers, der Balkendecke, des Daches etc.) vertheilt annehmen.

Nachstehend (unter α) sind die Eigengewichte einiger wichtiger Baustoffe und (unter β) diejenigen von verschiedenen Bautheilen angegeben, und zwar hauptsächlich in der Größe, wie sie vom Berliner Polizei-Präsidium nach einer Bekanntmachung vom 21. Februar 1887 den Berechnungen zu Grunde gelegt werden. Die Zusammenstellung (unter β) »Eigengewichte und Belastung von Bautheilen« enthält in der letzten Spalte auch die Nutzlast, welche erst im folgenden Artikel besprochen werden soll; es scheint aber dennoch zweckmäßig, die betreffenden Angaben hier sogleich mit zu machen.

Die Angaben der Tabellen unter α und β genügen in sehr vielen Fällen nicht; insbesondere sind die Angaben über Eigengewichte der Dächer nicht ausreichend. Bei denselben ist das Eigengewicht gar nicht von den anderen, zum Theile schief wirkenden Lasten getrennt. Die Tabellen unter γ und δ geben einige Vervollständigungen.

22.
Baustoffe.

α) Eigengewichte der Baustoffe.

| Baustoff | Gewicht für 1 cbm | Baustoff | Gewicht für 1 cbm |
|---|-------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Erde und Lehm | 1600 | Granit und Marmor | 2700 |
| Backsteinmauerwerk aus vollen Steinen | 1600 | Kiefernholz ³⁾ | 650 |
| porösen Steinen | 1300 | Eichenholz | 800 |
| Lochsteinen | 1100 | Eisen | 7500 |
| Sandfeinmauerwerk | 2400 | Beton | 2000 |
| | Kilogr. | | Kilogr. |

23.
Bautheile.

β) Eigengewichte und Belastung von Bautheilen⁴⁾.

| Bezeichnung der Construction | Eigengewicht für 1 qm | Eigengewicht und Nutzlast für 1 qm |
|--|-----------------------|------------------------------------|
| Balkendecke in Wohnhäusern, gestaakt und gefchalt | 250 | 500 |
| » » Fabrik- und Lagergebäuden, so wie für Tanzsäle | 250 | 750 |
| » » Getreidepeichern, einschl. der Belastung, zum Nachweis | — | 850—1000 |
| Dachbalkenlage (unter dem Dachbodenraum) | 375 | — |
| Dachflächen, in der wagrechten Projection gemessen, einschl. Schnee- und Winddruck, bei Metall- oder Glasdeckung gemäß der Neigung | — | 125—150 |
| desgl. bei Schieferdeckung | — | 200—240 |
| desgl. bei Pappdeckung | — | 120—130 |
| desgl. bei Ziegeldeckung | — | 250—300 |
| desgl. bei Holzcementdeckung | — | 350 |
| Steile Mansarden-Dächer | — | 400 |
| Kappengewölbe aus porösen Steinen in Wohngebäuden | 350 | 600 |
| desgl. in Fabrik- und Lagerräumen | — | 850 |
| desgl. aus vollen Steinen, in Wohngebäuden | 500 | 750 |
| desgl. für Treppen und Treppen-Ruheplätze | 500 | 1000 |
| desgl. in Fabrik- und Lagerräumen | — | 1000 |
| desgl. unter Durchfahrten und befahrbaren Höfen | — | 1250 |
| Schmiedeeiserne Treppen, einschl. Nutzlast | — | 600—650 |
| Betonirtes Wellblech, für Wohnräume | 350 | 600 |
| desgl. für Treppen und Treppen-Ruheplätze | — | 850 |
| | Kilogr. | Kilogr. |

24.
Decken mit eisernen Trägern.

γ) Eigengewichte der Decken mit eisernen Trägern⁵⁾.
(Mittelwerthe.)

| Bezeichnung der Construction | Gewicht für 1 qm Deckenfläche |
|--|-------------------------------|
| Eiserne Balken, 0,9 bis 1,2 m von einander entfernt, einschl. Dielung, Deckenputz, Sandausfüllung auf etwa halbe Höhe der Träger | 260 |
| Eiserne Balken, 1,0 bis 1,5 m von einander entfernt, mit zwischengespannten Kappengewölben aus porigen Steinen | 250 |
| | Kilogr. |

³⁾ Nach genauen Ermittlungen wiegt 1 cbm Fichtenholz, lufttrocken, im Winter geschlagen: 550 kg, 1 cbm Lärchenholz, desgl. 730 kg.

