Wird ein Fabrikgrundstück durch eine öffentliche Straße in zwei Teile zerschnitten, so entstehen hierdurch gewisse rechtliche Schwierigkeiten insofern, als die Kreuzung der Straßen durch Rohrleitungen, Kabel, Fördereinrichtungen, Übergänge u. dgl. den Interessen und Rechten öffentlicher Werke oder privilegierter Unternehmen entgegenstehen kann.

Die Straßen auf dem Fabrikgelände sind beim Entwurf des Bebauungsplanes nach einem großzügigen Netz vorzusehen, auch wenn vorerst nur ein verhältnismäßig kleiner Teil des Grundstückes bebaut wird. Durchgehende Hauptstraßen sind für die Abwicklung des internen Verkehrs, für die Verlegung von Rohrleitungen, Kabeln u. dgl. von außerordentlicher Wichtigkeit. Die Mindestbreite der Straßen ist nach den behördlichen Vorschriften das arithmetische Mittel aus den Hauptgesimshöhen der anliegenden Gebäude (siehe Abb. 39). Bei der Festlegung dieser Maße ist auch auf spätere Aufstockungen und auf die Errichtung von Stockwerksbauten an Stelle vorhandener Flachbauten Rücksicht zu nehmen, damit spätere Schwierigkeiten vermieden werden. Bei einer Hauptgesimshöhe von 20 m für beide Straßenfronten ergibt sich eine Mindeststraßenbreite von 20 m als zweckmäßigstes Breitenmaß für die Hauptstraße innerhalb eines Fabrikgeländes. Falls das arithmetische Mittel der Hauptgesimshöhen zweier Bauwerke einen geringeren Wert als 5 m ergibt, so ist nach der Berliner Bauordnung doch ein Mindestabstand von 5 m einzuhalten, sofern sich in beiden Gebäudefronten Lichtöffnungen befinden. Ist eine der beiden Fronten feuerbeständig ausgeführt, so kann der Mindestabstand auf 2,5 m verringert werden.

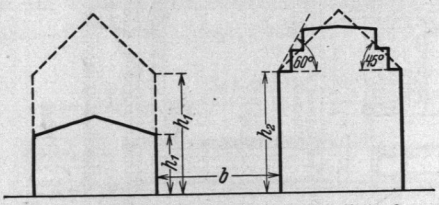


Abb. 39. Berechnung der Breite von Fabrikstraßen:

$$b = \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

Der beste Bebauungsplan ist natürlich wertlos, wenn bei der Ausführung von Erweiterungsbauten die in dem Bebauungsplan festgelegten Richtlinien nicht eingehalten werden. In Sonderfällen wird allerdings eine Änderung der Betriebsverhältnisse auch eine Anpassung des Bebauungsplanes erfordern, doch sollte dann vor Beginn der Erweiterungs- oder Umbauarbeiten eine entsprechende Überarbeitung des Bebauungsplanes erfolgen, der in seiner verbesserten Gestalt für alle Bauausführungen maßgebend sein muß.

III. Gestaltung und Ausführung.

5. Gründungen.

Baustoffe: Beton und Eisenbeton. — Dichtungen. — Flachgründung. — Tiefgründung. — Pfahlgründung. — Brunnengründung. — Schwebegründung. — Chemische Bodenverfestigung. — Erschütterungsschutz.

Beton und Eisenbeton sind die vorherrschenden Baustoffe für Fundamente und Gründungen im Fabrikbau. Der Begriff „Beton" umfaßt so zahlreiche verschiedenartige Gemenge aus Bindemitteln, Sand, groben Zuschlagstoffen und Wasser, daß auch die Eigenschaften dieser verschiedenen Gemenge außerordentlich verschieden sind. Dieser Anpassungsfähigkeit verdankt der Beton seine große Verbreitung, hat man doch durch die Wahl der Bindemittel, Zuschläge und Zuschlagsstoffe ein Mittel in der Hand, die Eigenschaften des Baustoffes der mannigfaltigen Beschaffenheit des Baugrundes und des Grundwassers anzupassen.

Frischer, noch nicht abgebundener Mörtel oder Beton ist am meisten durch den Angriff von Salzen und freien Säuren, die im Boden und im Grundwasser bzw. in der Luft enthalten sind, gefährdet, doch kann auch abgebundener Beton noch durch Salze und Säuren zerstört werden. Voraussetzung für die Reaktion ist, daß die schädlichen Stoffe im Wasser gelöst sind; die Lösung kann auch in feuchter Luft, in Nebel oder Dampf enthalten sein. Besondere Gefahr ist gegeben, wenn die schädlichen Stoffe im Grund- oder Flußwasser gelöst sind und somit durch die Strömung des Wassers immer wieder neue aggressive Stoffe an das Bauwerk herangeführt werden.

Als Schutz gegen die Einwirkung der schädlichen Stoffe kommen Dichtungen der Poren an der Oberfläche des Betons, Anstriche und Umkleidungen des Mauerwerkes in Frage. Vor allem soll aber in solchen Fällen der Beton selbst wasserundurchlässig, also ein sogenannter dichter Beton sein. Von dem frischen Beton ist der Angriff der schädlichen Stoffe möglichst lange, unter allen Umständen aber während der Abbindezeit und im Anfang des Erhärtens fern-

zuhalten. Das dichte Gefüge des Betons soll nicht durch Zusatz besonderer Mittel, sondern durch Auswahl eines zweckentsprechenden Bindemittels, geeigneter Zuschlagstoffe und sorgfältige Zusammensetzung erfolgen. Enthält die angreifende Substanz Sulfate, so sollen als Bindemittel Erz-, Hochofen- oder Tonerdezemente und als hydraulische Zuschlagstoffe Trass, Hochofenschlacke u. dgl. Verwendung finden. In Deutschland wird Tonerdezement unter dem Namen Alca-Zement in den Handel gebracht. Gegen manche Säuren und gegen Öle ist Tonerdezement weniger widerstandsfähig. Erzzement ist gegen die Schwefelverbindungen besonders widerstandsfähig; bei ihm ist die Tonerde fast ganz durch Eisenoxyd ersetzt.

Die vorstehend erwähnte Dichtung der Poren des Betons kann an der Oberfläche durch Anstrich mit Fluaten, d. s. Aluminium-, Kieselsäure- oder Kieselfluorwasserstoffsäure-Verbindungen, erfolgen. Auch Asphaltpräparate, die keinen Teerpechzusatz enthalten, haben sich bewährt. Die Sohle der unter Wasser liegenden Betonbauwerke kann dadurch geschützt werden, daß sie auf eine Isolierschicht aus Hartbrandsteinen mit Asphaltfugen gelegt wird. Die aufgehenden Betonflächen können als Schutz einen der oben angegebenen Anstriche erhalten. In besonderen Fällen empfiehlt es sich, auch die aufgehenden Flächen durch Umkleidungen aus Hartbrandklinkern oder durch teerfreie, bitumenhaltige Isolierungen zu schützen[1].

Die Höhe des Grundwasserstandes ist für alle Bauwerke von großer Bedeutung. Der Grundwasserstand kann je nach den Jahreszeiten beträchtlich schwanken, daher ist die Kenntnis des höchsten Grundwasserstandes Voraussetzung für die Planung und Ausführung der Gründungsarbeiten. Besonders gilt dies auch für die Gründungen von unterkellerten Gebäuden, wenn nicht die Entfernung der Oberfläche des Grundwassers von der Kellersohle so groß ist, daß auf das Grundwasser keine Rücksicht genommen zu werden braucht. Im allgemeinen soll der Mindestabstand vom höchsten Grundwasserstand bis Unterkante Unterbeton des Kellerfußbodens 30 cm betragen; bei einem kleineren Abstand würde der Kellerfußboden ständig durchfeuchtet werden. Das gleiche gilt auch von Montage-, Schwungradgruben u. dgl. Wenn sich die Oberfläche des höchsten Grundwassers diesem Mindestabstand nähert oder ihn erreicht, ist es ratsam, dem Unterbeton des Fußbodens ein dichtes Gefüge zu geben, was in solchen Fällen auch durch einen Zusatz von Ceresit oder ähnlichen Stoffen geschehen kann. Wird der Abstand von 30 cm unterschritten oder liegen die Kellerräume im Grundwasser, so sind zum Schutze hiergegen Dichtungen vorzunehmen, wobei die durch den Auftrieb des Wassers gegebenen statischen Verhältnisse durch entsprechende konstruktive Maßnahmen berücksichtigt werden müssen. Da auf keinem Gebiete des Bauwesens so widerspruchsvolle und falsche Vorstellungen selbst unter Fachleuten herrschen wie auf dem Gebiete der Bauwerksdichtung, hat der Deutsche Normenausschuß das Normblatt DIN 4031 (wasserdruckhaltende Dichtungen aus nackten Teerpappen oder nackten Asphalt-Bitumenpappen für Bauwerke) entworfen. In den Erläuterungen zu diesem Normblatt wird mit Recht gesagt, daß sachgemäß vorgenommene Dichtungen von Bauwerken dem Bauherrn unnötige Ausgaben ersparen. Eine einzige unsachgemäß vorgenommene Abdichtung kann eine ständige Gefahr für das betreffende Bauwerk bedeuten. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieses Gebietes werden nachstehend diejenigen Angaben des Normblattes sinngemäß wiedergegeben, die auf die Planung eines Bauwerkes Einfluß haben können:

Wasserdruckhaltende Dichtungen sind hautartige Gebilde aus mehreren Lagen nackter Teerpappe oder nackter Asphalt-Bitumenpappe, die mit heiß zu verarbeitender Klebemasse (Aufstriche) zusammengeklebt sind. Die Pappen sind die Träger der Aufstriche und erhöhen die mechanische Widerstandsfähigkeit der Gesamtdichtung. Die dichtende Wirkung selbst üben nur die Aufstriche aus. Zu wasserdruckhaltenden Dichtungen dürfen nur nackte Teerpappen mit einem Rohpappengewicht von 0,625 kg/m² oder nackte Asphalt-Bitumenpappen mit einem Wollfilzpappengewicht von 0,625 kg/m² verarbeitet werden. Die Unterlagsfläche für die wasserdruckhaltende Dichtung muß fest, trocken und frei von Unebenheiten sein. Winkel und Ecken müssen mit mindestens 4 cm Halbmesser ausgerundet, Kantenvorsprünge und Kehlen abgerundet sein. Durchbrechungen in der Dichtung müssen nach Möglichkeit vermieden werden. Für das Eindichten aller die Dichtung durchdringenden Bauteile sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Wasserdruckhaltende Dichtungen sollen in der Regel auf der Wasserdruckseite angebracht werden und einen bis über Wasserhöhe in sich geschlossenen Trog bilden; sie werden von mindestens 30 cm Höhe über höchstem Wasserspiegel bis 3,5 m Tiefe abwärts dreilagig, in größeren Tiefen vierlagig angewandt. Die Zahl der Aufstriche richtet sich nach Art und Zweck der Dichtung. Bei der dreilagigen Dichtung müssen mindestens drei, bei der vierlagigen Dichtung mindestens vier Aufstriche vorgenommen werden. Die einzelnen Lagen sind sorgfältig miteinander zu verkleben. Die zuletzt aufgebrachte Papplage muß einen besonders gleichmäßig deckenden Aufstrich erhalten. Die Dichtung muß vor Beschädigung geschützt und zwischen zwei starren Körpern fest eingepreßt werden.

[1] Für ein eingehendes Studium der Betonzusammensetzung und -herstellung sei die „Anweisung für Mörtel und Beton der Deutschen Reichsbahngesellschaft", Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1928, empfohlen, in der auch besonders die Maßnahmen zum Schutze des Betons gegen angreifende Stoffe behandelt sind.

Waagerecht verlegte Dichtungen müssen fortlaufend mit der Herstellung überbetoniert oder vermauert werden. Der Beton für die Schutzschicht muß mit Sand bis 2 mm Korngröße i. M. von mindestens 1 R.T. Zement zu 5 R.T. Sand hergestellt werden und eine Stärke von mindestens 5 cm haben. Bei 10 cm starker Betonschutzschicht genügt ein Mischungsverhältnis von 1 : 8. Vor der Verlegung von Eisenbewehrungen muß die Schutzschicht erhärtet sein. Werden vor den senkrechten fertigen Dichtungsflächen Ziegelmauern errichtet, so sind diese unter Anordnung einer mindestens 4 cm starken Fuge aufzuführen, die fortlaufend mit dem Hochmauern mit erdfeuchtem Beton i. M. von mindestens 1 R.T. Zement zu 5 R.T. Sand auszufüllen ist. Wird die Dichtung auf fertiges Mauerwerk von außen aufgebracht und eine schwache Schutzschicht aus Beton- oder Mauerwerk ausgeführt, so ist die Schutzschicht fortschreitend mit dem Hochführen mit Erde fest zu hinterstampfen. Bei Anwendung von Mauerwerk ist außerdem in der gleichen Weise zu verfahren, wie vorstehend schon gesagt. Die normale Dichtung verträgt höchstens eine Temperatur von + 30°. Zur Abhaltung höherer Temperaturen bei Heizkellern, Rauch- und Heizkanälen, sowie in ähnlichen Fällen müssen zweckentsprechende Vorkehrungen getroffen werden.

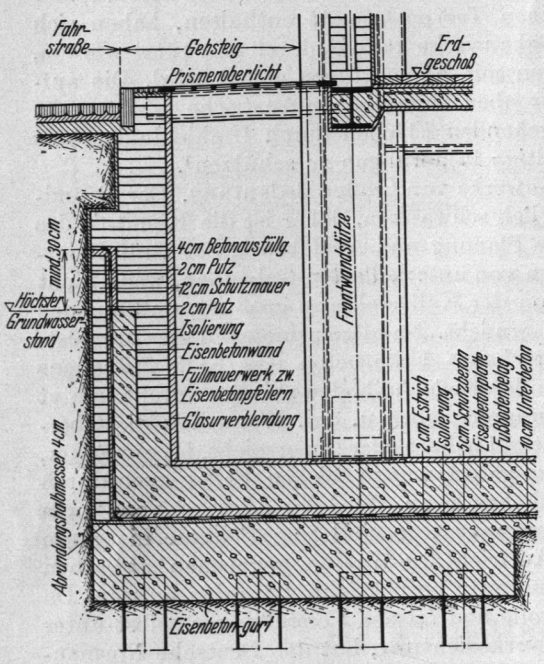


Abb. 40. Vorschriftsmäßige Anordnung einer wasserdruckhaltenden Dichtung.

Das gedichtete Bauwerk darf nicht eher den Kraftwirkungen des Grundwassers ausgesetzt werden, als die zur Aufnahme äußerer Kräfte bestimmten Bauwerksteile ihre volle Tragfähigkeit erlangt haben. Auch ist darauf zu achten, daß etwaige Maschinenlasten, die in der statischen Berechnung als Gegenkräfte zu dem Wasserauftrieb eingesetzt sind, erst nach der Montage wirksam werden. Bis dahin muß entweder die Grundwasser-Absenkungsanlage in Betrieb gehalten oder das Bauwerk an den Lastangriffspunkten vorübergehend belastet werden. Gegebenenfalls ist die statische Berechnung für den ungünstigsten Belastungsfall aufzustellen, der jemals eintreten kann. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, daß bei einer etwaigen Umstellung des Fabrikbetriebes später die mit ihren Lasten in die Rechnung eingesetzten Maschinen und sonstigen Einrichtungen evtl. abgebrochen werden können, ohne daß dann an die bei der Aufstellung der statischen Berechnung gemachten Voraussetzungen gedacht wird.

Als Grundwasser wird vielfach fälschlich auch das Oberflächenwasser angesehen, welches auftritt, wenn der Boden oberhalb des Grundwasserspiegels fast oder ganz wasserundurchlässige Schichten enthält; das Tageswasser kann in diesem Falle nicht direkt zum Grundwasser abfließen. Tritt das Oberflächenwasser in der Nähe von Bauwerken auf, so ist durch Drainage für eine Ableitung des Wassers Sorge zu tragen.

Um die Baugrube während der Ausführung trocken zu halten, muß das anfallende Oberflächen- oder Grundwasser aus der Baugrube fortgepumpt oder der Grundwasserspiegel gesenkt werden. Im ersten Falle spricht man von einer offenen Wasserhaltung. Die Grundwasserabsenkung erfolgt durch Brunnen, welche als Rohrbrunnen oder Schachtbrunnen ausgeführt werden können[1].

Die im Fabrikbau vorkommenden Gründungsarten sind folgende:

1. Flachgründung. Hierunter sind diejenigen Fundamente zu verstehen, die unmittelbar unter der Erdoberfläche angelegt werden können, d. h. die normalen Fundierungen nicht unterkellerter Baulichkeiten. Die Ausführung erfolgt meist in Beton (Stampfbeton oder weichem Beton), seltener in Mauerwerk. Die Neigungslinie der Seitenflächen soll mit der Horizontalen einen Winkel von 60° oder mehr bilden. Werden die Fundamente abgetreppt, so dürfen die Absätze nicht in die angenommene Neigungslinie einschneiden. Wird die Tiefe bei einer Ausführung in Beton zu groß, so können die Fundamente auch in Eisenbeton hergestellt werden; bei dieser Bauweise wird meist nicht unbeträchtlich an Höhe gespart.

Bei mittelmäßigem Baugrund können die Einzelfundamente der Stützen und Pfeiler zu Fundamentstreifen, auch Plattenroste genannt, zusammengefaßt werden. Die Ausführung erfolgt

[1] Eine eingehende Darstellung der Grundwasserabsenkung hat Dr.-Ing. Kyrieleis in dem Werk Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten, Berlin: Julius Springer, gegeben.

immer in Eisenbeton. Diese Gründungsstreifen, durch die auch Ungleichheiten im Baugrund ausgeglichen werden, sollen möglichst ein zusammenhängendes Netz bilden. Im ungünstigsten Falle können die Plattenroste miteinander zu einer unter dem ganzen Bauwerk durchgehenden Eisenbetonplatte verbunden werden. Bei ungleichen Setzungen des Untergrundes ist es dann jedoch gar nicht oder nur mit großen Schwierigkeiten möglich, nachträglich Verstärkungen oder Unterfangungen vorzunehmen. Es ist anzuraten, an Stelle der Flachgründung in Gestalt einer durchgehenden Platte eine andere Gründungsart zu wählen und, wenn die Bodenverhältnisse dies gestatten, die Lasten auf eine tragfähigere, tieferliegende Schicht zu übertragen. Die Praxis kennt viele Fälle, in denen sich Bauwerke, die auf einer durchgehenden Platte gegründet waren, infolge ungleicher Setzungen des Untergrundes schief stellten und einstürzten bzw. abgetragen werden mußten.

2. Tiefgründung. Hierzu rechnen alle ein- oder mehrgeschossig unterkellerten Bauwerke und sonstige Hohlraumbauten. Die Übertragung der Lasten auf den Baugrund erfolgt je nach den

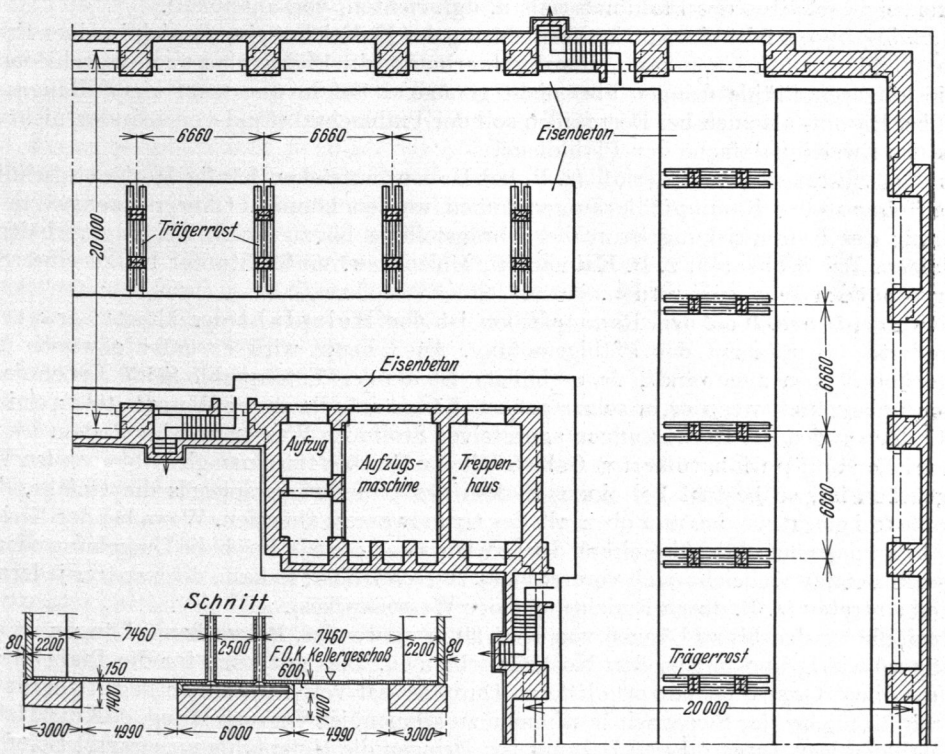


Abb. 41. Plattenrostgründung eines unterkellerten Stockwerkbaues.

näheren Umständen wie bei der Flachgründung durch Einzelfundamente, durch Plattenroste oder durch eine durchgehende Eisenbetonplatte. Abb. 41 zeigt die Gründung eines unterkellerten Stockwerkbaues in Gestalt von Plattenrosten. Die Unterkellerung liegt oberhalb des Grundwassers; der Baugrund ist ein Gemisch aus Mittel- und Feinsand. Die Darstellung gilt auch sinngemäß für eine Flachgründung.

