

V. Flächenpressung.

Im engen Zusammenhang mit der Beanspruchung auf Druck steht diejenige auf Flächenpressung, die an der Berührungsfläche zweier aufeinanderliegender Körper auftritt, Abb. 22. Der Flächendruck ist senkrecht zu den sich berührenden Oberflächenteilen gerichtet und nach Größe und Verteilung abhängig:

1. von der Art des Angriffes und der Einwirkung der Kräfte,
2. von der Form und
3. von dem Zustande der Berührungsflächen.

Zu 1. Der Flächendruck wird um so gleichmäßiger verteilt sein, je geringere elastische oder bleibende Formänderungen die aufeinanderliegenden Teile erleiden und je kleiner das Moment der Kraft, bezogen auf den Schwerpunkt der Druckfläche ist. Je vollkommener diese Voraussetzungen erfüllt sind, um so eher darf der mittlere Flächendruck p zur Beurteilung der Beanspruchung herangezogen werden, der sich bei ebener Auflagerfläche und bei einer senkrecht zu dieser gerichteten Kraft aus

$$p = \frac{P}{f} \quad (22)$$

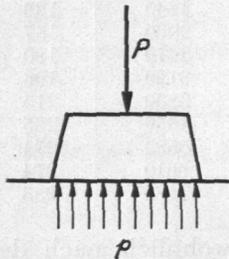


Abb. 22. Flächendruck.

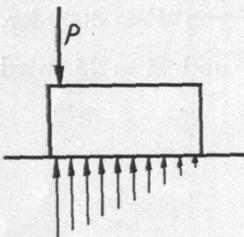


Abb. 23. Ungleichmäßige Verteilung des Flächendrucks bei exzentrischem Kraftangriff.

ergibt. Exzentrische Kraftwirkung kann sehr ungleichmäßige Druckverteilung zur Folge haben, Abb. 23.

Bei der Fortpflanzung des Druckes durch einen Körper hindurch bilden sich Druckkegel oder -pyramiden mit etwa 45° Neigung der Seitenflächen aus, so daß man z. B. im Falle der Abb. 24 erwarten darf, daß sich der Flächendruck an der Unterfläche auf einer Breite $B = b + 2H$ annähernd gleichmäßig verteilt, wenn die Belastung P an der Angriffsstelle gleichmäßig auf der Breite b wirkt. Ein Fundament kann der strichpunktierten Linie entsprechend abgestuft werden.

Verlangt man dagegen, daß die Belastung P von einem niedrigeren Träger, Abb. 25, annähernd gleichmäßig auf den Untergrund übertragen wird, so muß der Träger biegefest gegenüber einem Moment

$$M_b = \frac{P(L-b)}{8}$$

gestaltet sein.

Zu 2. Es sei die allerdings willkürliche Annahme gemacht, daß der senkrecht zu jedem Element gerichtete Flächendruck, auf die Flächeneinheit bezogen, gleich groß sei und p kg/cm² betrage, Abb. 26. Stellt man die Gleichgewichtsbedingung in Richtung der äußeren Kraft P auf, so kommt für das unter dem Winkel α liegende Flächenteilchen df nur die Seitenkraft $df \cdot p \cdot \cos \alpha$ in Betracht, so daß

$$P = \int p \cdot df \cdot \cos \alpha$$

oder, da $p = \text{konst.}$ vorausgesetzt ist,

$$P = p \int df \cdot \cos \alpha$$

wird. Das Integral stellt die Projektion f' der Auflagerfläche senkrecht zur Richtung P dar, so daß $P = p \cdot f'$ oder

$$p = \frac{P}{f'} \quad (23)$$

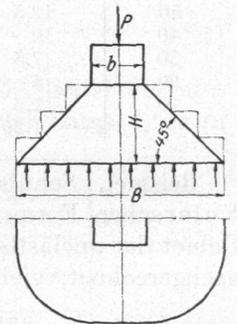


Abb. 24. Druckkegelwirkung.

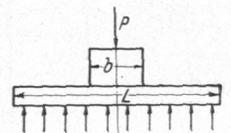


Abb. 25.

wird. p heißt mittlerer Flächendruck und dient als Vergleichswert. Wenn sich beispielweise an zylindrischen, geschmierten Zapfen, wie Versuche gezeigt haben, der Auflagerdruck nicht gleichmäßig verteilt, vgl. Abb. 27, so wird doch an ähnlich geformten Zapfen das Verhältnis zwischen dem größten wirklich auftretenden und dem nach der Formel berechneten mittleren Auflagerdruck $\frac{p_{max}}{p}$ nahezu dasselbe sein. Entnimmt man daher p bewährten Ausführungen, so wird an damit berechneten neuen Zapfen auch p_{max} die zulässige Grenze nicht überschreiten.