(Siehe: Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 277.)

⁴⁾ Nach: FROELICH, H. Elementare Anleitung zur Anfertigung statischer Berechnungen etc. 2. Aufl. Berlin 1897.

⁵⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 134 u. ff.

| Bezeichnung der Construction | Gewicht für 1 qm Deckenfläche |
|---|-------------------------------|
| Eiserne Balken, Abstand wie vor, mit Eifenwellblech-Ausfüllung der Zwischenräume, in den Wellen Beton | 150 |
| dasselbe, jedoch 8 cm hohe Sandausfüllung über dem Beton | 300 |
| Eiserne Balken, Abstand wie vor, über den Zwischenräumen <i>Monier</i> -Platten, je nach der Ausfüllung der Zwischentafel | 170—300 |
| Eiserne Balken, Abstand wie vor, Ausfüllung der Zwischenräume mit <i>Klette's</i> Holz-Asphaltdecke auf Wellblech oder <i>Zorls</i> -Eisen, mit Fußboden und Deckenschalung ⁶⁾ | 170—180 |
| Eiserne Balken, System <i>Klette</i> , glatte Putzdecke, Dielenfußboden, Ausfüllung auf Fehlboden von Holz | 310 |
| dasselbe mit Gewölben aus Lochsteinen, Dielenfußboden, Hinterfüllung | 320 |
| dasselbe, Ausfüllung: Schlacken-Beton auf <i>Monier</i> -Platten, Cement-Estrich, glatte Cementbeton-Decke ⁷⁾ | 330 |
| dasselbe mit Ausfüllung durch <i>Klein's</i> che Decke (D.R.P. 71 102) | } 220—350 |
| „ „ „ „ <i>Schürmann's</i> che Decke (D.R.P. 80 653) | |
| „ „ „ „ <i>Koenen's</i> che Decke (Voutenplatte) (Abstand der Balken bis 6,0 m) | |
| „ „ „ „ <i>Foerster's</i> che Maffivdecke | |
| | Kilogr. |

δ) Eigengewichte der Dächer.

Die Eigengewichte der Dächer setzen sich aus dem Gewichte der Dachdeckung nebst Zubehör, dem Gewichte der Pfetten, Sparren, des Windverbandes etc. und aus dem Gewichte der Binder zusammen. Der erste Theil ist beim Beginn der Berechnung für die Flächeneinheit schräger Dachfläche ziemlich genau bekannt und von der Weite des Daches unabhängig; auch der zweite Theil ist, wenn die Binderentfernung einigermassen fest steht, leicht zu ermitteln.

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

Für die erste Berechnung kann man die nachfolgenden vorläufigen Annahmen über das Eigengewicht der Dächer⁸⁾ machen; die nachherige Gewichtsrechnung muß ergeben, ob diese Annahmen entsprechend waren oder ob eine zweite Rechnung durchzuführen ist.