Im weiteren Sinne gehören zu den Tiefgründungen auch tiefergeführte Fundamente. Ist eine wenig tragfähige Schicht nicht allzu mächtig, so dürfte es in den meisten Fällen wirtschaftlich sein, diese Schicht zu durchdringen oder abzutragen und das Bauwerk auf dem darunterliegenden tragfähigen Baugrund zu gründen.

3. Pfahlgründung. Die Überleitung der auf die Stützen und sonstigen Tragelemente eines Bauwerkes konzentrierten Lasten auf eine tieferliegende, tragfähige Bodenschicht erfolgt nach verschiedenen Methoden. Wenn ein Eindringen in die tragfähige Schicht möglich ist, so kommt meistens eine Pfahlgründung aus Rammpfählen in Frage. Bei felsigem Untergrund muß die Lastenübertragung vielfach auf andere Art, z. B. durch eine Brunnengründung oder eine Pfahlgründung aus Bohrpfählen erfolgen. Sollen schädliche Setzungen des Bauwerkes vermieden

werden, so müssen die Pfähle genügend tief in den guten Baugrund (1,50 bis 2 m) eindringen. Bei allen Pfählen werden die übertragenen Lasten je nach der Beschaffenheit der durchfahrenen Schichten entweder von der Spitze bzw. dem verbreiterten Fuß allein oder teilweise auch durch die Wandreibung aufgenommen. Im Grenzfalle werden, wenn die Pfähle tragfähigen Boden nicht erreichen, die Lasten fast allein durch die Wandreibung aufgenommen (Schwebegründung).

Die zulässige Belastung der Pfähle wechselt in gewissen Grenzen mit dem System; sie ist vielfach durch örtliche baupolizeiliche Bestimmungen festgelegt. Für die Planung kann jedoch überschläglich angenommen werden, daß die zulässige Belastung eines Betonrammpfahles in t der Pfahldicke in cm entspricht. Bei gleichem Durchmesser trägt ein Bohrpfahl etwa 15 bis 20% weniger als ein Rammpfahl. Für Holzpfähle sind 80 bis 85% des sich für Betonrammpfähle gleichen Durchmessers ergebenden Wertes anzunehmen. Die behördlich zugelassenen Belastungen gelten für ruhende Lasten; bei Schwingungen auslösenden oder bewegten Lasten sind Sicherheitsabschläge, die sich nach den Bodenverhältnissen, nach der Höhe des Pfahlrostes, nach den Festigkeitseigenschaften des Pfahlmaterials u. dgl. richten, vorzunehmen[1].

Bei Pfahlgruppen tritt eine starke Verdichtung des Erdreiches ein, die sich in einer Erhöhung der Tragfähigkeit ausdrücken kann. Hierdurch erhalten die Pfähle aber auch verschiedene Längen; die kürzeren Pfähle dringen also nicht genügend tief in den tragfähigen Baugrund ein. Sowohl bei Ramm- als auch bei Borpfählen soll der Pfahlachsabstand voneinander nicht kleiner sein als das Zweieinhalbfache der Pfahldicke.

Aus dem System des Tragwerkes (z. B. bei Hallen) entstehen häufig Horizontalschübe, die durch schräggestellte Rammpfähle aufgenommen werden können. Ohne nennenswerte Beeinträchtigung der Rammwirkung kann die Schrägstellung bis zu einem Neigungsverhältnis von 5:1 erfolgen. Bei Seebauten, z. B. Kaimauern, Molen usw. muß mitunter bis zu einer Schrägstellung von 3½:1 gegangen werden.

a) Rammpfähle. Von den Rammpfählen ist der Holzpfahl der älteste; er war durch Jahrhunderte das Element der Pfahlgründung. Auch heute wird er unter gewissen Voraussetzungen noch gern angewandt, da er billiger ist als der Betonpfahl. Seine Lebensdauer ist praktisch unbegrenzt, wenn er in seiner ganzen Länge ständig unter Wasser steht; er ist auch unempfindlich gegen die Einwirkungen aggressiver Stoffe im Wasser und im Boden. Da jedoch in industriellen und stark bevölkerten Gebieten keine Gewähr für einen gleichbleibenden Wasserstand gegeben ist, so besteht bei einem Sinken des Grundwasserspiegels die Gefahr, daß die Pfahlköpfe frei gelegt werden und oberhalb des Grundwassers abfaulen. Wenn bei der Errichtung einer Fabrikanlage mit einer Absenkung des Grundwasserspiegels durch die Umgebung oder durch den eigenen Betrieb vielleicht auch vorerst nicht zu rechnen ist, so kann doch später jederzeit das Gegenteil eintreten (z. B. durch Errichtung eines Wasserwerkes).

Holzpfähle werden bis zu Längen von etwa 20 m verwendet. Bei größeren Längen ist die Beschaffung schwierig und mit großen Kosten verbunden. Dies gilt auch für die Pfahlstärke, für welche die obere Grenze bei einem mittleren Durchmesser von etwa 45 cm liegt. Um die Pfahllängen mit hinreichender Sicherheit bestimmen zu können, ist Voraussetzung, daß die Tiefenlage des tragfähigen Baugrundes genau bekannt ist. Dringen die Holzpfähle unerwartet tiefer ein, so sind fast immer Aufständerungen notwendig, die die Tragfähigkeit beeinträchtigen.

Holzpfähle sollen in die Unterseite des getragenen Bauwerkes etwa 20 bis 30 cm tief eingreifen. Werden bei Pfahlgruppen die Köpfe der einzelnen Pfähle vorher durch Bandeisen miteinander verbunden, so ist zwischen Pfahl und Bandeisen ein Abstand von 3 bis 4 cm zu lassen. Berührt das Bandeisen die Pfähle, so liegt die Gefahr vor, daß der Beton durch das Rosten des Bandeisens zersprengt wird.

Der besondere Nachteil des Holzpfahles, der darin liegt, daß er ständig vollkommen unter Wasser stehen muß, fällt bei dem Eisenbetonpfahl fort. Der Eisenbetonpfahl wird seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts angewandt. In der ersten Zeit wurde er mit rundem Querschnitt ausgeführt; bald jedoch ging man aus Billigkeitsgründen zum vier- oder mehreckigen Querschnitt über. Die größte Herstellungslänge ist im allgemeinen 20 m; darüber hinaus wird der Pfahl zu schwer und deshalb zu unhandlich. In besonderen Fällen sind aber auch schon Pfähle

[1] Nähere Angaben siehe Brennecke-Lohmeyer: Der Grundbau. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1927; Kafka: Die Theorie der Pfahlgründung. Berlin: Julius Springer 1912; Emperger: Handbuch für Eisenbetonbau, Bd. 3; Grundbau 1922, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn; Schoklitsch, A.: Der Grundbau. Berlin: Julius Springer 1932; Franzius, O.: Der Grundbau. Berlin: Julius Springer 1927; Hetzell u. Wundram: Die Grundbautechnik und ihre maschinellen Hilfsmittel. Berlin: Julius Springer 1929.

von mehr als 20 m verwendet worden. Die Pfähle werden in Stärken bis zu 60 cm Durchmesser des einbeschriebenen Kreises hergestellt. Der Beton muß von großer Festigkeit und von dichtem Gefüge sein. Letztgenannte Eigenschaft ist von besonderer Wichtigkeit, wenn der Pfahl aggressiven Stoffen im Wasser oder im Boden ausgesetzt ist. In solchen Fällen ist ein möglichst kalkarmer Zement zu verwenden und dem Pfahl eine glatte Oberfläche zu geben. Zum weiteren Schutz kann der vollkommen trockene Pfahl noch mit Fluat getränkt, ferner noch mit einem Asphaltpräparat bestrichen werden. Der Anstrich muß einen vollständigen Porenschluß gewährleisten; der Porenschluß wird am vollkommensten, wenn das Präparat durch Preßluft aufgespritzt wird. Die Schutzwirkung wird aber zweifelhaft, wenn Bodenschichten durchfahren werden müssen, die scharfkantiges Material enthalten. Es besteht dann die Gefahr, daß die Anstriche durch Schrammen unkontrollierbar beschädigt werden.

Eisenbetonpfähle werden fabrikmäßig hergestellt und brauchen eine Erhärtungszeit von mindestens 6 Wochen. Da aus den Bohrergebnissen ein sicherer Schluß auf die zu erwartenden Pfahllängen nicht gezogen werden kann, so müssen diese reichlich angenommen werden, um ein Aufständern bei einem tieferen Eindringen zu vermeiden. Ein großer Mangel des Eisenbetonpfahles besteht darin, daß er nach dem Einrammen immer „gekappt" werden muß, d. h. daß das Kopfende abzustemmen ist, damit die Bewehrungseisen frei liegen und in das aufzusetzende Fundament bzw. Bankett geführt werden können. Dadurch entstehen Zeit- und Materialverluste, die um so größer sind, je länger das Abfallende ist.

In neuerer Zeit haben auch runde, eisenarmierte Betonhohlpfähle, die nach dem Schleuderverfahren hergestellt sind, als Rammpfähle Anwendung gefunden.

Die Nachteile des Holzpfahles und des Eisenbetonpfahles werden von den sogenannten Ortspfählen vermieden. Hierzu gehören in der Gruppe der Rammpfähle solche Systeme, die mit einer „verlorenen Hülse" (z. B. Conrad, Germania, Janßen, Mast, Raymond, Stern) und solche Systeme, die mit „wiedergewonnener Hülse" (z. B. Frankignoul, Simplex, Wilhelmi, Zimmermann) arbeiten. Es würde zu weit führen, alle diese Systeme einzeln zu beschreiben. Bei den Ortspfählen wird die Betonmasse an Ort und Stelle in die vorher eingerammte Hülse gebracht. Die Pfahllänge paßt sich ohne nennenswerten Materialverlust auch stark wechselnden Tiefenlagen des tragfähigen Baugrundes an und kann noch unter der Ramme beliebig verändert werden. Die gebräuchlichen Pfahldurchmesser liegen zwischen 25 und 40 cm. Die Pfähle erhalten, wie die fertigen Eisenbetonpfähle, Längs- und Querbewehrung; die Längseisen ragen in das aufzusetzende Fundament oder Bankett hinein.

Bei allen Rammarbeiten in der Nähe bestehender Baulichkeiten ist immer zu befürchten, daß durch die Erschütterungen beim Rammen in den benachbarten Gebäuden Risse infolge von Setzungen entstehen. Diese Bedenken sind nicht ungerechtfertigt, wenn es sich um Holz- oder Eisenbetonpfähle oder um Ortspfähle mit Kopframmung handelt. Bei diesen Pfählen tritt mit jedem Rammschlag eine Erschütterung des Pfahles ein, die sich dem umgebenden Erdreich mitteilt. Die Schwingungen werden um so größer, je weiter der Pfahl in das Erdreich eindringt. Bei den Ortspfählen mit Innenrammung bleiben die Erschütterungen auf ein Mindestmaß beschränkt. Die Schwingungen des Erdreiches werden um so mehr gedämpft, je tiefer der Pfahl eindringt. An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, daß es dringend anzuraten ist, benachbarte Bauwerke vor und während der Ausführung von Rammarbeiten zu photographieren. Sollten sich Differenzen mit der bauausführenden Firma oder mit den Nachbarn ergeben, so stellen die photographischen Aufnahmen wertvolle Beweisstücke dar.

Ortspfähle mit verlorener Hülse haben gegenüber dem fertigen Eisenbetonpfahl den Vorteil, daß sie bei Vorhandensein von aggressiven Stoffen im Boden und im Wasser im Innern mit einem Asphaltschutzanstrich versehen werden können. Bei dem „System Mast" z. B. werden nach einem geschützten Verfahren zwei Anstriche ausgeführt; der erste Anstrich erfolgt nach dem Einrammen und der zweite kurz vor dem Betonieren. Der Beton verbindet sich innig mit dem noch nicht ganz erhärteten Asphalt, so daß ein vollkommen isolierter Pfahl, frei von Beschädigungen an der Oberfläche, vorhanden ist, wenn nach Jahren die Blechhülse zerstört sein sollte.

Abb. 42 zeigt den Ramm- und Fundamentplan eines Stahlskelett-Stockwerkbaues, der auf Rammpfählen „System Mast" von 32 cm Durchmesser und 8 bis 11 m Länge, mit Oberflächenisolierung gegründet ist. Im fertigen Ausbau hat das Gebäude 9 Stockwerke und eine Gesamthöhe von 40 m. Die Gesamtlänge der gerammten Pfähle beträgt 13265 m.

Die Anwendung der Pfahlfundierung für eine industrielle Kohlenmahlanlage mit Kohlentransportanlage und Ufermauer zeigt Abb. 43.

b) Bohrpfähle. Die Bohrpfähle sind sämtlich Ortspfähle; als Baustoff kommt Beton, teils mit, teils ohne Eisenarmierung in Frage. Die Anwendung erfolgt, wenn bei kleineren Objekten

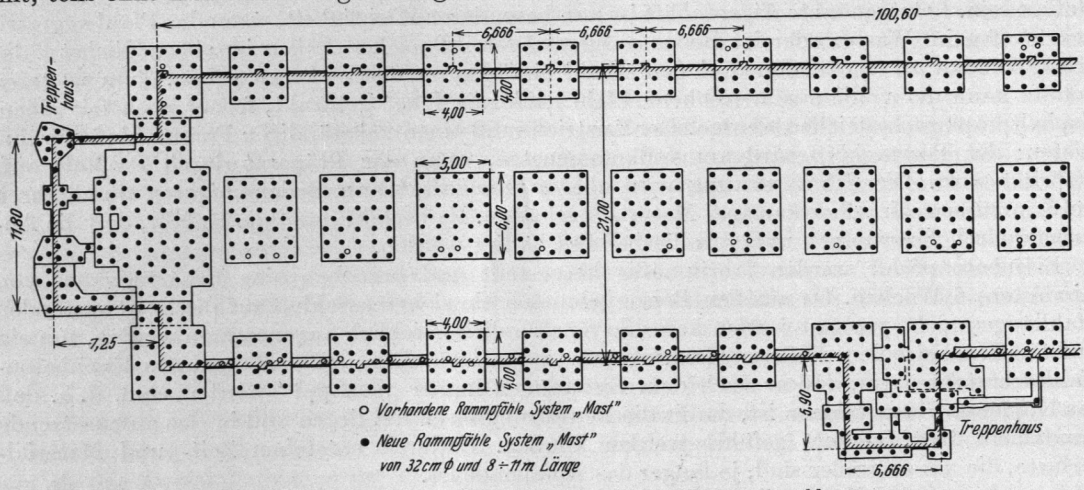


Abb. 42. Ramm- und Fundamentplan eines Stahlskelett-Stockwerkbaues.

sich die Aufstellung einer Ramme nicht lohnt oder wenn sich Rammarbeiten nicht durchführen lassen. Die wesentlichen Nachteile der Bohrpfähle sind, daß ihre Herstellung nicht so einwandfrei beobachtet werden kann wie bei Rammpfählen und daß sie wegen des größeren Anteiles an Handarbeit meist teurer sind als diese. An Stelle des Rammverfahrens tritt bei der Ausführung ein Bohrverfahren, d. h. es wird ein Bohrrohr bis in die tragfähige Schicht vorgetrieben, das nach absatzweiser bzw. ganzer Füllung mit Beton

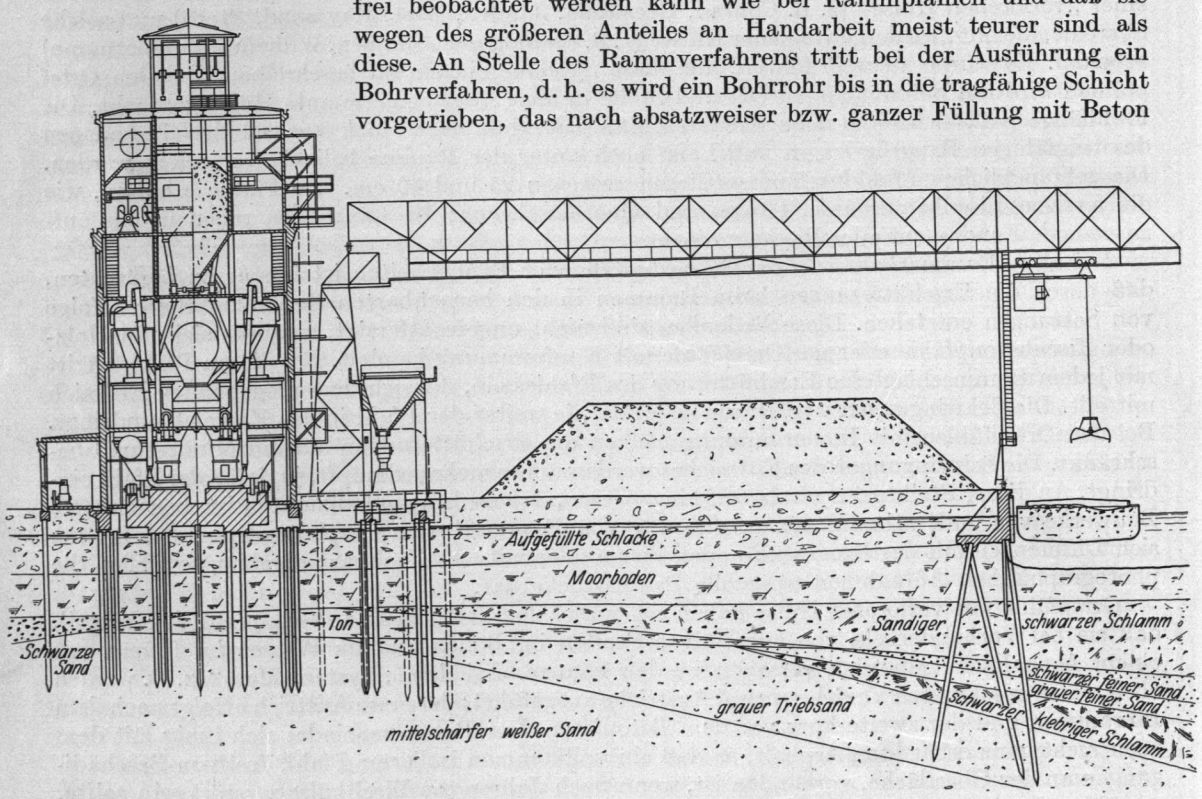


Abb. 43. Pfahlfundierung einer Kohlenmahlanlage mit Lagerplatzbrücke; die landseitigen Bauwerke sind auf Betonpfählen, die Ufermauer auf Holzpfählen gegründet.

wieder gezogen wird. Der entstehende Betonpfahl hat eine rauhe Oberfläche und erhält wulstartige Verstärkungen; es entsteht eine vorteilhafte Wandreibung, die noch erhöht wird durch die Verdichtung des Erdreiches.