Bedenklich ist es freilich, die üblichen Auflagerdrucke auf ungewöhnliche Zapfen-

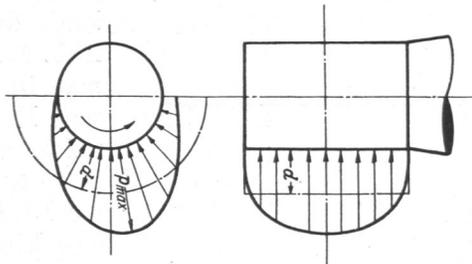
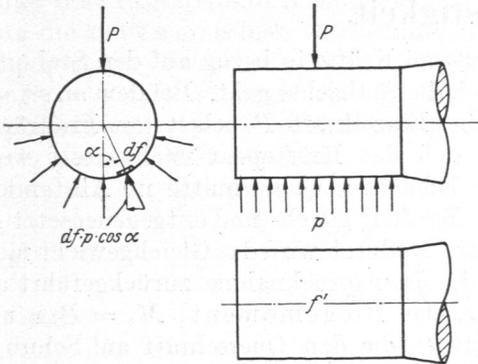


Abb. 26. Zur Ermittlung des mittleren Flächendrucks an einem Zapfen.

Abb. 27. Tatsächliche Verteilung des Auflagerdrucks an einem Zapfen.

formen, z. B. auf sehr kurze anzuwenden, an denen die Schmierung schwieriger ist, weil das Schmiermittel leichter seitlich entweichen kann!

Zu 3. Sauber bearbeitete und zusammengepaßte Oberflächen vertragen höhere Flächendrücke, da man darauf rechnen kann, daß ein größerer Teil der Oberfläche zum Tragen kommt.

Bei der Wahl der zulässigen Flächenpressung ist naturgemäß stets der weniger widerstandsfähige Baustoff der aufeinanderliegenden Teile maßgebend. Unter zu hohen Flächendrücken weicht entweder der Stoff seitlich aus oder dringen die Körper ineinander ein; örtliche Zerstörungen und Fressen treten auf.

Beispielweise ist in Abb. 28, bei der Aufnahme der in einer Säule dauernd, also ruhend wirkenden Kraft von 50000 kg durch den Erdboden, an der Stelle B das Mauerwerk, mit etwa 10 kg/cm², bei C der Untergrund, je nach Umständen mit 2 bis 0,2 kg/cm² zulässiger Belastung maßgebend.

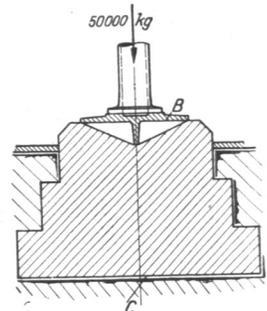


Abb. 28. Säulenfundament.

Sorgfältig ist die Art der Kraftwirkung zu berücksichtigen. Bei ruhender und unveränderlicher Belastung kann der Flächendruck höher als bei veränderlicher oder gar hämmernder, mehr oder weniger stoßweiser Einwirkung genommen werden. Vergleichende Versuche liegen allerdings noch nicht vor; schätzungsweise dürfte aber auch hier das oben begründete Verhältnis 3 : 2 : 1 für die zulässigen Beanspruchungen in den drei aufgeführten Fällen gelten.

Schwellende Beanspruchung liegt vor bei den Druckstücken und Spindelköpfen von Pressen, die während des Pressens einer Höchstbelastung ausgesetzt, beim Rückgang aber entlastet sind, so daß auch die Flächenpressung zwischen einem Höchstwert und Null schwankt.

Hämmernde Wirkung tritt u. a. an den Sitzen selbsttätiger Ventile auf, für die allerdings wegen der Eigenart des Betriebes später aufgeführte Sonderwerte gelten.

Bei der Bemessung des Auflagerdruckes an Flächen, die sich aufeinander bewegen, ist die Reibung, und zwar in bezug auf Abnutzung und Erwärmung maßgebend. Selten und langsam bewegte Teile können nahezu bis zu den Grenzen belastet werden, die für

ruhende Wirkung angegeben sind; rasch bewegte müssen geschmiert werden. Das Wesen der Schmierung ist, die große Reibung zwischen festen Körpern durch die geringere Flüssigkeitsreibung zwischen den Teilchen des Schmiermittels zu ersetzen. Das Schmiermittel darf nicht verdrängt werden; deswegen sind nur geringere, von den Betriebsverhältnissen und der Art des Schmiermittels abhängige Flächendrücke zulässig, für welche bei den Zapfen, Lagern, Schrauben usw. Einzelwerte angegeben sind.