Eigengewichte der Dächer (für 1 qm schräger Dachfläche).

| Holzdächer | | | | Metalldächer | |
|---|----------------|---|----------------|---|----------------|
| Art des Daches | Mittl. Gewicht | Art des Daches | Mittl. Gewicht | Art des Daches | Mittl. Gewicht |
| Einfaches Ziegeldach | 102 | Asphaltdach mit Fliesenunterlage | 102 | Schiefer auf Winkleisen | 51 |
| Doppel- u. Kronenziegeldach | 127 | Theerpappendach | 30 | Ebenes Eifenblech auf Winkleisen | 25 |
| Falzziegeldach | 72 | Rohr- und Strohdach ohne Lehm | 61 | Eifenwellblech auf Winkleisen | 22 |
| Gewöhnliches Schieferdach | 76 | Rohr- und Strohdach mit Lehm | 76 | Zinkwellblech auf Winkleisen | 24 |
| Holzementdach | 135 | Zink- und Eifenblechdach auf Holzschalung | 41 | Gufszinkplatten auf hölzernen Latten u. Sparren | 70 |
| Asphaltdach mit Lehmunterlage | 61 bis 76 | | | Glas auf Winkel-, bezw. Sproffeneisen | 35—50 |
| | Kilogr. | | Kilogr. | | Kilogr. |

6) Nach: Deutsche Bauz. 1883, S. 397.

7) Nach: Deutsche Bauz. 1886, S. 297.

8) Nach: Deutsches Bauhandbuch. Berlin 1879, Bd. I. S. 229. — Bd. II. 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.

MÜLLER-Breslau, H. F. B. Die graphische Statik der Bauconstructions. Leipzig 1887—92. S. 430.

LANDSBERG, Th. Die Glas- und Wellblechdeckung der eifernen Dächer. Darmstadt 1887.

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

Für die Dachbinder können folgende Gewichtsannahmen gemacht werden:

a) Holzdächer (für 1 qm schräger Dachfläche):

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

b) Eifendächer (für 1 qm wagrechter Projection der Dachfläche):

| | |
|---|------------|
| bei leicht construirten Dachstühlen | 14 » 20 kg |
| bei schwer construirten Dachstühlen | 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 der Dächer, auschl. des Gewichtes der Dachbinder, für 1 qm wagrechter Projection der Dachfläche, und zwar für die verschiedenen vorkommenden Dachneigungen (h bezeichnet die Höhe, L die Stützweite des Daches) angegeben.

Eigengewichte der Dächer, auschl. des Gewichtes der Dachbinder
(für 1 qm wagrechter Projection der Dachfläche).

| Art des Daches: | $\frac{h}{L} =$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{6}$ | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{9}$ | $\frac{1}{10}$ |
|---|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| a) Holzdächer: | | | | | | | | | | |
| 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 |
| » » Fliesenunterlage | | 144 | 122 | 114 | 110 | 107 | 106 | 105 | 104 | 104 |
| Theerpappdach | | 42 | 36 | 34 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 30 |
| Zink- und Eisenblechdach auf Holzschalung | | 58 | 49 | 46 | 44 | 43 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| b) Metaldächer: | | | | | | | | | | |
| Schiefer auf Winkeleisen | | 72 | 61 | 56 | 54 | — | — | — | — | — |
| Ebenes Eisenblech auf Winkeleisen | | 35 | 30 | 28 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Eisenwellblech auf Winkeleisen | | 28 | 24 | 23 | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 |
| Zinkwellblech auf Winkeleisen | | 34 | 29 | 27 | 26 | 26 | 25 | 25 | 24 | 24 |
| Glas auf Winkel-, bezw. Sproffeneisen | | 71 | 60 | 56 | 54 | — | — | — | — | — |

Kilogramm.

Beim Holzcementdach hat das Dach eine so geringe Neigung (etwa 1 : 20), daß man als Belastung für 1 qm wagrechter Projection der Dachfläche unbedenklich den Werth der Tabelle auf S. 19 (unter δ), d. i. 135 kg annehmen kann.

2) Nutzlast.