Der einfache Bohrpfahl wurde kurz nach 1900 von dem russischen Ingenieur A. Strauß in Deutschland eingeführt und wird deshalb noch vielfach als Straußpfahl bezeichnet. Die Verdichtung des Betons nach einem absatzweisen Einbringen bei gleichzeitigem Ziehen des Bohrrohres erfolgt durch einen Stampfklotz. Durch übermäßig schnelles Ziehen des Bohrrohres können jedoch bei ungenügender Füllung Fehlstellen, d. h. Einschnürungen oder sogenannte „Taillen" entstehen, die die Tragfähigkeit des Pfahles mindern.

Gegen diesen Übelstand sind die sogenannten Preßbetonpfähle gesichert, da bei ihnen der Beton durch hohen Druck gegen den Boden und die Wandungen des Bohrschachtes gepreßt und alle Hohlräume ausgefüllt werden. Bekannte Systeme dieser Art sind „Wolfsholz" und „Michaelis-Mast".

Die Durchmesser der Bohrrohre der genannten Systeme liegen zwischen 25 und 50 cm.

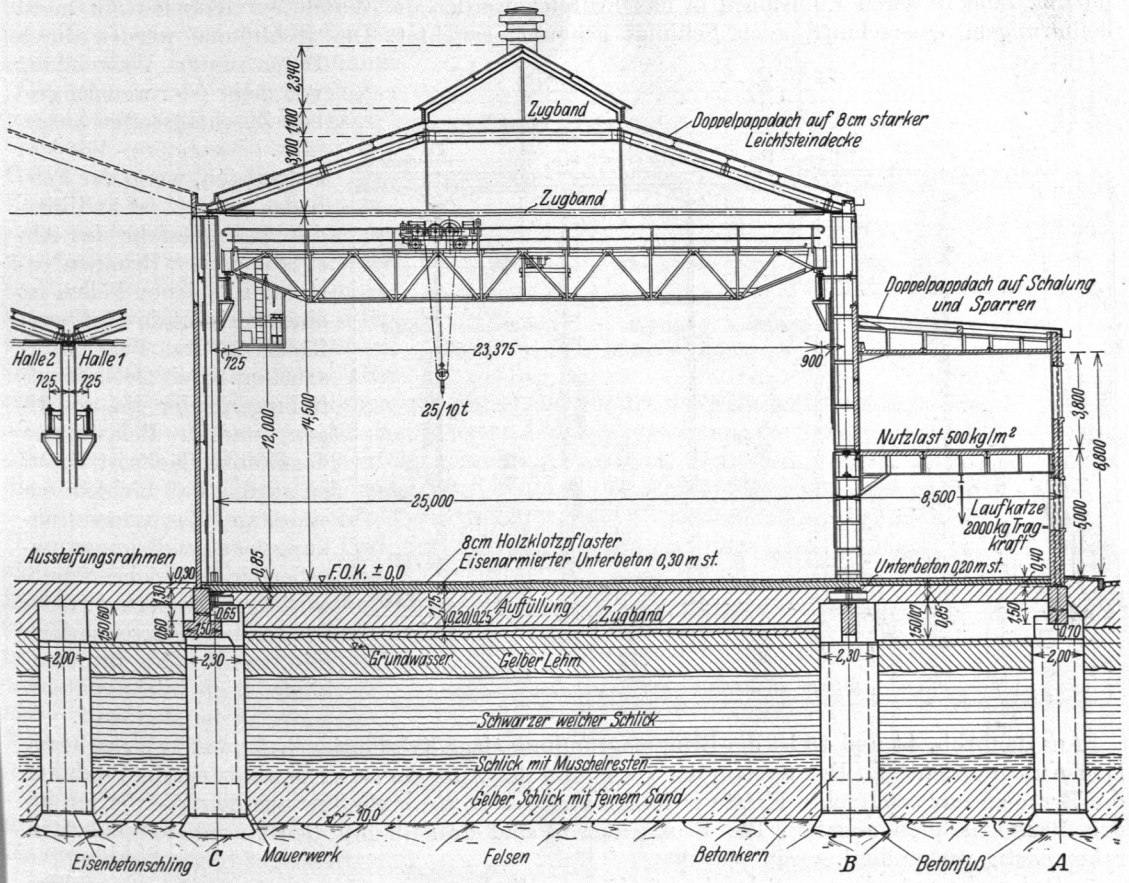


Abb. 44. Brunnengründung einer Halle (Querschnitte).

4. Brunnengründung. Die Brunnengründung ist eine Pfeilergründung, bei der die Lasten konzentrierter als bei Pfählen auf den tragfähigen Baugrund übertragen werden. Diese Gründungsart wird hauptsächlich angewandt, wenn die zu durchfahrenden Erdschichten aus Moor, Schlick oder ähnlichen nachgiebigen Stoffen bestehen und als tragfähiger Baugrund Fels in Frage kommt, in den also Rammpfähle nicht eindringen und eine genügende Einspannung erhalten können.

Die Brunnen können in ihrer Grundrißform dem zu tragenden Bauteil angepaßt werden (z. B. Rechteck). Die Kreisform ist jedoch zu bevorzugen, da hierbei die geringste Reibung auftritt. Rechteckige Brunnen bleiben beim Absenken leicht an den Ecken hängen. Die Brunnen sind offene Hohlkörper, die durch ihr Eigengewicht oder durch entsprechende Belastung in das Erdreich hineingedrückt und nach Erreichung des tragfähigen Baugrundes sowie Entfernung aller Bodenteile aus dem Innern in entsprechender Weise ausgefüllt werden. Die Brunnenwandungen können aus Holz, Beton oder Eisenbeton, Mauerwerk oder Eisen bestehen. Im

Fabrikbau werden die Brunnen in der Regel aus Beton bzw. Eisenbeton oder aus Mauerwerk hergestellt.

Die Größe der Brunnen richtet sich nach der zulässigen Beanspruchung des tragfähigen Baugrundes. Die Brunnenwände sind so stark wie möglich zu halten, um durch reichliches Gewicht ein leichtes Absenken herbeizuführen. Brunnen unter 1,50 m Durchmesser sollten vermieden werden, da bei einem Hohlraum von weniger als 1 m Durchmesser das mit dem Absinken gleichzeitig vorzunehmende Herausschaffen des verdrängten Erdreichs Schwierigkeiten bereitet. Kleinere Brunnen setzen sich auch ungleichmäßiger und stellen sich leichter schief als Brunnen mit größeren Abmessungen. Sind Bodenschichten mit verschiedener Dichte und demzufolge verschiedener Reibung vorhanden, so muß der Gefahr des Abreißens eines Teiles des Brunnens durch einzumauernde Zuganker vorgebeugt werden. Zweckmäßig sind die Außenflächen zu putzen. Zum besseren Eindringen in das Erdreich werden die Wände auf Kränzen mit meist keilförmigem Querschnitt, auch Schlings genannt, errichtet. Die Hohlräume werden durch Beton unter Verwendung von mehr oder weniger groben Zuschlagstoffen ausgefüllt. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn der Felsboden geneigt ist und hierdurch die Gefahr des Abrutschens der Brunnen besteht. In solchen Fällen ist eine horizontale Auflagerfläche in den Fels einzuarbeiten. Bei Geländeauffüllungen oder bei sonstigen starken Belastungen der Erdoberfläche ist darauf zu achten, daß nicht durch einseitige Zusammendrükkung des einen Brunnen umgebenden Erdreiches Schubwirkungen entstehen; diese können besonders schädlich sein, wenn die Brunnenköpfe noch nicht miteinander verbunden sind.

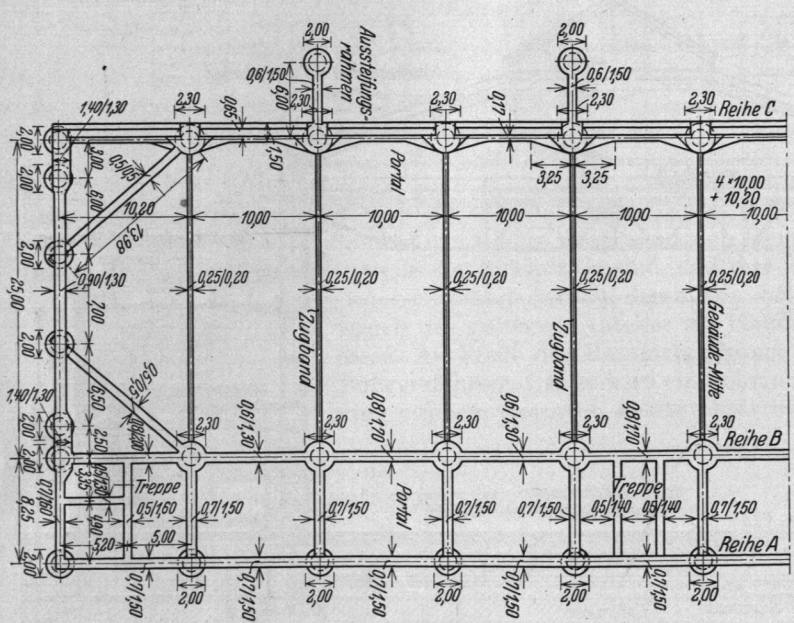


Abb. 45. Grundriß zu Abb. 44.

Aus den Abb. 44 und 45 ist die Brunnengründung einer Fabrikationshalle mit zweigeschossigem Anbau ersichtlich. Das System der Halle und des Anbaues ist so gewählt worden, daß auf die Brunnen nur senkrechte Kräfte entfallen und der Horizontalschub aus den Windlasten an den Brunnenköpfen angreift. Die Brunnenkerne sind deshalb mit den Eisenbetonbanketten rahmenartig verbunden[1].

5. Schwebegründung. Schwebegründungen finden Anwendung, wenn der tragfähige Baugrund in einer technisch oder wirtschaftlich nicht erreichbaren Tiefe liegt. Voraussetzung für eine Schwebegründung ist, daß der schlechte Untergrund an allen Stellen eine gleiche Dichte und eine gleiche Mächtigkeit hat, so daß ungleiche Setzungen des auf einer durchgehenden Eisenbetonplatte zu gründenden Bauwerkes vermieden werden. Auch die auf die Eisenbetonplatte wirkenden Lasten sollen möglichst gleichmäßig verteilt sein. Entweder wird der Untergrund unter der Platte durch zahlreiche Rammpfähle, für die eine verjüngte Form angebracht ist, verdichtet oder in besonderen Fällen 2 bis 3 m tief ausgehoben und durch eine festgelagerte Sand- oder Kiesschicht ersetzt. Da bei Verwendung von Pfählen diese den tragfähigen Baugrund nicht erreichen, werden die Lasten infolge der Verdichtung des Erdreiches allein durch die Wandreibung aufgenommen. Um zu verhindern, daß die Verdichtung besonders an den Rändern der Platte mit der Zeit nachläßt, können auch Spundwände vorgesehen werden, die das Erdreich unter der Platte umschließen. Da Schwebegründungen fast immer bei Moor-

[1] Weitere Einzelheiten über diese Gründung siehe Heideck: Ein Fabrikneubau mit Brunnengründung. Bauing. 1932 S. 123.

und Schlickboden oder bei ähnlichen Bodenarten angewandt werden und aggressive Stoffe im Grundwasser und im Boden meistens vorhanden sind, so ist hierauf ebenso wie auf den niedrigsten Grundwasserstand bei der Wahl der Baustoffe Rücksicht zu nehmen. Bei allen Plattengründungen ist auf Rohrleitungen usw., die im Fußboden verlegt werden müssen, zu achten. Unter Umständen ist die Platte entsprechend tief unter Fußbodenoberkante anzuordnen.

Für die Ausführung von Unterfangungsarbeiten ist in vielen Fällen zur Minderung oder Aufhebung des Erddruckes eine Verfestigung des Nachbarbodens erwünscht, manchmal sogar unerläßlich. In neuerer Zeit ist das sogenannte „Chemische Verfestigungsverfahren nach Dr. Joosten" bei derartigen Ausführungen mit Erfolg angewandt worden. Das Verfahren beruht auf der Umsetzung zweier chemischer Lösungen im Augenblick ihres Zusammentreffens, nämlich eines kieselsäurehaltigen Materials und einer Salzlösung bestimmter Konzentration. Der Verfestigungsvorgang ist aber nicht rein chemischer, sondern chemisch-physikalischer Art, wobei in der Hauptsache Kieselsäuregel ausgeschieden wird, welches durch eine starke Absorptionswirkung die Sandteilchen verfestigt. Da diese Verfestigung schlagartig erfolgt, ist eine Abbindezeit nicht erforderlich. Trotzdem nimmt die Festigkeit im allgemeinen noch durch Bildung von Kalziumkarbonat im Laufe der Zeit zu.

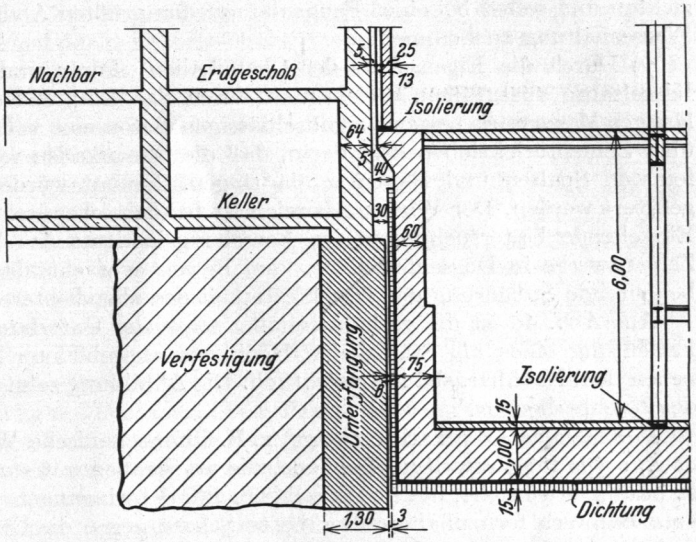


Abb. 46. Chemische Bodenverfestigung zur Unterfangung eines Nachbargiebels.

Die Lösungen werden nacheinander durch vorher in verhältnismäßig engem Abstand in den Boden getriebene, mit einer Perforierung versehene Spezialrohre mittels kleiner Druckpumpen eingepreßt. Man hat es in der Hand, durch absatzweises Tieferführen der Rohre die Verfestigung in jeder gewünschten Stärke sowohl über als auch unter Wasser herzustellen. Erforderlich ist das Vorhandensein eines quarzhaltigen Bodenmaterials, soweit nicht reine Abdichtungen mit dem Verfahren erzielt werden sollen. Die Hauptanwendungsgebiete sind:

α) Baugrundverbesserungen,

β) Herstellung wasserdichter Baugrubensohlen (chemische Wasserhaltung),

γ) Abdichtungen.

α) In der Hauptsache handelt es sich bei Ausführungen dieser Art um die Sicherung gefährdeter Bauwerke, besonders Brückenpfeiler, Gebäude- und sonstiger Fundamente, wenn diese z. B. durch bauliche Änderungen zu stark belastet würden. Ferner ist das Verfahren wiederholt angewandt worden für die Unterfangung von Hausgiebeln, wenn diese durch die Ausschachtungsarbeiten für einen tiefer zu gründenden Neubau gefährdet waren. Der Vorteil liegt darin, daß keinerlei Bodenbewegung stattfindet und daß für die Durchführung der Verfestigungsarbeiten nur eine geringe Bauhöhe benötigt wird.

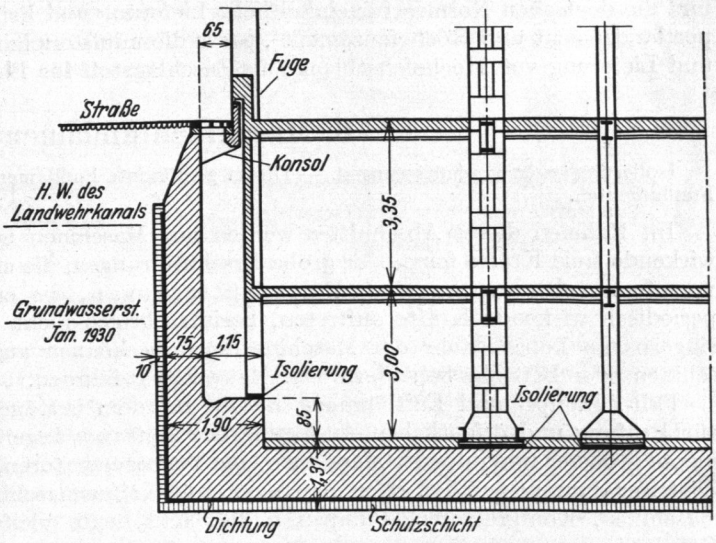


Abb. 47. Isolierung eines Stahlskelett-Hochhauses gegen Bodenschwingungen.

β) Der verfestigte Boden ist — abhängig von seiner Stärke und Kornzusammensetzung — mehr oder weniger wasserdicht, da die Chemikalien das im Boden enthaltene Wasser verdrängen und die Poren ausfüllen. Man kann also bei geeignetem Bodenmaterial (Sand und Kies) in Baugruben, die unter dem Grundwasserspiegel liegen, auf jegliche Grundwasserabsenkung verzichten und selbst bei einer Baugrube mit den größten Abmessungen mit einer kleinen offenen Wasserhaltung auskommen.

γ) Durch die Eigenschaft der Chemikalien, Poren und Hohlräume völlig mit unlöslicher Kieselsäure auszufüllen, erzielt man durch das Einpressen der Chemikalien in wasserdurchlässiges Mauerwerk bzw. wasserdurchlässigen Beton eine völlige Abdichtung. Der Vorteil gegenüber Zementinjektionen liegt darin, daß die Chemikalien reine Lösungen darstellen, die in die feinsten Spalten und Haarrisse eindringen. Zement würde in solchen Fällen sehr bald ausgefiltert werden. Der Wirkungsbereich ist bei dem chemischen Verfahren außerordentlich groß. Eingehende Untersuchungen des Forschungsinstituts des Vereins Deutscher Eisen-Portland-Zementwerke in Düsseldorf haben den Beweis erbracht, daß neben der Abdichtung auch eine bedeutende Steigerung der Druckfestigkeit des abgedichteten Materials erzielt wird.

Aus Abb. 46 ist die verhältnismäßig schwache Unterfangung eines Gebäudes anläßlich der Errichtung eines als Stahlskelett-Hochhaus ausgebildeten Verwaltungsgebäudes unmittelbar neben dem Nachbargebäude ersichtlich. Die Abbildung zeigt auch den Umfang der Verfestigung des Nachbarbodens.

Für manche Fabrikationszweige, z. B. feinmechanische Werkstätten, Meß- und Prüfanlagen usw., sowie für Verwaltungsgebäude, die an Straßen mit starkem Fuhrwerksverkehr liegen, ist es häufig erwünscht, die durch waagerechte Schwingungen verursachten Erschütterungen von dem Bauwerk fernzuhalten. Der beste Schutz gegen die Übertragung von Schwingungen wird dadurch erreicht, daß das betreffende Gebäude von einem Luftgraben umgeben wird. Aus Abb. 47 geht die bauliche Ausführung eines solchen Luftgrabens hervor.

Im allgemeinen gelten für die Ausführung von Beton- und Eisenbetonarbeiten die vom Deutschen Normenausschuß (Ausschuß für Eisenbeton) entwickelten Normblätter

DIN 1045 — Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton,
DIN 1047 — Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton,
DIN 1048 — Bestimmungen für Steifeprüfungen und für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton

und die deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement[1], sowie die ministeriellen Vorschriften für die Herstellung und Lieferung von Hochofenschlacke als Zuschlagstoff für Beton und Eisenbeton.

6. Maschinenfundamente.

Isolierung gegen Erschütterungen. — Direkt gegründete Fundamente. — Dynamische Untersuchung von Fundamenten.

Im Rahmen dieses Abschnittes werden nur Maschinen betrachtet, bei denen nach außen wirkende freie Kräfte feine oder grobe Erschütterungen, die sich der Umgebung mitteilen, hervorrufen. Schwingungen und Erschütterungen, die entweder als Stoßkräfte oder als periodisch wirkende Kräfte auftreten, beeinträchtigen nicht nur die Wirkungsweise und verringern die Lebensdauer der Maschine, sondern können auch in der Nähe befindliche Maschinen oder Betriebe behindern oder Bauwerke gefährden.