VI. Biegefestigkeit.

Der Fall der Biegung liegt vor, wenn die äußeren Kräfte in bezug auf den Stabquerschnitt ein Kräftepaar bilden, dessen Ebene durch die Stabachse geht. Bei dem an seinem

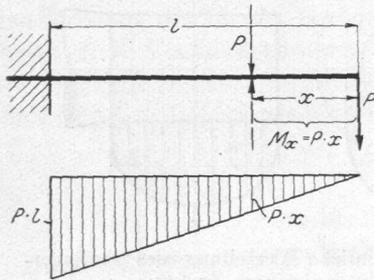


Abb. 29. Freitragler, durch Einzelkraft belastet, darunter Momentenfläche.

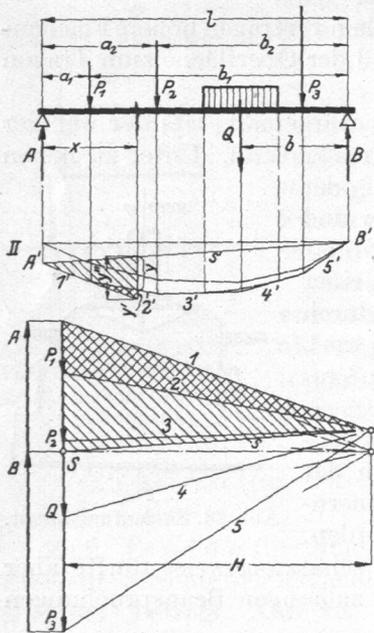


Abb. 30. Ermittlung der Biegemomente.

Ende durch die Einzelkraft P belasteten Freitragler, Abb. 29, läßt sich das Kräftepaar nachweisen, wenn man in einem beliebigen Querschnitte im Abstände x vom Ende die Kraft P gleich- und entgegengesetzt gerichtet anbringt. Dadurch wird das Gleichgewicht nicht gestört, aber die Inanspruchnahme zurückgeführt auf ein Kräftepaar, das Biegemoment, $M_x = P \cdot x$ und eine Einzelkraft P , die den Querschnitt auf Schub in Anspruch nimmt. Die letztere kann meist vernachlässigt werden und gewinnt erst bei verhältnismäßig kurzer Länge des Freitragers Bedeutung.

Die Biegemomente wachsen verhältnismäßig mit der Entfernung x ; sie können mithin durch die dreieckige Momentenfläche, Abb. 29, dargestellt werden, in welcher die Ordinaten die zu den einzelnen Querschnitten gehörigen Biegemomente angeben. Das größte Moment $M_{\max} = P \cdot l$ entsteht an der Einspannstelle. Für die am häufigsten vorkommenden Belastungsfälle sind die Momente und ihre Verteilung in der folgenden Zusammenstellung enthalten.

A. Ermittlung der Biegemomente, der Momentenflächen und der Biegespannungen.

An einem beliebig belasteten Träger, Abb. 30, bestimmt man das Biegemoment M_x für den Querschnitt im Abstände x vom linken Lager rechnerisch, indem man zunächst einen der Auflagerdrücke A oder B ermittelt. Z. B. ergibt die Momentengleichung um den Punkt B

$$A = \frac{P_1 b_1 + P_2 \cdot b_2 + \dots + Q \cdot b}{l}$$

M_x ist dann durch die algebraische Summe der Momente der äußeren Kräfte links oder rechts vom Querschnitt x dargestellt:

$$M_x = Ax - P_1(x - a_1).$$

Zeichnerisch wird die Momentenfläche, Abb. 30, wie folgt gefunden. Nachdem die gleichmäßig verteilte Last Q durch eine Mittelkraft ersetzt ist, trägt man die Kräfte der Reihe nach untereinander auf der Kraftlinie in irgendeinem Maßstabe an und wählt einen Pol O in einem beliebigen Abstände H . Die von O aus nach den Endpunkten der Kräfte gezogenen Geraden $1 \dots 5$ bilden zusammen mit der Kraftlinie das Krafteck I und heißen Polstrahlen. Parallel zu ihnen laufen die Seilstrahlen $1' \dots 5'$,