26.
Nutzlast.

Die Nutzlasten sind hauptsächlich bei den Decken-Constructions von Wichtigkeit; sie bestehen in der Belastung durch Menschen, ungünstigenfalls durch Menschengedränge in öffentlichen Sälen, Theatern, Concert- und Ausstellungssälen, Gerichtsräumen, Schulzimmern etc., in der Belastung durch Waaren in Speichern, durch Bücher in Bibliotheken u. dergl. mehr. Dabei ist für die Berechnung auf die Lage der Nutzlast Rücksicht zu nehmen und zu beachten, daß nicht für alle Theile der tragenden Constructure die Belastung des ganzen Raumes die gefährlichste ist, daß

vielmehr theilweise Belastung für viele Theile wesentlich ungünstiger ist. Demnach muß bei der Berechnung für jeden Theil die gefährlichste mögliche Belastungsart aufgefucht und diese der Berechnung zu Grunde gelegt werden. Weiter ist zu beachten, daß die Belastung mit Erschütterungen, selbst mit Stößen verbunden sein kann. Wenn eine große Versammlung sich plötzlich erhebt oder niedersetzt, wenn beim Beginne der Schule die Säle sich schnell füllen, wenn am Schlusse einer Vorstellung der Saal rasch entleert wird, wenn ein Tanzsaal bestimmungsgemäß benutzt wird; so treten Erschütterungen und Stöße auf, welche den Einfluß der Last wesentlich vergrößern können und auf welche zweckmäßig Rücksicht genommen wird. Es ist üblich, die stofsweise wirkenden Belastungen mit einem Coefficienten, welcher größer als 1 ist, multiplicirt in die Berechnung einzuführen. Für Hochbauten empfiehlt es sich, diesen Coefficienten mit 1,2 bis 1,5 anzunehmen.

Bezüglich der Nutzlasten können bei den Berechnungen folgende Annahmen zu Grunde gelegt werden: 27.
Zahlenangaben.

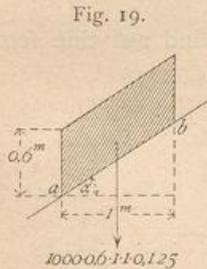
| Nutzlast für 1 ^{qm} Grundfläche | | | |
|--|---------|--|-------------|
| in Wohnräumen | 150 | in Hafer Speichern und Fruchtböden ⁹⁾ . | 480 bis 500 |
| » Tanzsälen | 250 | » Waaren Speichern ¹⁰⁾ | 760 |
| » Heuspeichern ⁹⁾ | 500 | durch Menschengedränge | 400 |
| | Kilogr. | | Kilogr. |

In den Speichern wird je nach der Waare, welcher der Speicher dienen soll, die größte Belastung verschieden sein, und deshalb ist zuvor über die Bedingungen, unter welchen die Waare gelagert wird (Höhe, Breite, Gewicht etc.), Erkundigung einzuziehen.

Für Bibliotheken kann das spezifische Gewicht der Bücher im Mittel zu 0,6 angenommen werden; weiter kann der Rauminhalt der Büchergerüste als nur zur Hälfte gefüllt berechnet werden, so daß 1 cbm Rauminhalt der Büchergerüste 300 kg schwer gesetzt werden kann. Auf eine stärkere Bestellung mit Büchern ist in deutschen Bibliotheken nicht zu zählen¹¹⁾.

3) Schneelast.

Die Schneelast kommt nur bei den Dächern in Frage. Als größte Schneehöhe, welche ungünstigstenfalls in unserem Klima fällt, ohne daß mittlerweile eine Befreitung des gefallenen Schnees möglich ist, kann man etwa 0,6 m annehmen; das spezifische Gewicht des Schnees beträgt etwa 0,125; mithin ist das größte Gewicht der Schneelast für 1^{qm} der wagrechten Projection (Fig. 19) $0,125 \cdot 0,6 \cdot 1000 = 75$ kg. Diese Zahl ist innerhalb gewisser Grenzen von der Dachneigung unabhängig. Handelt es sich dagegen um die größte Schneebelastung für 1^{qm} der schrägen Dachfläche, so kann dieselbe wie folgt ermittelt werden.