Fall-, Dampf- und Lufthämmer müssen bei dem zuständigen Stadt- oder Kreisausschuß zur Prüfung und öffentlichen Auslegung des Antrages angemeldet werden. Auch die Fundamente größerer umlaufender Maschinen, wie Turbogeneratoren, Turbokompressoren, Umformer, Zentrifugalpumpen u. dgl. oder diejenigen von Kolbenmaschinen, wie Dieselmotoren, Dampfmaschinen, Kompressoren, Pumpen u. dgl. sind heute vielfach Gegenstand baupolizeilicher Genehmigung.

Maschinen mit einem besonderen Unterbau sind nicht immer schwere Maschinen. Auch leichte Maschinen bedürfen eines besonderen Unterbaues, wenn sie Schwingungen oder Erschütterungen auslösen, z. B. kleine Kompressoren, Umformer, Zentrifugalpumpen usw. Als Unterbau kommen Deckenverstärkungen und Fundamente sowie Erschütterungsisolierungen,

[1] Während der Drucklegung ist das Normblatt DIN 1164 — Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement — erschienen.

wie elastische Unterlagen oder Schwingungsdämpfer, in Frage. In den meisten Fällen wird eine Kombination aus einer Baukonstruktion mit einem der Isolierungsmittel gewählt.

Die Erschütterungsisolierungen sind um so besser, je größer ihr Federungs- und Absorptionsvermögen ist. Unter „Federung" ist die elastische Formänderung zu verstehen, die nach Aufhören der Kraft wieder verschwindet. Zur Beurteilung der „dämpfenden" Eigenschaften eines Isoliermaterials dient der Absorptionsfaktor. Er bezeichnet denjenigen Teil der Schwingungsenergie, der im Isoliermaterial selbst aufgezehrt, also in Wärme umgesetzt wird; er ist für jedes Material charakteristisch und unveränderlich[1]. Besonderen Wert hat die Absorption bei Isolierungen für Maschinen mit hoher Drehzahl, bei denen besonders leicht Resonanzerscheinungen auftreten.

Eine konstruktive Lösung hat die Frage der Federung durch die sogenannten Schwingungsdämpfer gefunden, in denen die Federung durch Stahlfedern, deren Vorspannung einstellbar ist, erzielt wird. Der Absorptionsfaktor beträgt aber nur 0,01, d. h. es wird nur 1% der Schwingungsenergie im Schwingungsdämpfer aufgezehrt. Die Tragfähigkeit der von den Spezialfirmen gebauten einzelnen Typen bewegt sich zwischen den geringsten vorkommenden Belastungen und dem Höchstwert von etwa 8000 kg pro Dämpfer. In der Praxis ist es notwendig, daß die Federung ein bestimmtes Maß nicht überschreitet, weil die Maschine sonst leicht in unerwünschte Bewegungen gerät, die dann zerstörend auf etwa angeschlossene Rohrleitungen u. dgl. wirken können. Ist eine auf Schwingungsdämpfer zu stellende Maschine in sich starr, so kann eine direkte Verbindung mit den einzelnen Aggregaten erfolgen, andernfalls erst ein stählerner, biegungsfester Rahmen, der gegebenenfalls noch mit Beton ausgefüllt werden kann, oder eine Grundplatte zwischenzuschalten ist (siehe Abb. 48).

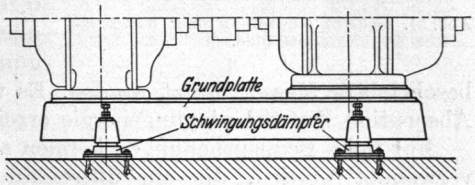


Abb. 48. Isolierung eines Umformers durch Schwingungsdämpfer.

Als plattenförmige Unterlagen kommen nur Stoffe mit einem niedrigen Elastizitätsmodul, wie Gummi, Holz, Kork, Leder, Filz usw., in Frage. In der Praxis haben sich Leder, Filz oder ähnliche Stoffe nicht bewährt, da sie im Laufe der Zeit unter den nicht zu vermeidenden äußeren Einfüssen härter werden und ihre Elastizität größtenteils einbüßen. Gummi besitzt ein bedeutendes Federungsvermögen, wenn während der elastischen Formänderung eine Querausdehnung des Materials möglich ist. Es hat nicht die Fähigkeit, seinen Rauminhalt federnd zu verändern, besitzt also keine Volumenelastizität. Über bestimmte Abmessungen hinaus können Gummiunterlagen als starre Körper wirken, da eine Querausdehnung um so weniger möglich ist, je größer das Verhältnis von Stärke zu Länge bzw. Breite wird. Diesem Nachteil kann durch Auflösung einer großen Platte in kleinere Teile mit entsprechenden Zwischenräumen vorgebeugt werden. Gummi hat einen Absorptionsfaktor von 0,27.

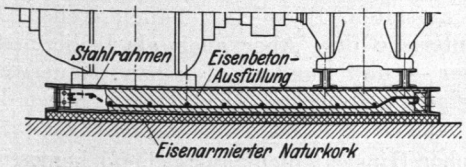


Abb. 49.

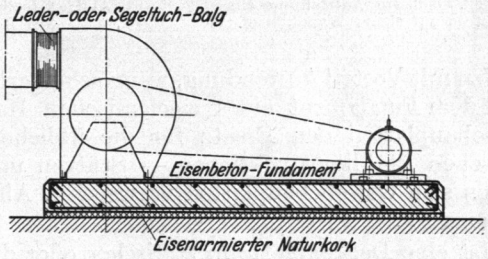


Abb. 50.

Abb. 49 u. 50. Hilfsfundamente, isoliert durch eisenarmierten Naturkork.

Ein Stoff, dessen Rauminhalt federnd verändert werden kann, ist Naturkork. Er ist einer der schallweichsten Körper und gibt die Gewähr für die Verhinderung der Fortleitung von Körperschall. Der Absorptionsfaktor beträgt 0,06 bis 0,11. In der Praxis hat sich Naturkork als Isoliermittel bewährt, wenn plattenförmige Unterlagen in Frage kommen. Er wird als sogenannter eisenarmierter Naturkork unter verschiedenen Namen in den Handel gebracht. Die Eisenarmierung besteht aus schmalen Flacheisenrahmen. In diese Rahmen werden Naturkorkstücke mosaikartig unter Druck eingesetzt, die dann noch eine besondere Imprägnierung erhalten. Die Platten sind meist 4 bis 6 cm stark. Nach der „Hütte" soll mit Rücksicht auf die Erhaltung der Federwirkung die statische Belastung nicht größer sein als 5 kg/cm². Dieser Wert wird auch für Gummi angegeben. Aus Abb. 49 bis 53 sind Isolierungsausführungen ersichtlich. Für unter-

[1] Siehe auch Hütte Bd. 1 (1925) S. 423ff.

geordnete Zwecke, in erster Linie für unbelastete Seitenisolierungen zur Verhinderung der Fortleitung von Körperschall, werden gepreßte Korkplatten benutzt, die im Handel unter verschiedenen Bezeichnungen erscheinen. Preßkork besteht aus Korkschrot, das zu Blöcken gepreßt wird, aus denen die Platten geschnitten werden. Nach der Art der Pressung bei der Herstellung und nach der Dichte beträgt die zulässige Belastung bis 2, bis 6, bis 12 kg/cm².

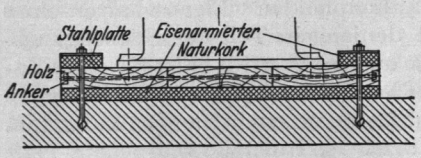


Abb. 51. Isolierte Aufstellung einer Werkzeugmaschine.

Eine elastische Unterlage mit hohem Absorptionsfaktor ist eine Spezialplatte aus Paragummi. Der Absorptionsfaktor beträgt bei glatter Ausführung der Platten 0,20 und bei gewellter Ausführung 0,36. Das Material kann normalerweise bis 1 kg/cm² belastet werden. Bei Schwingungsdämpfern können die Stahlfedern durch die vorher beschriebene Masse ersetzt werden. Es wird also eine gute Federung sowie eine weitgehende Absorption der Schwingungenergie erreicht.

Für hohe Beanspruchungen können sogenannte Gewebebauplatten (Absorptionsfaktor 0,14) verwendet werden, die aus übereinandergeschichteten und miteinander verbundenen, imprägnierten Geweben bestehen. Diese Gewebebauplatten sollen bis 100 kg/cm² belastet werden können. Je höher aber die Belastung angenommen wird, desto geringer wird ihr Federungsvermögen. Mit Rücksicht hierauf dürfte aber nur ein Bruchteil der angegebenen Höchstbelastung den Grenzwert darstellen. Bei allen Isoliermitteln, die als für hohe Drücke geeignet angeboten werden, ist zu empfehlen, die Vorlage der Ergebnisse der von unabhängigen wissenschaftlichen Stellen durchgeführten Versuchsmessungen zu fordern. Gewebebauplatten

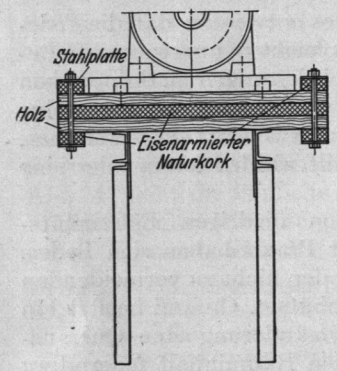


Abb. 52. Isolierte Aufstellung eines Motors auf einem Wandkonsol.

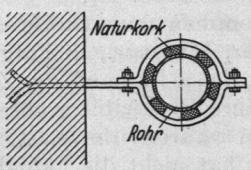


Abb. 53. Isolierte Befestigung einer Rohrleitung.

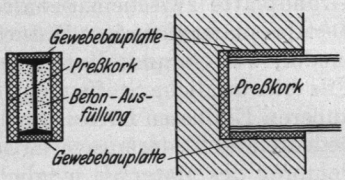


Abb. 54. Isolierung eines Trägers gegen das Mauerwerk.

finden mit Vorteil Anwendung, wenn schlagartige Beanspruchungen z. B. zwischen der Schabotte und dem Fundament eines mechanischen Hammers auftreten. In solchen Fällen stellen Gewebebauplatten den Ersatz für die übliche Holzunterlage dar. Aber auch als Isoliermittel zwischen Stahlkonstruktionen — Stützen und Träger — und Fundamenten bzw. Mauerwerk lassen sich Gewebebauplatten verwenden. Abb. 54 zeigt die Isolierung eines Trägers gegen das Mauerwerk.

Ist eine Deckenplatte in statischer oder dynamischer Hinsicht nicht ausreichend bemessen, so läßt sich ein Trägerunterbau gemäß Abb. 55 oder in ähnlicher Konstruktion anwenden. Bei

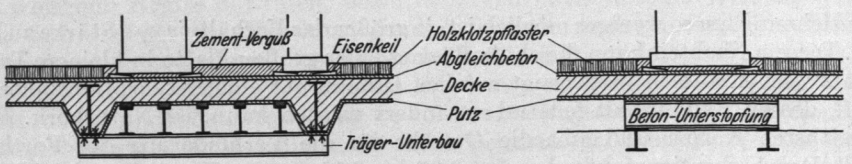


Abb. 55. Verstärkung der Deckenplatte unter einer schweren Maschine.

scheitrechten Deckenplatten, besonders mit größeren Spannweiten, müssen Schwingungen unter allen Umständen vermieden werden, da hierdurch Rißbildungen sowie Beschädigungen an den Träger- und Mauerwerksauflagern auftreten. Bei genauer Feststellung der tatsächlichen Betriebslasten wird sich meist herausstellen, daß — wenn auch die Deckenfelder theoretisch nicht ausreichen — doch die Deckenträger eine Lastenreserve besitzen, so daß sich Verstärkungen der Deckenträger erübrigen. Andernfalls lassen sich oft Verstärkungen durch entsprechende Lastengruppierung vermeiden.

Fast alle größeren Kraft- und Arbeitsmaschinen benötigen ein besonderes Fundament, durch das die ruhenden Lasten und die nach außen wirkenden freien Kräfte auf das Erdreich übertragen werden. Wie schon gesagt, treten die schwingungserzeugenden Kräfte als einzelne bzw. unregelmäßig folgende Stoßkräfte oder als periodisch wirkende Kräfte auf. Die periodisch auftretenden Kräfte können entweder durch hin und her gehende oder durch umlaufende Massen wirken.

Maschinen mit Stoßwirkungen sind z. B. Pressen, Hämmer, Stein-, Kohlen- und sonstige Brecher, Mühlen u. dgl. Die Fundamente derartiger Maschinen sind als starre Körper mit möglichst großer Masse auszubilden und auf eine elastische Unterlage zu setzen. Die elastische Unterlage kann guter Baugrund oder eine künstliche, federnde Zwischenlage — meist eisenarmierter Naturkork — sein. Schlechter Baugrund, wie Moor, Torf, Schlick, Schwemmsand usw., besonders wenn diese Bodenschichten noch wasserführend sind, ist als unelastisch, also nicht federnd anzusprechen. Auch durch Vergrößerung der Auflagerfläche wird sich ein fortschreitendes Eindrücken des Fundamentes in schlechten Baugrund nicht vermeiden lassen. In solchen Fällen ist eine künstliche Gründung in Gestalt von Pfählen, Brunnen oder Senkkästen anzuwenden, durch die die Lasten auf tragfähigen Baugrund übertragen werden.

Bei den direkt auf dem Erdreich angelegten Fundamenten werden die durch den Arbeitsvorgang erzeugten Schwingungen vom Erdreich elastisch abgefangen bzw. die als fühlbare Erschütterungen (Bodenschall) fortgepflanzte Schwingungsenergie von dem das Fundament umgebenden Erdreich aufgezehrt. Wird ein solches Fundament in der Nähe tiefer geführter Gebäude- oder Maschinenfundamente angelegt, so ist die Gründungstiefe wie bei diesen zu wählen. Zweckmäßig sind dann auch Seitenisolierungen in Gestalt von Luftschlitzen vorzusehen, die so tief wie das Fundament reichen müssen. Eine Ausfüllung der Schlitze mit Weichkork (Preßkork) gewährleistet einen erhöhten Schutz gegen das Fortleiten des Bodenschalls.

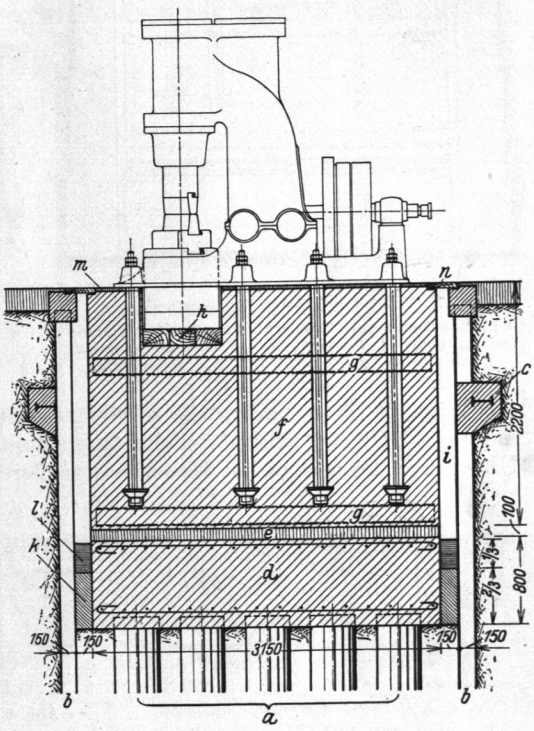


Abb. 56. Fundament eines Lufthammers.
a Pfahlrost, *b* Spundwand, *c* Trägerring, *d* Eisenbetonplatte, *e* Eisenarm. Naturkork, *f* Fundamentkörper, *g* Trägerroste, *h* Holzunterlage, *i* Luftschlitz, *k* Ton, *l* Bitumen, *m* Abgleichschicht, *n* Spaltabdeckung.

Die durch den Arbeitsvorgang hervorgerufenen Schwingungsausschläge und der hierdurch erzeugte zusätzliche Bodendruck werden um so geringer, je größer die Fundamentmassen sowie das Federungs- und Absorptionsvermögen der Unterlage sind. Um bei Hammerfundamenten die Bodenpressung so gering wie möglich zu halten, werden mindestens eine, bei besonders schweren Hämmern zwei oder mehr künstliche federnde Zwischenlagen eingeschaltet. Nach Rausch[1] muß die Auflagerfläche des Fundamentes so groß bemessen sein, daß die Bodenpressung aus dem Eigengewicht der Maschine und des Fundamentes einschließlich dynamischer Zuschläge nicht über 2,5 kg/cm² ansteigt. Abb. 56 zeigt das Fundament für einen Lufthammer von 250 kg Bärgewicht, das infolge schlechten Untergrundes auf Pfählen gegründet ist. Im allgemeinen sollen Hammerfundamente, besonders wenn sie auf Erdreich gegründet sind, so ausgeführt werden, daß sich die Schabotte über der Mitte des Fundamentkörpers befindet. Durch eine exzentrische Anordnung kann sich das Fundament möglicherweise schief stellen. In dem vorliegenden Falle konnte von einer zentrischen Anordnung der Schabotte abgesehen werden, da eine reichliche Pfahlgründung vorhanden ist und zwei Trägerroste in dem Fundamentkörper vorgesehen wurden.

---

[1] Rausch, Dr. E.: Richtige und fehlerhafte Maschinengründungen. Theoretische Grundlagen. Z. VDI Bd. 75 (1931) Nr. 34.

Maschinen mit periodisch hin und her gehenden Massen sollten schon bei der Konstruktion einen weitgehenden Massenausgleich erhalten, damit die nach außen wirkenden freien Massenkräfte möglichst gering sind. Den verbleibenden freien Massenkräften müssen dann Fundamentmassen entgegengesetzt werden, d. h. die Fundamente sind so schwer auszubilden, daß durch

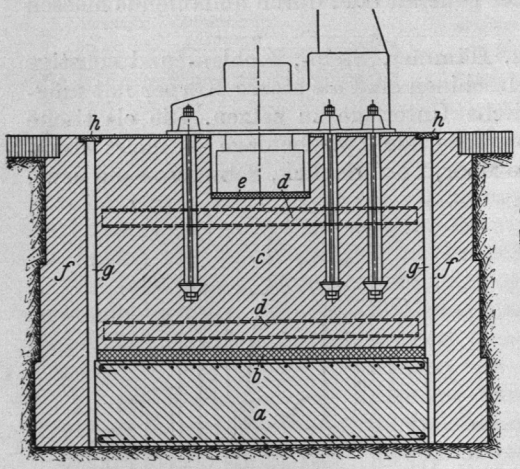


Abb. 57. Direkt gegründetes Hammerfundament. *a* Eisenbetonplatte, *b* Eisenarm. Naturkork, *c* Fundamentkörper, *d* Trägerroste, *e* Gewebebauplatte, *f* Stützmauer, *g* Luftschlitz, *h* Spaltabdeckung.

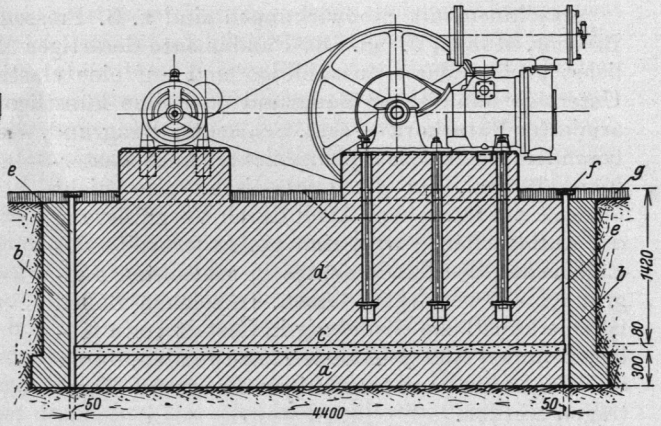


Abb. 58. Fundament eines Kolbenkompressors mit Riemenantrieb. *a* Stampfbetonplatte, *b* Stützmauer, *c* Eisenarm. Naturkork, *d* Fundamentkörper, *e* Luftschlitz, *f* Spaltabdeckung, *g* Fußboden.

die Trägheit ihrer Massen die schwingungserzeugenden Kräfte aufgezehrt werden. Bei Fundamenten dieser Art sind plötzliche Querschnittsänderungen möglichst zu vermeiden, da schroffe Übergänge, besonders bei Maschinen größerer Leistung in erster Linie gefährdet sind. Im Maschinenbau ist dieser Einfluß der Form als Kerbwirkung bekannt und gefürchtet. Die Fundamente für Maschinen größerer Leistung (Dieselmotoren, Dampfmaschinen, Kompressoren usw.) müssen immer Gegenstand eingehender statischer und dynamischer Untersuchungen unter Berücksichtigung der in jedem Falle anders gearteten Verhältnisse sein. Von der Wiedergabe ausgeführter Anlagen muß aus Platzmangel Abstand genommen werden; ein einzelnes Beispiel würde nur ein unvollkommenes Bild geben. Theoretische Grundlagen enthält der mehrfach angezogene Aufsatz von Rausch. Ferner gibt H. Güldner in seinem Werk „Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgasanlagen“[1] nähere Hinweise über den Entwurf der hierfür notwendigen Maschinengründungen. In dem Handbuch für Eisenbetonbau von Dr. Emperger[2] sind zahlreiche Ausführungsbeispiele für Fundamente verschiedener Kraft- und Arbeitsmaschinen gebracht.

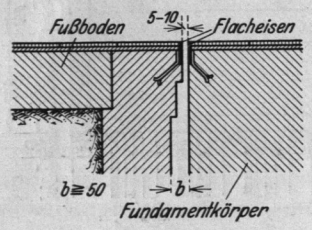


Abb. 59.

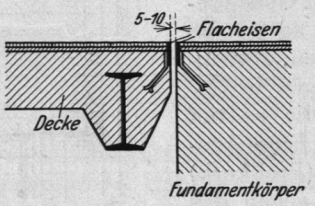


Abb. 60.

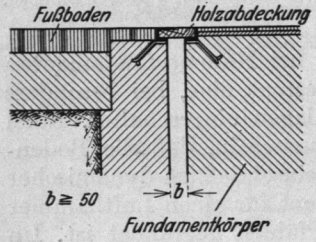


Abb. 61.

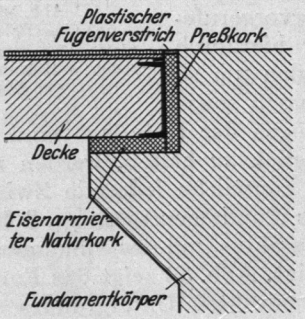


Abb. 62.

Abb. 59 bis 62. Trennung von isolierten Fundamentkörpern gegen unisolierte Bauteile.

Das auf gutem Baugrund gegründete Fundament eines Kolbenkompressors mit elektro-

[1] Berlin: Julius Springer.

[2] Grundbau und Mauerwerksbau Bd. 3. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.

motorischem Antrieb stellt Abb. 58 dar. Derartige Maschinen kommen häufig zur Aufstellung bzw. wechseln auch häufig ihren Standort; die hier wiedergegebene Ausführung kann in vielen Fällen sinngemäß verwendet werden. Aus den Abb. 59 bis 62 sind noch einige Ausführungsformen von Luftschlitzen ersichtlich. Die Luftschlitze müssen möglichst entwässert sein, da Wasser die Fortleitung von Erschütterungen und Körperschall begünstigt.

Ein interessantes Beispiel für die Verhinderung der Fortleitung von Erschütterungen, Körperschall und Luftschall ist mit Abb. 63 gegeben. Es handelt sich hier um eine große Rotationsmaschine, die unmittelbar neben der Giebelwand des benachbarten, in fremdem Besitz befindlichen Wohnhauses aufgestellt ist. Mit Rücksicht auf zivilrechtliche Auseinandersetzungen mußte bei der Auswahl und Anordnung der Isoliermittel besondere Sorgfalt walten.

Einen besonderen Raum nehmen die Maßnahmen zur Vermeidung von Schwingungserscheinungen bei größeren umlaufenden Maschinen, wie Turbogeneratoren, Turbokompressoren, Umformern, Zentrifugalpumpen u. dgl. ein. Die Untersuchung der Fundamente derartiger Maschinen, hauptsächlich von Turbogeneratoren (siehe Abb. 64), darf sich nicht darauf beschränken, die durch die Maschinenlasten hervorgerufenen Beanspruchungen der Fundamente bzw. die ungünstigsten Bodenpressungen festzustellen. Die heute übliche Methode für die dynamische Untersuchung von Fundamenten umlaufender Maschinen hat ihren Ursprung in einer grundlegenden Veröffentlichung von Dr. Geiger[1]. In diesem Aufsatz wurde zum ersten Male ein in der Praxis verwendbares Verfahren angegeben. Geiger geht von der Tatsache aus, daß zu jedem Fundament eine Eigenschwingungszahl gehört, deren Größe von der Masse des Fundamentes und von der Masse der auf dem Fundament ruhenden Lasten abhängt. Stimmt nun diese Eigenschwingungszahl mit der Drehzahl der Maschine völlig oder angenähert überein, tritt also Resonanz ein, so rufen die periodisch auftretenden Massenfliehkräfte, auch wenn sie an sich sehr klein sind, immer stärker werdende Ausschläge des Fundamentes hervor. Es kommt also darauf an, eine Übereinstimmung der Eigenfrequenz des Fundamentes und der Schwingungsfrequenz zu vermeiden. In dem Aufsatz von Geiger wird nachgewiesen, daß die Eigenfrequenz pro Minute (n_e) umgekehrt proportional ist der Wurzel aus der statischen Durchbiegung (f), und zwar ist

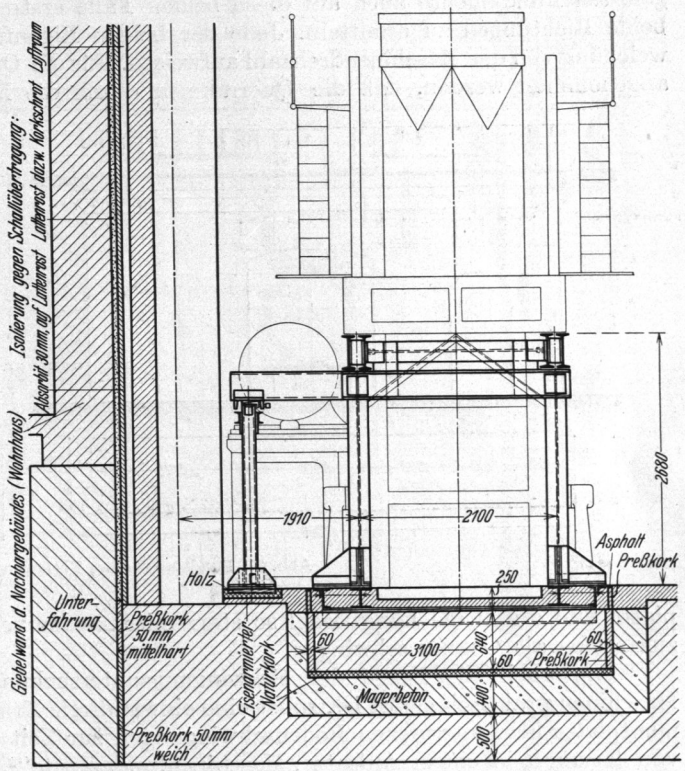


Abb. 63. Isolierung einer Rotationsmaschine gegen Übertragung von Erschütterungen und Schall.

$$n_e = \frac{300}{\sqrt{f}},$$

wobei f in cm zu messen ist. Hiermit ist also das an sich dynamische Problem auf eine rein statische Aufgabe zurückgeführt. Die Ermittlung der Durchbiegung bietet theoretisch keine Schwierigkeiten. In den meisten Fällen werden in den zahlreichen Hilfswerken, wie „Stahl im Hochbau" oder Kleinlogel: Rahmenformeln, fertige Werte zur Verfügung stehen. Bei der praktischen Durchführung ist zu beachten, daß eine Abweichung der errechneten Durchbiegung von dem tatsächlichen Wert nach unten genau so gefährlich ist wie eine solche nach oben. Die Zuverlässigkeit des Ergebnisses hängt also wesentlich von der richtigen Erfassung sämtlicher

[1] Z. VDI 1923 Heft 26.

Querschnittswerte und Belastungen ab. Beispielsweise dürfen die Nutzlasten von Zwischendecken, die auf dem Fundament aufliegen, nur mit der Größe in Ansatz gebracht werden, in der sie während des Betriebes tatsächlich vorhanden sind. Ebenso müssen Querschnittsschwächungen sowie Eckversteifungen des schwingenden Körpers möglichst genau berücksichtigt werden. Diese bei der Schwingungsuntersuchung auftretenden praktischen Fragen sind von Ehlers[1] näher behandelt worden. Der Aufsatz bezieht sich zwar ausschließlich auf die rahmenartigen Fundamente; die Ergebnisse können aber sinngemäß ohne weiteres auf andere Fälle angewendet werden. Mit Rücksicht auf die Unsicherheit in der Erfassung der Querschnittswerte der Rahmen bzw. Träger ist es notwendig, mit einer Abweichung der Eigenfrequenzen von den Maschinendrehzahlen um mindestens 20 bis 25% nach oben oder nach unten zu rechnen.

Da eine Resonanz für die periodischen Massenkräfte sowohl in senkrechter als auch in waagerechter (Quer-)Richtung auftreten kann, muß sich die Schwingungsberechnung für die aufgelösten Fundamente auch auf diese beiden Fälle erstrecken, d. h. die Durchbiegung ist für beide Richtungen zu ermitteln. Jede der beiden Eigenfrequenzen muß die erforderliche Abweichung von der Maschinendrehzahl aufweisen. Für die Querrichtung kann aber im allgemeinen angenommen werden, daß die Querrahmen durch die Maschinenfußplatte, durch die Tisch-

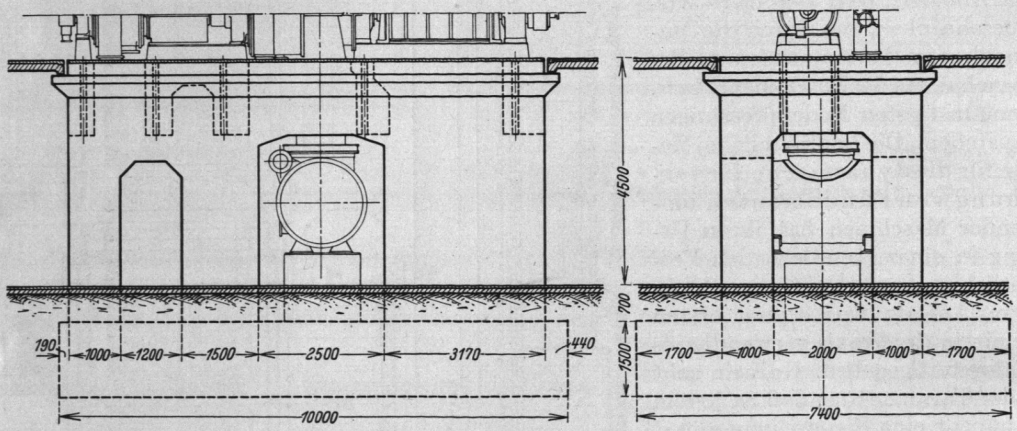


Abb. 64. Fundament eines Turbogenerators.

platte und durch die Längsriegel so starr miteinander verbunden sind, daß alle Querrahmen zusammen als Ganzes schwingen.

Wenn auch die Frage der Schwingungsuntersuchungen für Fundamente umlaufender Maschinen praktisch gelöst ist, so ist eine einwandfreie Ermittlung der durch die untere Fundamentplatte hervorgerufenen Bodenschwingungen zur Zeit noch nicht möglich. Diese Frage ist von Rausch in einem Aufsatz „Maschinenfundamente“[2] behandelt worden. Dort sind Wege angegeben, wie durch Versuche die bisher noch fehlenden, vom Boden abhängigen Beiwerte ermittelt werden können. Da aber nach den bisherigen Erfahrungen die Frequenz der Bodenschwingungen verhältnismäßig niedrig liegt, so ist bei allen schnell laufenden Maschinen, insbesondere bei Dampfturbinen, Bodenresonanz kaum zu befürchten.

Als Baustoff für Maschinenfundamente kommt heute fast ausschließlich Beton bzw. Eisenbeton in guten Mischungsverhältnissen und nur in vereinzelten Fällen Mauerwerk in Frage. Der Vorteil in der Verwendung von Beton oder Eisenbeton liegt in der leichten Ausführung von schwierigen Aussparungen und bei Eisenbeton besonders in der Fähigkeit, Zugspannungen in jeder Weise aufzunehmen. Schon bei Stampfbeton ist eine wesentlich höhere Zugfestigkeit vorhanden als bei Mauerwerk. Ferner ist das spezifische Gewicht von Beton oder Eisenbeton wesentlich größer als von Mauerwerk, was eine Massenersparnis bedeutet.

Um ein Eindringen von Öl in den Fundamentkörper und eine Zerstörung des Betons zu verhindern, ist ein entsprechender Schutzanstrich oder eine Verblendung mit Glasursteinen zu empfehlen.

---

[1] Die Berechnung der Schwingungen von Turbinenfundamenten, Festschrift der Firma Wayß & Freytag. Stuttgart: Conrad Wittwer.

[2] Bauing. 1926 Heft 44 u. 45.

7. Tragwerke.

Äußere Kräfte. — Baustoffe: Stahl, Beton und Eisenbeton, Holz.

Aufgabe der Tragwerke ist es, sämtliche Nutzlasten sowie die Lasten aus Förderanlagen, Kranen usw., ferner die von außen auf das Bauwerk einwirkenden Kräfte und endlich das Eigengewicht der gesamten Baukonstruktion aufzunehmen und auf die Fundamente zu übertragen. Über die Nutzlastannahmen sind in dem Abschnitt „Gliederung und Formgebung“

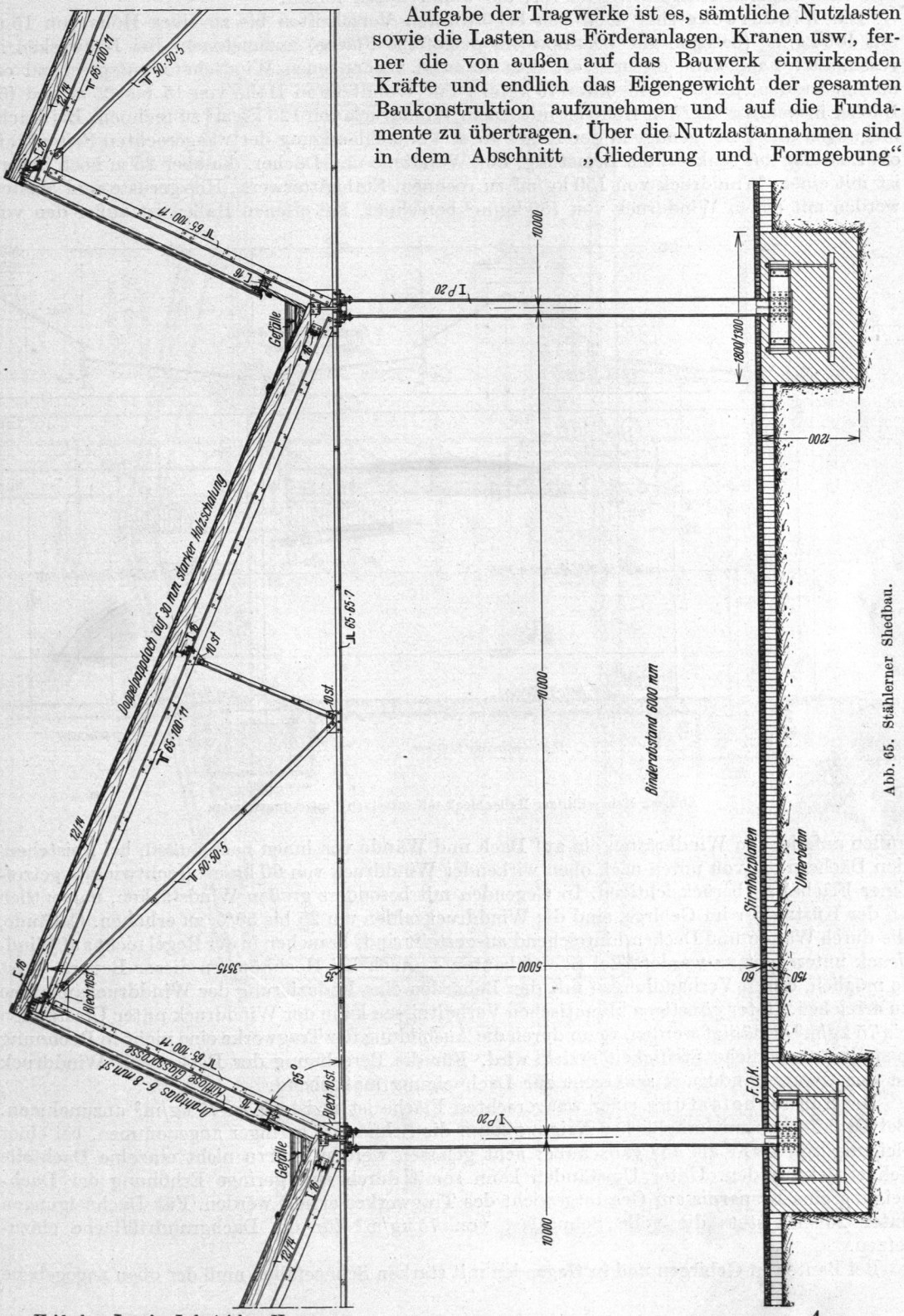


Abb. 65. Stählerner Shedbau.

Angaben gemacht; Raddrücke von Laufkranen sind für verschiedene Nutzlasten im Abschnitt „Förderanlagen" wiedergegeben. Die Eigengewichte der Baukonstruktionselemente gehen aus den einschlägigen Abschnitten hervor, die weiter unten folgen.