Die Last von 75 kg kommt auf \overline{ab} Quadrat-Meter der Dachfläche; da $\overline{ab} = \frac{1}{\cos \alpha}$ ist, so kommt auf 1^{qm} der schrägen Dachfläche eine Schneelast

$$p_s = \frac{75}{ab} = 75 \cos \alpha.$$

⁹⁾ Siehe: FRANGENHEIM. Der Hauptbahnhof der Kölnischen Straßenbahn-Gesellschaft zu Köln. Deutsche Bauz. 1887, S. 421.

¹⁰⁾ Für den Seine-Speicher zu Paris wurden die Nutzlasten wie folgt berechnet: im I. Obergeschofs mit 1500 kg, im II. Obergeschofs mit 1250 kg, im III. bis V. Obergeschofs mit je 1000 kg und im VI. Obergeschofs mit 800 kg für 1^{qm} Lagerung von Mehl und Getreide. (Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 509.)

¹¹⁾ Nach: TIEDEMANN, v. Die Universitäts-Bibliothek in Halle a. S. Zeitschr. f. Bauw. 1885, S. 338.

28.
Schneelast.

Für die verschiedenen Verhältnisse der Firfthöhe h zur Stützweite L ergeben sich demnach folgende

Größte Belastungen p_s durch Schneedruck
für 1 qm 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' |
| $p_s =$ | (53) | 62 | 67 | 70 | 71 | 72 | 73 | 73 | 73 Kilogr. |

Für 1 qm wagrechter Projection der Dachfläche beträgt die ungünstigste Schneebelastung 75 kg.

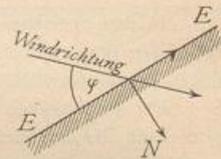
Wenn die Dachneigung so steil ist, daß $\frac{h}{L} \geq \frac{1}{2,8}$ ist, so bleibt der Schnee nicht mehr liegen, gleitet vielmehr ab; für derartige Dachneigungen braucht man also auf Schneelast gar keine Rücksicht zu nehmen. Deshalb ist in der Tabelle der Werth von p_s , welcher sich für $\frac{h}{L} = \frac{1}{2}$ ergeben hat, eingeklammert.

4) Winddruck.

29.
Winddruck.

Der Winddruck ist von hervorragender Bedeutung sowohl für die Dächer, wie für hohe Mauern, Schornsteine etc. In der Technik ist vor Allem wichtig, zu wissen, welchen Druck der Wind auf eine Ebene EE (Fig. 20) ausübt, die seinen Strom unter einem spitzen Winkel φ schneidet.

Fig. 20.



Dieser Druck kann nur senkrecht zu der Ebene gerichtet sein; denn der Druck zwischen zwei sich berührenden Körpern kann höchstens um einen Winkel von der Senkrechten 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 senkrecht zur Dachfläche gerichtet.

Bis vor Kurzem wurde allgemein angenommen, der senkrechte Druck N auf die Ebene EE sei der zweiten Potenz von $\sin \varphi$ proportional; neuere theoretische Untersuchungen und praktische Versuche haben jedoch nachgewiesen, daß man der Wirklichkeit wesentlich näher kommt, wenn man einführt

$$N = P \sin \varphi, \dots \dots \dots 1.$$

in welcher Gleichung P die Größe des Druckes ist, welche der Wind auf eine senkrecht getroffene Fläche ausübt. Man kann setzen

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{g}, \dots \dots \dots 2.$$

mithin

$$N = \frac{v^2 F \gamma}{g} \sin \varphi \dots \dots \dots 3.$$

In diesen Gleichungen bedeutet: F den Flächeninhalt der vom Winde getroffenen Fläche, v die Geschwindigkeit des Windes (in Met. für die Secunde), γ das Gewicht von 1 cbm Luft (in Kilogr.) und g die Beschleunigung des freien Falles = 9,81 m.