Die Winddrücke sind nach den behördlichen Vorschriften bis zu einer Höhe von 15 m mit 100 kg/m² (bezogen auf die senkrecht getroffene Fläche) anzunehmen. Bei Bauwerken in geschützter Lage kann dieser Wert dem dauernd vorhandenen Windschutz entsprechend ermäßigt werden, jedoch nicht unter 75 kg/m². Für Wandteile in Höhe von 15 bis 25 m und für Dächer in weniger als 25 m Höhe ist mit einem Winddruck von 125 kg/m² zu rechnen. Bei Dachneigungen unter 25° genügt in der Regel unter Vernachlässigung der waagerechten Seitenkraft ein Zuschlag zur senkrechten Belastung. Für Wandteile und Dächer, die über 25 m hoch liegen, ist mit einem Winddruck von 150 kg/m² zu rechnen. Stahlgitterwerk, Holzgerüste und Masten werden mit einem Winddruck von 150 kg/m² berechnet. Bei offenen Hallen ist außer den von

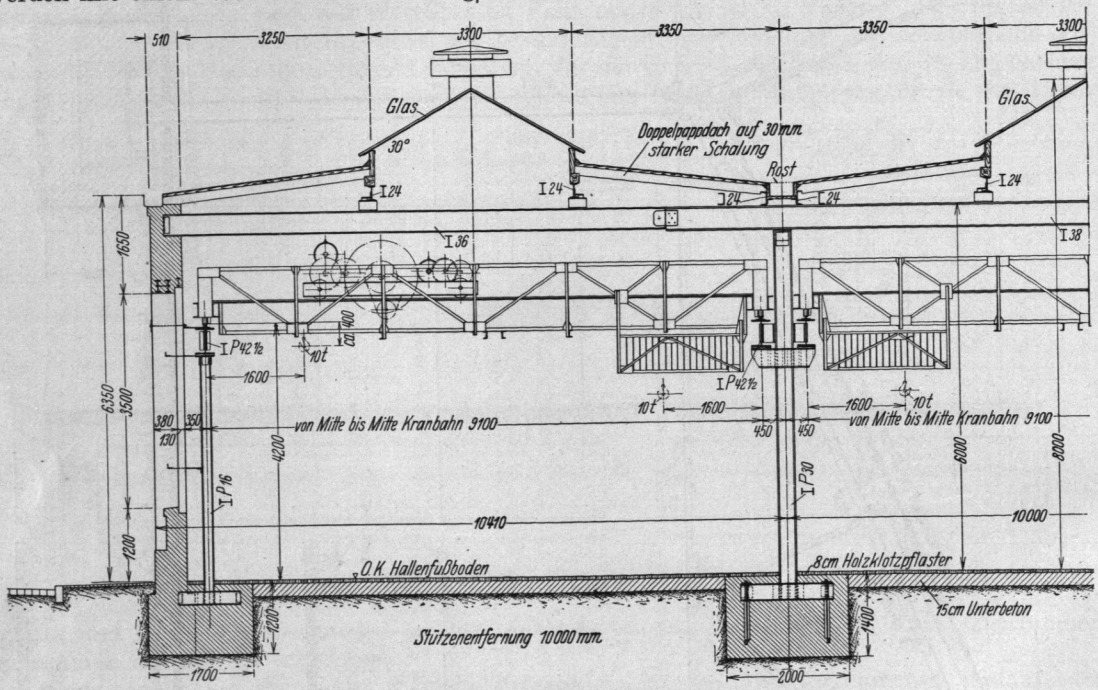


Abb. 66. Mehrschiffiger Hallenblock mit massiven Umfassungswänden.

außen anfallenden Windkräften ein auf Dach und Wände von innen nach außen, bei freistehenden Dächern ein von unten nach oben wirkender Winddruck von 60 kg/m² (rechtwinklig getroffener Fläche) zu berücksichtigen. In Gegenden mit besonders großen Windstärken, namentlich an der Küste oder im Gebirge, sind die Winddruckzahlen um 25 bis 50% zu erhöhen. Gebäude, die durch Wände und Decken hinreichend ausgesteift sind, brauchen in der Regel nicht auf Winddruck untersucht zu werden. Bei Skelettbauten — auch bei Hochhäusern dieser Bauart — ist es möglich, durch Verhandlungen mit den Behörden eine Reduzierung der Winddruckannahme zu erreichen. Unter günstigen klimatischen Verhältnissen kann der Winddruck unter Umständen bis 75 kg/m² ermäßigt werden, wenn durch die Ausbildung der Tragwerke eine nicht in Rechnung gestellte, zusätzliche Steifigkeit erzielt wird. Für die Berechnung der Dächer auf Winddruck ist der Gesamtwinddruck senkrecht zur Dachneigung maßgebend.

Die Schneebelastung einer waagerechten Fläche ist meistens zu 75 kg/m² anzunehmen. Bei Dachflächen mit erheblicher Neigung kann die Schneelast geringer angenommen, bei einer Neigung von mehr als 45° ganz außer acht gelassen werden, sofern nicht einzelne Dachteile Schneesäcke bilden. Unter Umständen kann somit durch eine geringe Erhöhung der Dachneigung eine Ersparnis am Gesamtgewicht des Tragwerkes erzielt werden. Für Dachneigungen unter 20° ist stets die volle Schneelast von 75 kg/m² für die Dachgrundrißfläche einzusetzen.

Bei Bauten in Gebirgen und in Gegenden mit starken Schneefällen muß der oben angegebene

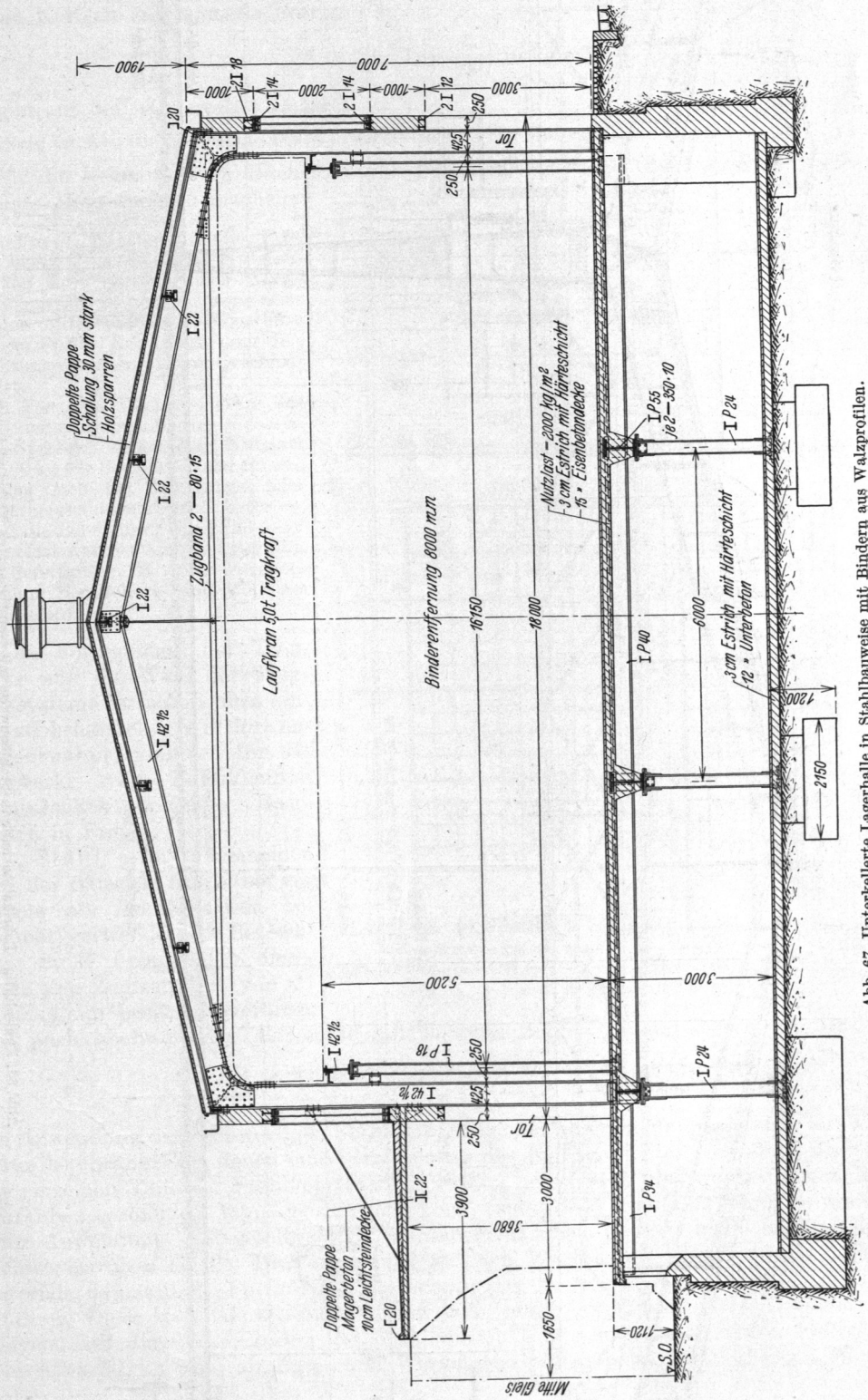


Abb. 67. Unterkellerte Lagerhalle in Stahlbauweise mit Bindern aus Walzprofilen.

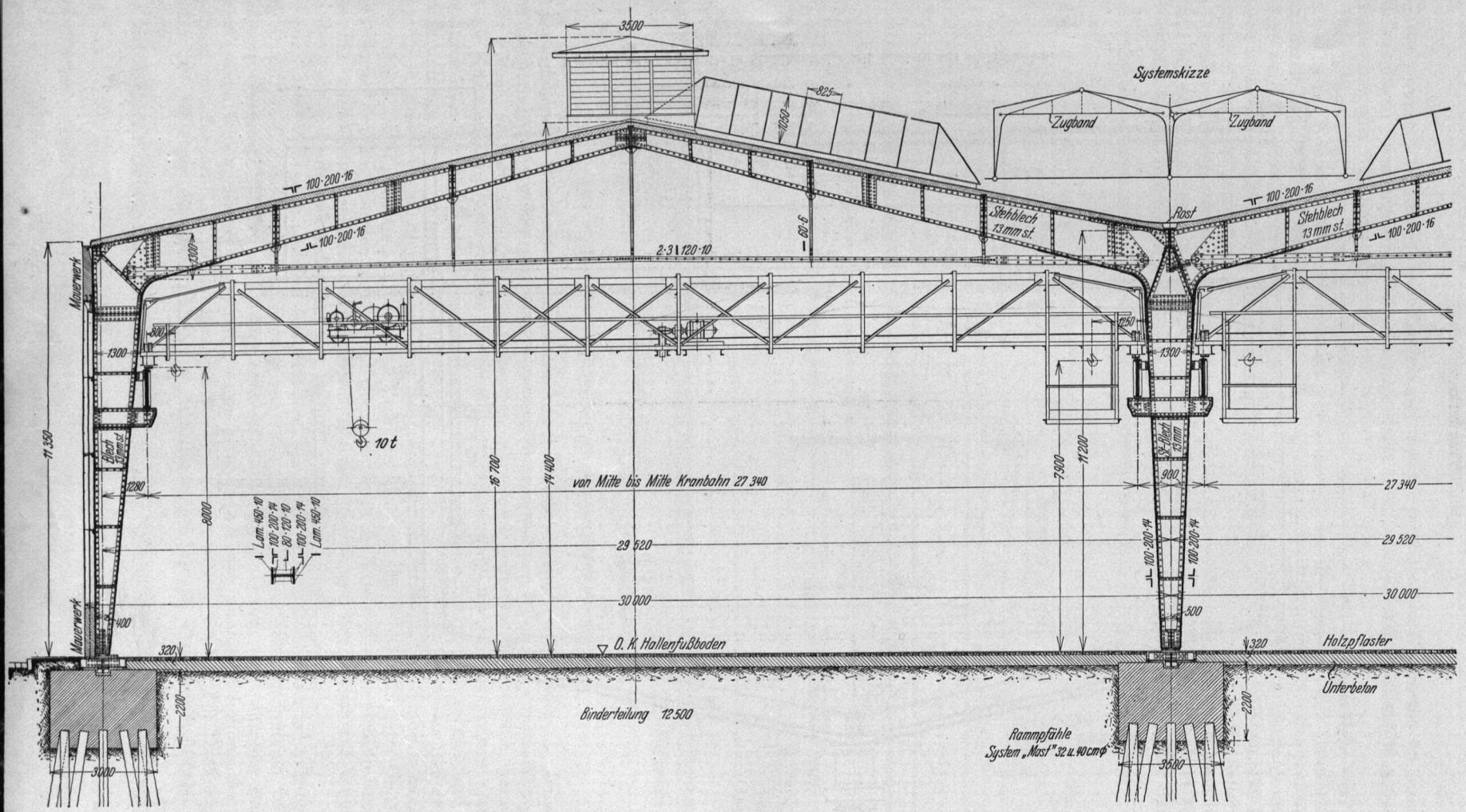


Abb. 68. Zweischiffige Fabrikationshalle in Stahlbauweise mit weitgespannten Vollwandbindern.

Wert von 75 kg/m² entsprechend erhöht werden. Einen Anhalt hierfür gibt die den schweizerischen Normen entnommene Formel:

$$S = 70 \cdot \left(1 + \frac{h}{500}\right) \text{ in kg/m}^2,$$

bezogen auf die waagerechte Dachfläche.

Hierin ist h = die Höhenlage des Bauwerkes in m über Meeresspiegel.

Für die Belastung von Dächern durch Personen sind nach den amtlichen Bestimmungen folgende Annahmen zu machen:

1. Für Flachdächer mit einer Neigung bis 1 : 20 ist mit einer Nutzlast von 250 kg/m² einschließlich Wind- und Schneelast zu rechnen, wenn zeitweiliger Aufenthalt von Menschen, z. B. zu Spiel-, Erholungs- oder Beobachtungszwecken, nicht ausgeschlossen ist.

2. Für alle Dächer ist in der Mitte der einzelnen Pfetten, Sparren oder Sprossen außen eine Nutzlast von 100 kg für Personen anzunehmen, die das Dach bei Reinigungs- oder Wiederherstellungsarbeiten betreten, sofern die Berechnung der Wind- oder Schneelast weniger als 200 kg ergibt. Die Berechnung ist unter Vernachlässigung der Schnee- und Windlast aufzustellen.

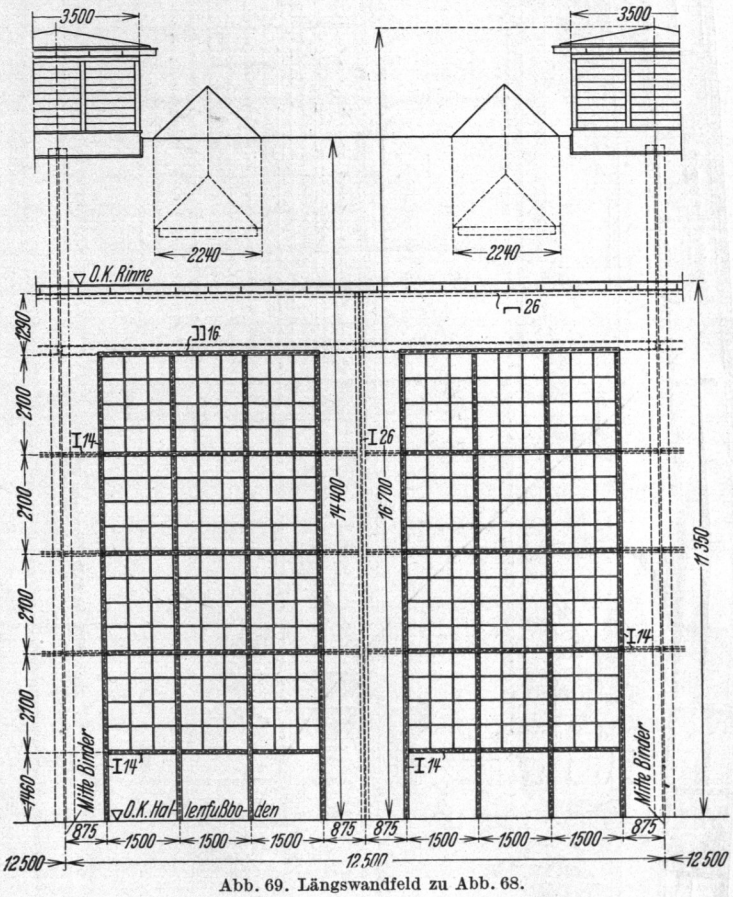


Abb. 69. Längswandfeld zu Abb. 68.

Die Formgebung der Tragwerke und die Wahl der Tragwerksysteme ist schon oben eingehend behandelt[1]. Wie dort bereits erwähnt, kommen für die Tragwerke von Fabrikbauten hauptsächlich folgende Baustoffe in Frage:

1. Stahl. Im allgemeinen wird der Baustahl St 37 (bis vor kurzem als Schmiedeeisen bezeichnet) verwendet. Die Bezeichnung St 37 besagt, daß dieser Stahl eine Zugfestigkeit von 37 bis 45 kg/mm² besitzt. Neuerdings sind auch hochwertigere Baustähle mit höheren Zugfestigkeiten entwickelt worden, z. B.:

St 48 mit einer Zugfestigkeit von 48—58 kg/mm²,
St 52 „ „ „ „ 52—64 kg/mm²*.

Die Anwendung der hochwertigen Stähle ist infolge des höheren Materialpreises auf solche Bauwerke beschränkt, bei denen eine Verringerung des Eigengewichtes besondere Bedeutung hat. Die einzelnen Teile der Stahlkonstruktion werden heute noch überwiegend durch Nieten und Schrauben verbunden. Von Amerika ausgehend, findet die Verbindung durch Schweißen immer mehr Anwendung. Bei geschweißten Stahlkonstruktionen werden nicht unbeträchtliche Gewichtsersparnisse erzielt. Dies ist einmal auf den Wegfall des Überlappungs- und Laschenmaterials, dann auf den Fortfall der Schwächung des Querschnittes durch die Nietlöcher zurückzuführen. Diese Materialersparnisse wirken sich jedoch bisher noch nicht in vollem Maße verbilligend auf die Gesamtkosten der Stahlkonstruktionen aus, da in vielen Fällen durch die Schweißverfahren wohl an Büro- und Werkstattarbeit gespart, dafür aber an Montagearbeit

[1] Siehe Abschnitt „Gliederung und Formgebung".
* Siehe H. Koppenberg: Die Entwicklung des Baustahls St 52. Z. VDI 1932 Nr. 44.

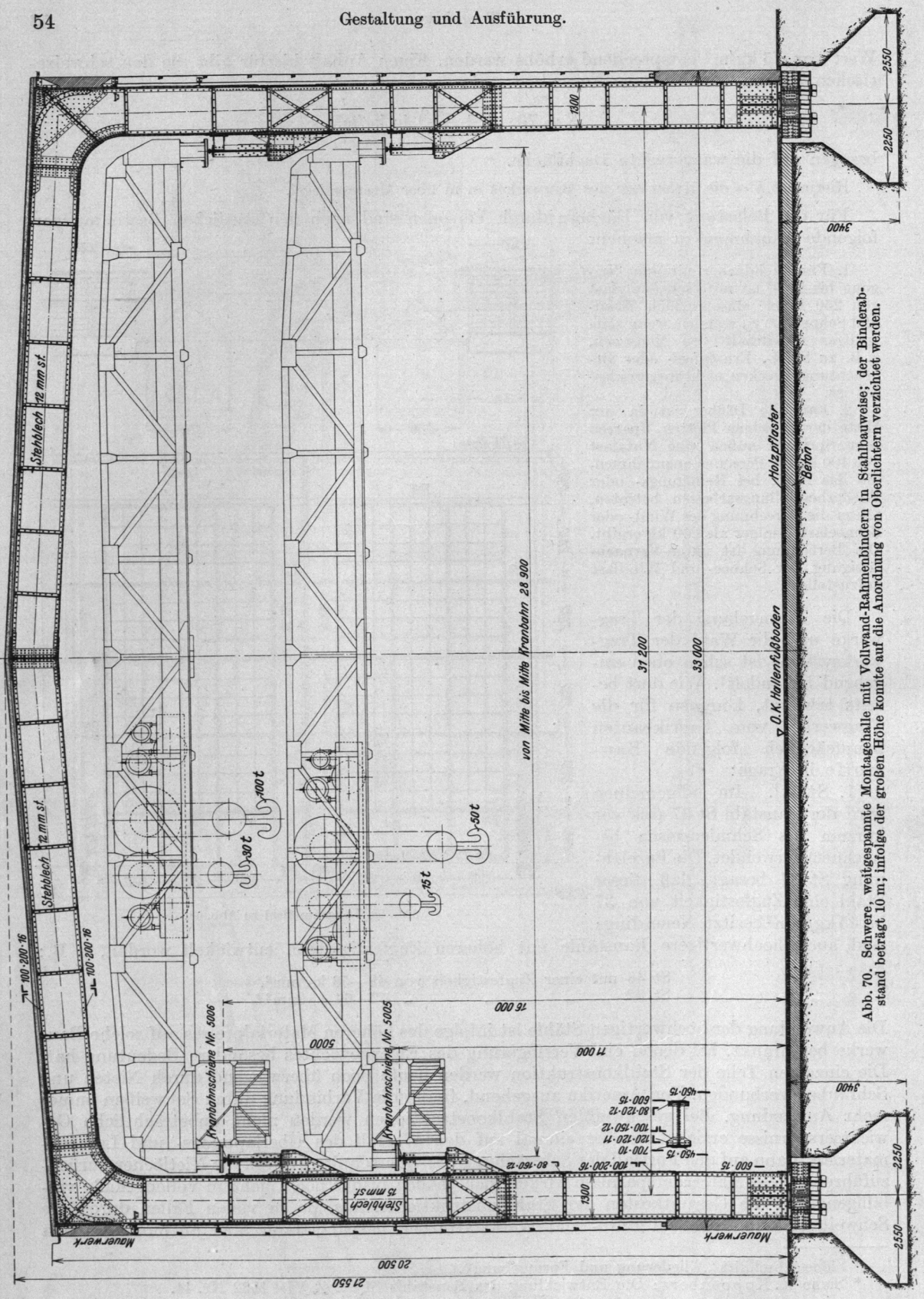


Abb. 70. Schwere, weitgespannte Montagehalle mit Vollwand-Rahmenbindern in Stahlbauweise; der Binderabstand beträgt 10 m; infolge der großen Höhe konnte auf die Anordnung von Oberlichtern verzichtet werden.

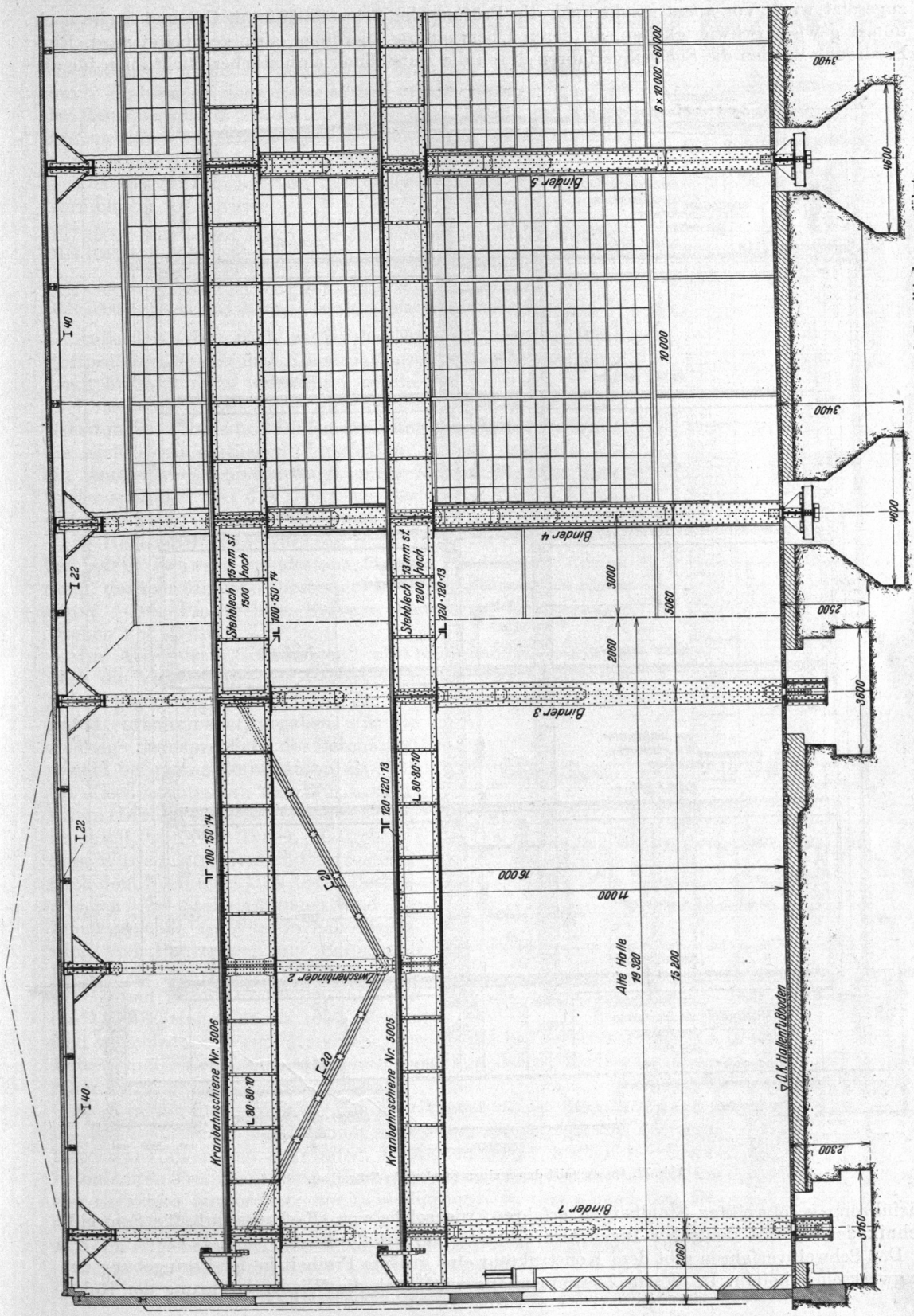


Abb. 71. Längsschnitt zu Abb. 70; die Halle schneidet in eine andere Halle ein; die Binder *1* bis *3* sind daher nicht als Regelbinder ausgeführt.

zugesetzt wird. Vor allem macht auch die Prüfung der Schweißnähte an Ort und Stelle noch immer gewisse Schwierigkeiten, an deren Überwindung allerdings eifrig gearbeitet wird. Eine Förderung werden die Schweißverfahren durch die Aufstellung einheitlicher Richtlinien für die

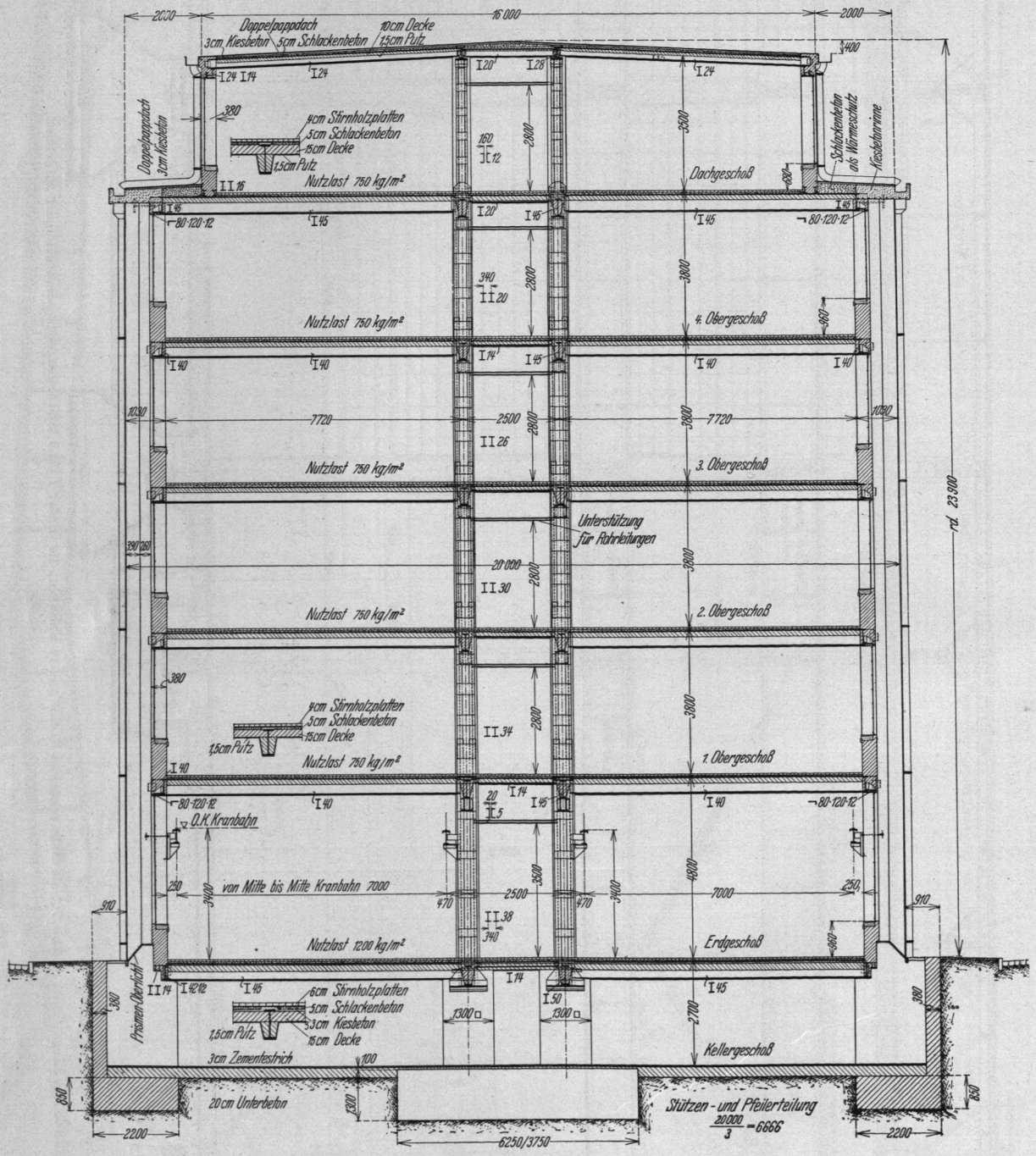


Abb. 72. Querschnitt durch einen Stockwerks-Trägerbau.

Ausführung geschweißter Stahlbauten erfahren, wie solche vom Fachausschuß für Schweißtechnik des Vereins deutscher Ingenieure vorläufig aufgestellt worden sind.

Das Schweißverfahren gibt dem Konstrukteur eine größere Freiheit in der Formgebung der Tragwerkseinzelheiten. In diesem Zusammenhang wird auch die Wiedereinführung der Rohr-

form für Stützen, bisher allerdings nur vereinzelt, angestrebt. Die Rohrform, die früher bei der Ausführung gußeiserner Stützen sehr beliebt war, besitzt gerade für die Stützen von Stahlskelettbauten manche Vorzüge; so kann die Feuersicherheit durch Einbringen eines Betonkernes erhöht werden; auch ist der Rohrquerschnitt für die Aufnahme aller Druck- und Knickbeanspruchungen außerordentlich günstig, da sein Trägheitsmoment, auf alle Achsen bezogen, gleich ist.

Für die Ausführung von Stahlbauwerken sei auf folgende Normblätter hingewiesen:

DIN 1000 — Normalbedingungen für die Lieferung von Stahlbauwerken,
DIN 1050 und 1051 — Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Beanspruchungen der Baustoffe,
DIN 4100 — Vorschriften für geschweißte Stahlbauten,
DIN 1600 — Stahl und Eisen, Übersicht, Markenbezeichnung.

Außerdem sind noch zahlreiche Normblätter über Werkstoffprüfung, Profile und Konstruktionseinzelheiten erschienen, deren Aufzählung zu weit führen würde.

Eingehende Angaben über zulässige Materialbeanspruchungen, Belastungen, Profile und Dimensionierungsgrundsätze sowie auch die wichtigsten amtlichen Vorschriften enthält das vom Verein deutscher Eisenhüttenleute unter Mitwirkung des Stahlwerksverbandes und des Deutschen Stahlbauverbandes herausgegebene Buch „Stahl im Hochbau“[1].

2. Beton und Eisenbeton. Beton findet im Fabrikbau fast bei jedem Bauwerk mindestens für die Fundamente Anwendung, darüber hinaus — besonders in der Ausführung als Eisenbeton — für Pfeiler bzw. Stützen, Unterzüge, Deckenträger, Decken und Wände.

Im Abschnitt „Gründungen“ sind eingehendere Hinweise über die Verwendung des Betons und über den Schutz desselben gegen aggressive Stoffe, die in der Luft oder im Baugrund enthalten sind, gegeben. Für die zulässige Beanspruchung des Betons sind sowohl bei reinen Betonbauten als auch bei Eisenbetonbauten die Würfelfestigkeiten (Druckfestigkeiten) nach einer Abbindezeit von 28 Tagen maßgebend; diese Würfelfestigkeiten sind festzustellen nach dem Normblatt DIN 1048 „Bestimmungen für Steifeprüfungen und für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton“. Allgemeine Vorschriften für Beton- und Eisenbetonbauten enthalten die DIN-Blätter 1045 bis 1047. Ferner sind verschiedene Normblätter über Einzelheiten bei der Ausführung von Beton- und Eisenbetonbauten erschienen, von deren Wiedergabe abgesehen wird.

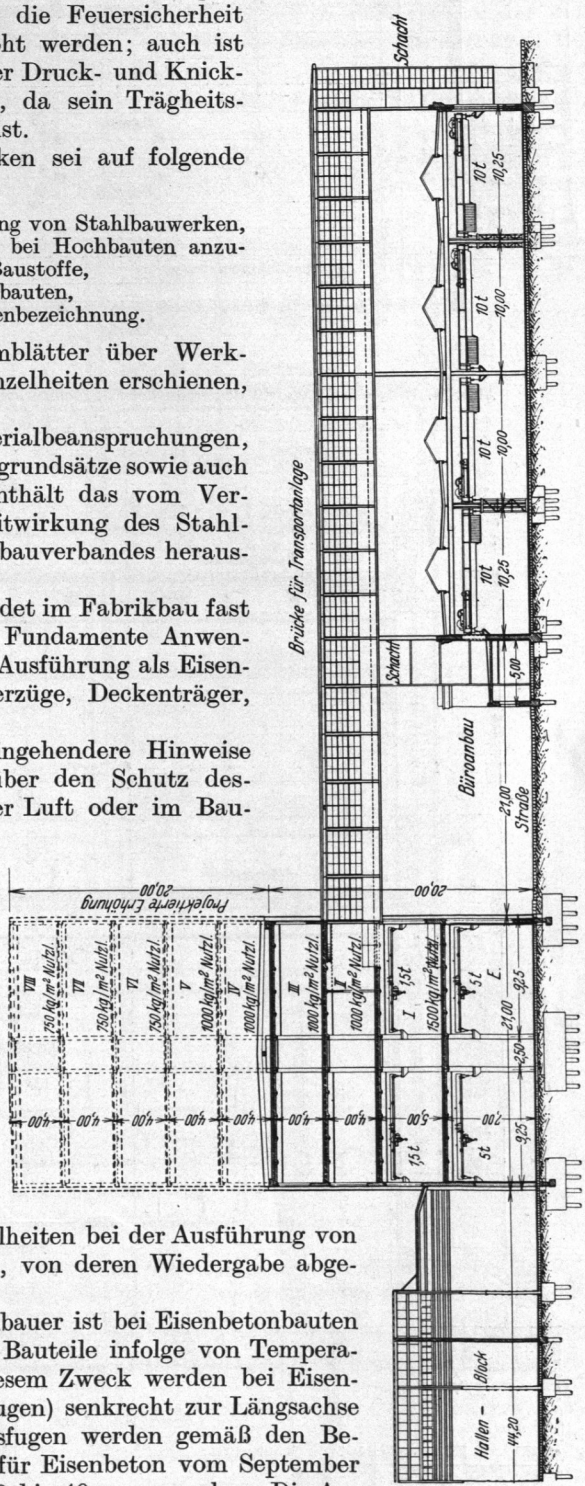


Abb. 73. Stahlskelett-Stockwerksbau mit anschließendem Hallenblock und Transportbrücke nach einem benachbarten Hallenblock.

Von großer Bedeutung für den Fabrikbauer ist bei Eisenbetonbauten die Rücksichtnahme auf Dehnungen der Bauteile infolge von Temperaturschwankungen und Schwinden. Zu diesem Zweck werden bei Eisenbetonbauten Trennungsfugen (Dehnungsfugen) senkrecht zur Längsachse des Gebäudes angeordnet; die Dehnungsfugen werden gemäß den Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom September 1925 im allgemeinen in Abständen von 30 bis 40 m vorgesehen. Die Anordnung von Bewegungsfugen hängt im wesentlichen von der Grundrißform, von der Kon-

[1] 8. Aufl., Oktober 1930, Düsseldorf: Stahleisen m. b. H. und Berlin: Julius Springer.

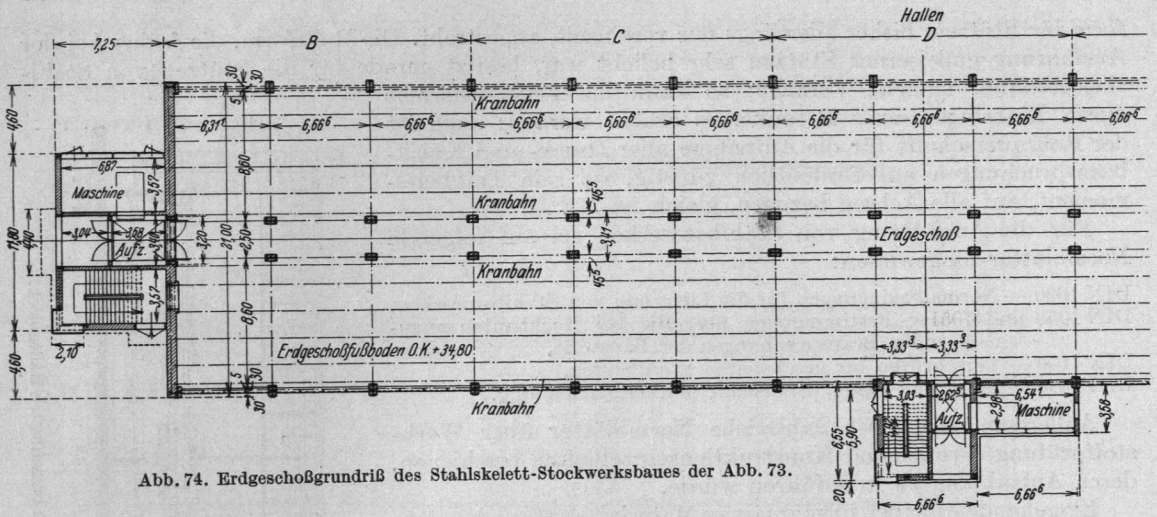


Abb. 74. Erdgeschoßgrundriß des Stahlskelett-Stockwerksbaues der Abb. 73.

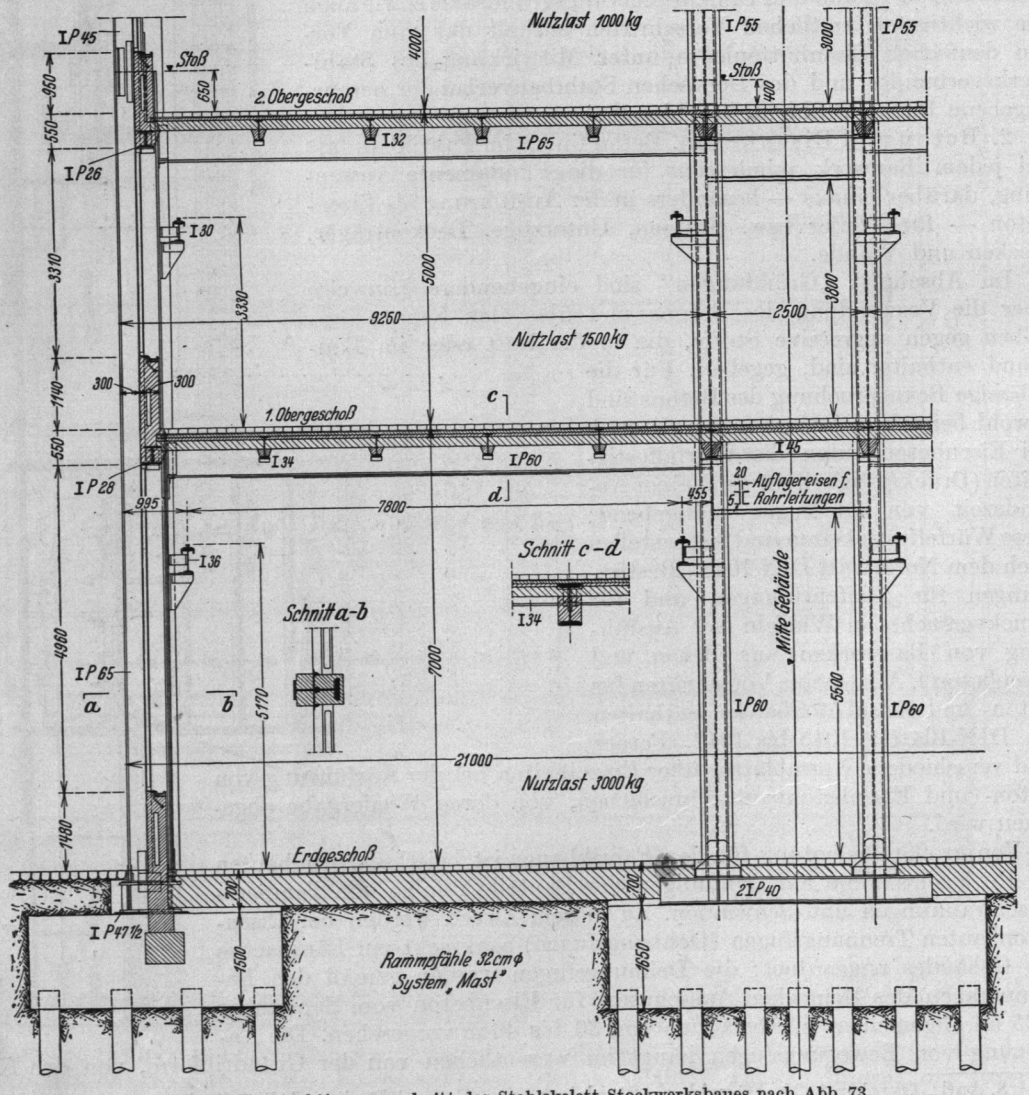


Abb. 75. Konstruktionsquerschnitt des Stahlskelett-Stockwerksbaues nach Abb. 73.

struktion und von dem Aufbau des Tragwerkes aus einem oder mehreren Baustoffen ab. Vor allem ist auch der örtlichen Lage (Sonnen-, Wind- und Wetterseite) des Gebäudes Beachtung zu schenken. Auch bei der Verbindung von alten Bauteilen mit Neubauten, bei der Verbindung von Bauteilen mit verschiedenen Nutzlasten und bei wesentlichen Änderungen des Gebäudequerschnittes sind Bewegungsfugen unerläßlich.