Für 15 Grad C. und 760 mm Barometerstand ist $\frac{\gamma}{g} = 0,12458$, also rund

$$P = 0,125 F v^2,$$

demnach der Winddruck für 1 qm senkrecht getroffener Fläche

$$p = 0,125 v^2.$$

Nimmt man als grösste Windgeschwindigkeit $v = 30^m$ an, so wird rund

$$\left. \begin{aligned} p &= 120 \text{ Kilogr.} \\ n &= p \sin \varphi = 120 \sin \varphi \text{ Kilogr.} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 6.$$

Es ist im Hochbau üblich, als grössten Winddruck $p = 120^kg$ für 1^qm einzuführen; im Brückenbau rechnet man mit einem Grösstwerth von p , welcher 250 bis 280^kg für 1^qm erreicht. Wenn auch bei den gewöhnlichen Dach-Constructions, besonders an geschützten Orten, der Werth 120^kg nicht zu klein ist, so ist doch bei Berechnung von hohen Schornsteinen und Thurmdächern, Gasbehältern u. dergl. zu überlegen, ob nicht die Vorsicht gebietet, einen grösseren Werth als 120^kg für 1^qm der Rechnung zu Grunde zu legen. Alljährlich fällt eine nicht geringe Zahl von Thürmen und Schornsteinen den Stürmen zum Opfer. An freien Stellen und bei den genannten hohen Bauten sollte man bis $p = 200^kg$ für 1^qm gehen. Für die nachfolgenden Untersuchungen ist

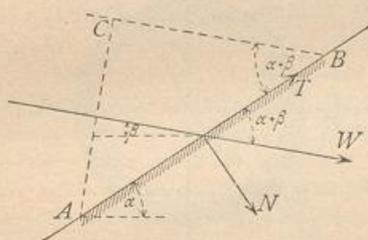
$$p = 120^kg \text{ für } 1^qm$$

angenommen.

α) Winddruck auf Dachflächen. Die Windrichtung schliesst nach den gemachten Beobachtungen einen Winkel von nahezu 10 Grad mit der wagrechten Ebene ein¹²⁾. Dieser Winkel möge β , der Winkel der Dachfläche gegen die Wagrechte α genannt werden; dann ist nach Fig. 21 der Winkel der Windrichtung mit der Dachfläche $\varphi = (\alpha + \beta)$ und demnach der auf 1^qm schräger Dachfläche entfallende senkrechte Winddruck

30.
Dachflächen.

Fig. 21.



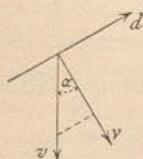
$$v = p \sin (\alpha + \beta) = 120 \sin (\alpha + 10^\circ) \dots 7.$$

Aus Gleichung 7 ergeben sich für die verschiedenen Dachneigungen die in folgender Tabelle angeführten Werthe für v .

Senkrechte Belastungen v durch Winddruck für 1^qm 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° | $33^\circ 41'$ | $26^\circ 40'$ | $21^\circ 50'$ | $18^\circ 25'$ | 16° | 14° | $12^\circ 30'$ | $11^\circ 20'$ |
| abgerundet $v =$ | 98 | 83 | 72 | 63 | 57 | 53 | 49 | 46 | 44 Kilogr. |

Fig. 22.



Zerlegt man den Normaldruck v in eine lothrechte und eine in die Richtung der Dachfläche fallende Seitenkraft (Fig. 22), so wird die erstere für 1^qm der Dachfläche $v = \frac{v}{\cos \alpha}$ und für 1^qm wagrechte Projection der Dachfläche

$$v = \frac{v}{\cos^2 \alpha} = \frac{120 \sin (\alpha + 10^\circ)}{\cos^2 \alpha} \dots \dots \dots 8.$$

Die Werthe für v sind in der nachstehenden Tabelle angegeben.

| | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Für $\frac{h}{L} =$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{6}$ | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{9}$ | $\frac{1}{10}$ |
| $\alpha =$ | 45° | $33^\circ 41'$ | $26^\circ 40'$ | $21^\circ 50'$ | $18^\circ 25'$ | 16° | 14° | $12^\circ 30'$ | $11^\circ 20'$ |
| $v =$ | 196 | 120 | 90 | 73 | 64 | 57 | 52 | 48 | 46 Kilogr. |

¹²⁾ Nach neueren Versuchen von *Lilienthal* hat der Wind eine unter etwa 3 Grad von unten ansteigende Richtung; die Annahme wagrechter Richtung des Windes scheint demnach als die einfachste und mit den beiden Richtungen am besten vereinbare empfehlenswerth zu sein.

37.
Mauerflächen.

β) Winddruck gegen Mauerflächen. Bei Auffuchung des auf lothrechte oder schwach geneigte Mauern wirkenden Winddruckes wird zweckmäfsig der Winddruck als wagrechte Kraft eingeführt.

Der senkrechte Druck des Windes gegen eine Mauerfläche EE (Fig. 23), welche den Winkel φ mit der Windrichtung bildet, ist für die Flächeneinheit

$$n = p \sin \varphi;$$

die Seitenkraft von n , welche in die Richtung des Windes fällt, ist alsdann

$$h = n \sin \varphi = p \sin^2 \varphi,$$

während die Seitenkraft, welche senkrecht zur Windrichtung wirkt, die Gröfse hat

$$t = p \sin \varphi \cos \varphi.$$

Die erstere Seitenkraft ist besonders dann wichtig, wenn es sich um Bauteile handelt, welche im Grundrifs nach einem Vielecke, einem Kreise, einer Ellipse etc. geformt sind, so bei Schornsteinen, Thürmen etc. Bei ebenen Mauern ist der Berechnung stets als ungünstigste Windbelastung diejenige zu Grunde zu legen, bei welcher der Wind die Mauer senkrecht trifft.

a) Winddruck gegen eine ebene Mauer. Wenn die getroffene Fläche F Quadr.-Met. enthält, so ist

$$N = p F = 120 F \text{ Kilogr.}$$

Als Angriffspunkt der Mittelkraft kann der Schwerpunkt der getroffenen Fläche eingeführt werden.

b) Winddruck gegen einen Kreis- cylinder. Es soll der Winddruck ermittelt werden, welcher auf die Längeneinheit der Höhe, also auf das steigende Meter wirkt. Gegen das Bogentheilchen ds , dessen Tangente mit der X -Axe den Winkel φ (Fig. 24) bildet, wirkt der Normaldruck

$$dn = p \cdot ds \cdot \sin \varphi = p r d\varphi \cdot \sin \varphi.$$

Die senkrecht zur Windrichtung wirkende Seitenkraft von dn wird durch eine gleich grofse, entgegengesetzt wirkende aufgehoben, welche auf den symmetrisch zur XX -Axe liegenden Bogentheil wirkt; die andere Seitenkraft ist

$$dh = dn \sin \varphi = p r \sin^2 \varphi d\varphi.$$

Die gesammte Kraft, welche ein Umsturz-Moment erzeugt, ist für die Höheneinheit offenbar

$$H = \int_0^\pi p r \sin^2 \varphi d\varphi = 2 p r \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \varphi d\varphi,$$

sonach

$$H = p r \frac{\pi}{2} \dots \dots \dots 9.$$

Wird $p = 120 \text{ kg}$ eingeführt, so ist die Kraft H für das steigende Meter

$$H = 188,4 r = \approx 190 r \text{ Kilogr.},$$

worin r in Metern einzufetzen ist.

Fig. 23.

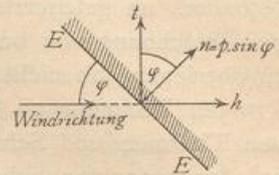
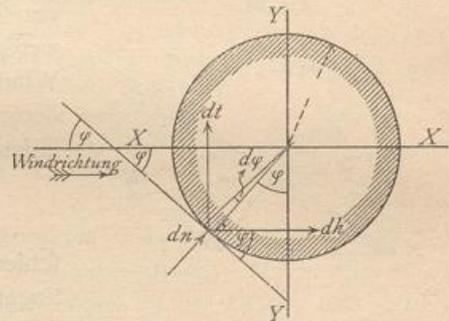


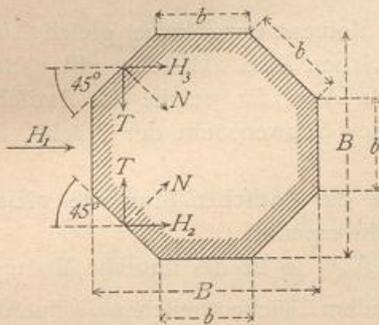
Fig. 24.



Die Kraft H liegt in der lothrechten Ebene der Axe XX und greift in halber Höhe des Cylinders an.

c) Winddruck gegen ein regelmässiges achteitiges Prisma (Fig. 25). Die Breite des umschriebenen Quadrates sei B , die Seitenlänge der achteckigen Grundfläche sei b ; dann ist $b = 0,707 B$. Der Winddruck gegen die senkrecht getroffene Fläche ist für die Längeneinheit der Höhe

Fig. 25.



$$H_1 = pb,$$

derjenige gegen die unter 45 Grad getroffenen Seitenflächen je

$$N = pb \sin 45^\circ,$$

und die in die Windrichtung fallende Seitenkraft von N ist

$$H_2 = pb \sin^2 45^\circ = \frac{pb}{2}.$$

Eben so gross ist H_3 ; mithin wird die gesammte Kraft, welche ein Umsturz-Moment erzeugt, für das steigende Meter sein

$$H = H_1 + H_2 + H_3 = 2 pb.$$

Die Mittelkraft aller H greift, wie oben, in halber Höhe des Prismas an und liegt in der durch die Axe des Prismas und H_1 bestimmten lothrechten Ebene.

Die bisher ganz allgemein und auch in vorstehenden Entwicklungen gemachte Annahme einer gleichmässigen Vertheilung des Winddruckes über eine getroffene ebene Fläche scheint nach den neueren Versuchen und theoretischen Ermittlungen nicht ganz richtig zu sein; demnach ist auch nicht ohne Weiteres richtig, dass die Mittelkraft durch den Schwerpunkt der getroffenen Fläche geht. Es scheint, dass der Druck an den Rändern am kleinsten ist und nach der Mitte der Ebene hin zunimmt. Bis über die Gesetzmässigkeit genauere Angaben vorliegen, wird man jedoch für die Zwecke des Hochbaues unbedenklich die vorgeführten Annahmen den Berechnungen zu Grunde legen können.

b) Schwerpunkte und statische Momente.

1) Schwerpunkte von ebenen Figuren.

Um den Schwerpunkt einer beliebigen ebenen Figur zu finden, genügt es, zwei Linien zu bestimmen, auf deren jeder der Schwerpunkt liegen muss; alsdann ist der Schnittpunkt beider Linien der gesuchte Schwerpunkt. Werden in der Ebene, in welcher die betreffende Figur liegt, zwei Coordinaten-Axen OX und OY beliebig angenommen, so erhält man die Abstände x_0 und y_0 des Schwerpunktes von den beiden Axen OY und OX aus den Gleichungen

$$x_0 = \frac{\int x df}{F} \quad \text{und} \quad y_0 = \frac{\int y df}{F}, \quad \dots \quad 10.$$

in denen F die ganze Querschnittsfläche, df den Flächeninhalt eines beliebigen Theilchens mit den Coordinaten x und y bedeutet und die Summirung über die ganze Fläche auszudehnen ist. Die vorstehenden beiden Gleichungen können hier als aus der Mechanik bekannt vorausgesetzt werden. Man kann statt der unendlich kleinen Theilchen df Flächentheile f von endlicher Grösse einführen, also die obigen Gleichungen schreiben:

$$x_0 = \frac{\sum (fx)}{F} \quad \text{und} \quad y_0 = \frac{\sum (fy)}{F}, \quad \dots \quad 11.$$

wenn x und y die Schwerpunkts-Coordinten der Flächentheile f bedeuten.

32.
Grund-
gleichungen.