Prof. Dr. Kleinlogel hat für Hochbauten folgende praktischen Regeln für die Anordnung von Bewegungsfugen aufgestellt[1]:

a) Bewegungsfugen müssen durch das ganze Gebäude gehen und dürfen auch vor Stützen, Mittel- und Außenmauern nicht halt machen; gegebenenfalls sind die Fugen auch durch die Fundamente hinwegzuführen.

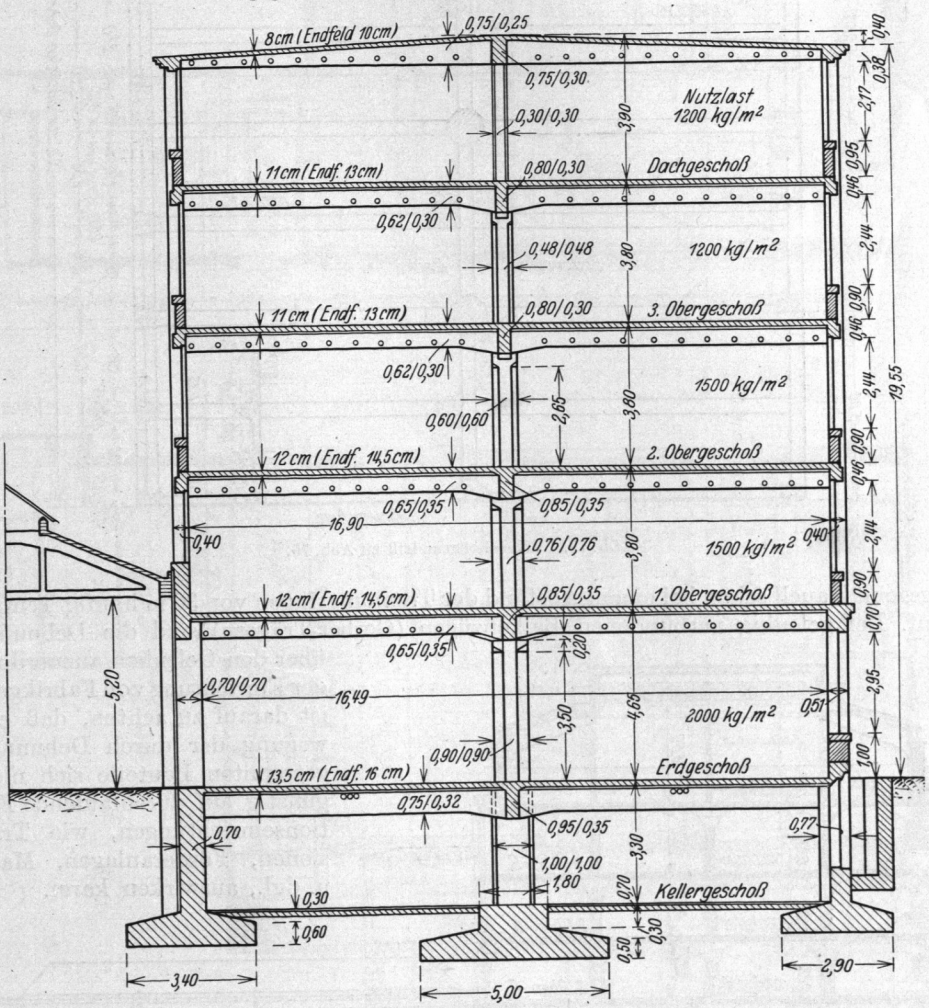


Abb. 76. Querschnitt eines Eisenbeton-Stockwerksbaues.

b) Können die Bewegungsfugen aus besonderen Gründen nur teilweise durchgeführt werden (z. B. bei dünnwandigen Bauteilen), so sind beim Übergang zu nicht unterteilten Baugliedern diese an der Fuge ausreichend zu bewehren, um eine Fortsetzung des Fugenspaltes in Form wilder Risse zu vermeiden.

c) Aus den gleichen Gründen ist der Ausbildung der Fugen im Verputz ebenfalls genügend Sorgfalt zu schenken; der Innenputz und der Außenputz darf nur bis an die Fuge, nicht aber über diese hinweggehen.

d) Bei allen Deckenplatten, besonders aber bei Dachplatten darf an Verteilungseisen nicht gespart werden.

e) Der Abstand von Bewegungsfugen kann im allgemeinen mit 25 bis 35 m (also etwas niedriger als nach den oben angeführten Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton) angenommen werden. Bei Bauteilen, die besonders dem Witterungswechsel ausgesetzt sind, müssen die Abstände unter Umständen auf 10 bis 15 m verringert werden[2].

[1] Kleinlogel: Bewegungsfugen im Beton- und Eisenbetonbau. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1927.

[2] In anderen Ländern sind nach Kleinlogel folgende Abstände vorzusehen: Nordamerika 30 bis 60 m, Schweiz 30 m, Österreich 20 m, Tschechoslowakei 30 bis 40 m, Norwegen 30 bis 50 m, Rußland 40 m.

f) Die Bewegungsfugen müssen auch tatsächlich eine Bewegungsmöglichkeit der getrennten Bauteile gewährleisten, worauf bei der Bauausführung besonders zu achten ist.

Eine besondere Beachtung verdienen in diesem Zusammenhang statisch unbestimmte Systeme und Dächer mit besonders geringer Plattenstärke. Bei solchen Dächern treten er-

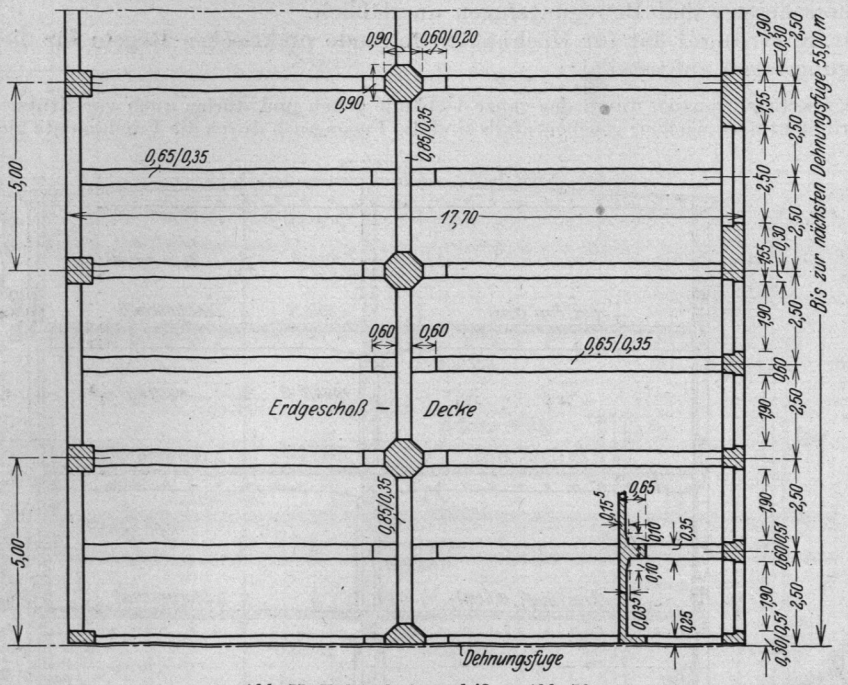


Abb. 77. Erdgeschoßgrundriß zu Abb. 76.

fahrungsgemäß auch schon bei einem Abstand der Trennungsfugen von 30 m häufig Temperaturrisse auf. Bei gelenkig verbundenen Balkenzügen (Gerber-Trägern) sind die Dehnungsfugen über den Gelenken anzuordnen. Bei der Einrichtung von Fabrikgebäuden ist darauf zu achten, daß eine Bewegung der durch Dehnungsfugen getrennten Bauteile sich nicht ungünstig auf durchlaufende Fabrikationseinrichtungen, wie Transmissionen, Förderanlagen, Maschinen u. dgl., auswirken kann.

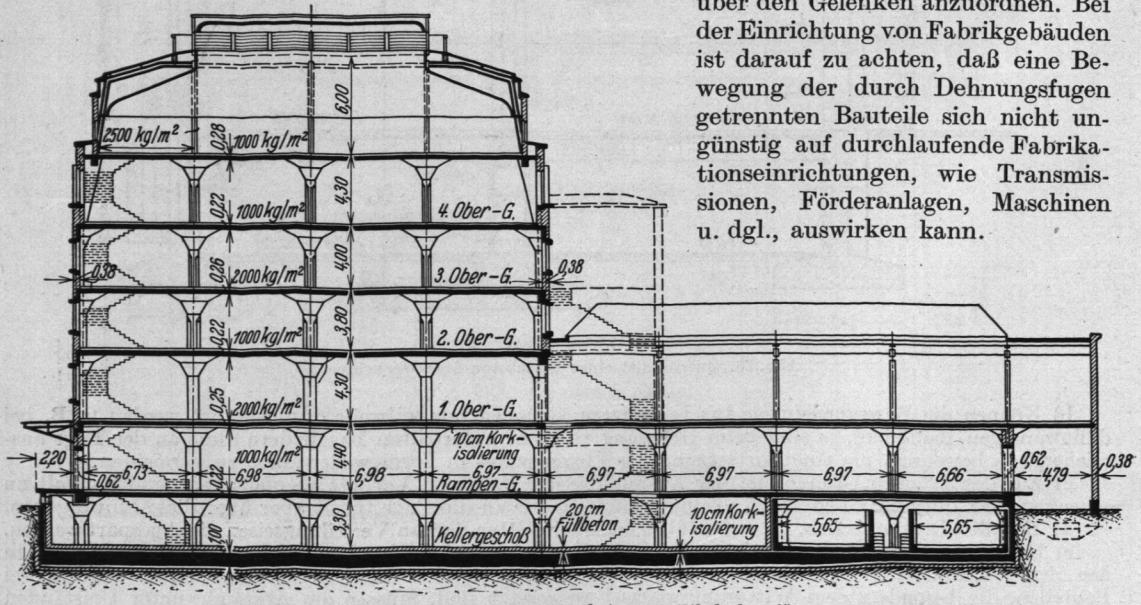


Abb. 78. Lager- und Versandgebäude in Eisenbeton mit Pilzdecken für eine Brauerei.

Die Abmessungen der Dehnungsfugen richten sich nach der Längenausdehnung und bewegen sich im allgemeinen zwischen 1 und 2,5 cm. Es kommen aber auch schmalere oder breitere

Fugen vor. Unter „Dacheindeckungen“ sind verschiedene Arten des Dehnungsfugenverschlusses dargestellt.

Bei der Anordnung der Dehnungsfugen ist auch auf den Arbeitsfortgang insofern Rück-

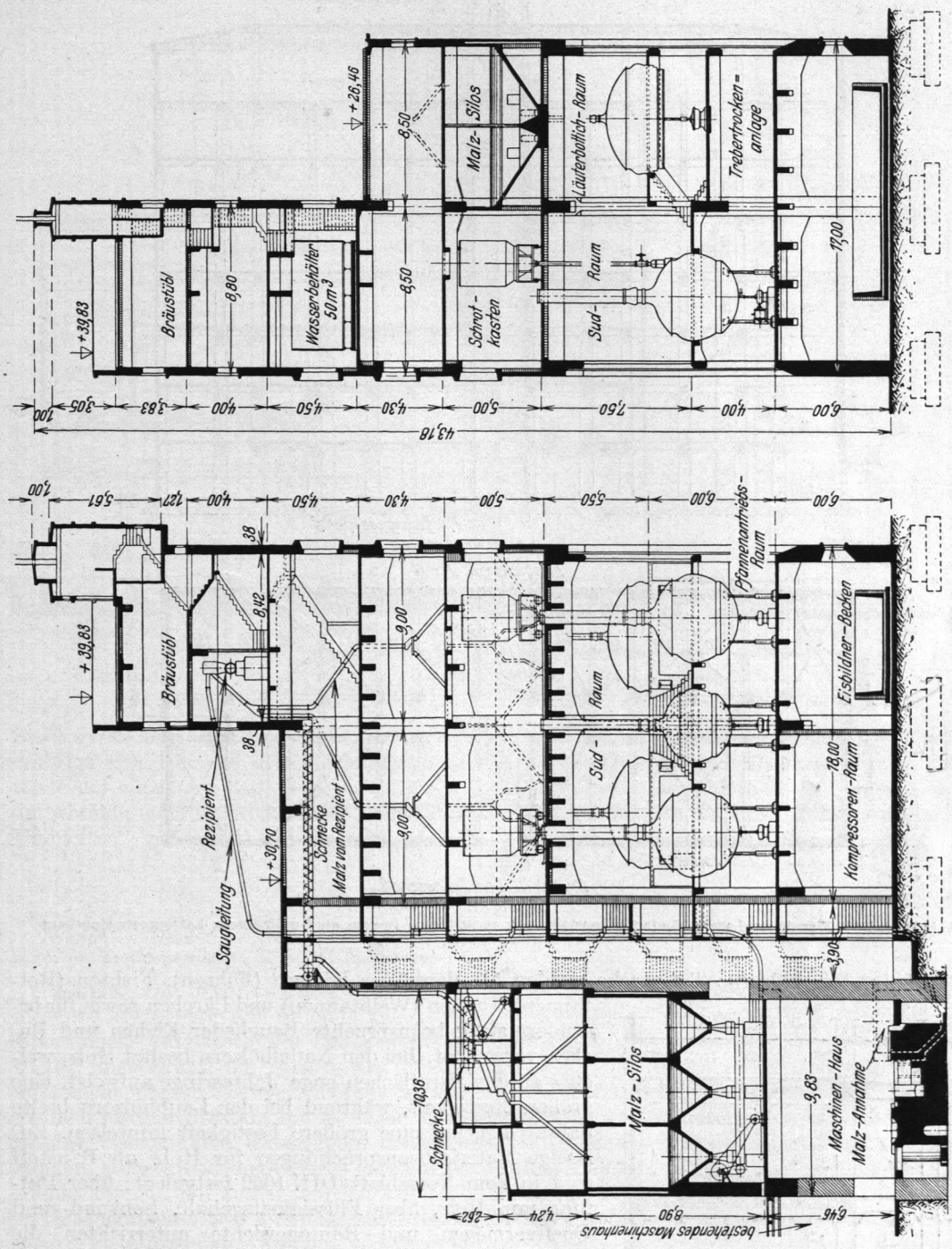


Abb. 79. Sudhochhaus in Eisenbeton für eine Brauerei.

sicht zu nehmen, als die durch die Dehnungsfugen bestimmten Bauabschnitte möglichst einer ununterbrochenen Arbeitsperiode, also etwa einer Tagesleistung der Betonierungsfolge entsprechen sollen. Können die Trennungsfugen nicht mit dem täglichen Arbeitspensum in Ein-

klang gebracht werden, so sind gegebenenfalls noch Arbeitsfugen festzulegen, die im allgemeinen da vorzusehen sind, wo sie in statischer und konstruktiver Hinsicht am wenigsten schaden können.

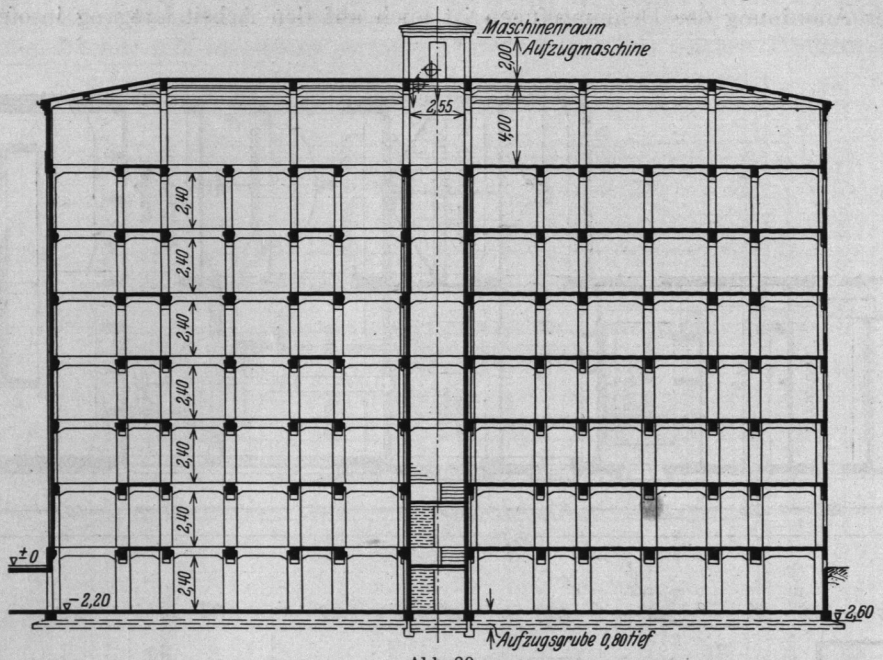


Abb. 80.

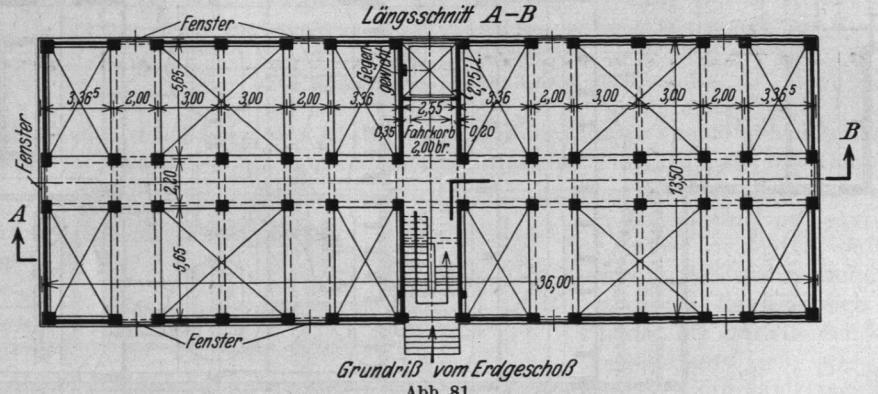


Abb. 81.

Abb. 80 und 81. Eisenbeton-Lagergebäude für Spezialhölzer; an Stelle der Decken sind größtenteils Lattenroste eingebaut (siehe Abb. 82).

3. Holz. Für hölzerne Tragwerke werden als Bauhölzer Kiefern (Föhren), Fichten (Rottannen), Tannen (Weißtannen) und Lärchen sowie für besonders stark beanspruchte Bauglieder Eichen und Buchen verwendet. Bei den Nadelhölzern besitzt Holz, welches an den Hirnflächen enge Jahresringe aufweist, eine größere Festigkeit, während bei den Laubhölzern breite Jahresringe auf eine größere Festigkeit hinweisen. Zulässige Materialbeanspruchungen für Holz als Baustoff sind in dem Normblatt DIN 1052 festgelegt; über Prüfung von Holz, über Flüssigkeitsgehalt, Schwind- und Quellvermögen und Raumgewichte unterrichten die Normblätter DIN (DVM) 2181 bis 2186 und 2190 bis 2192.

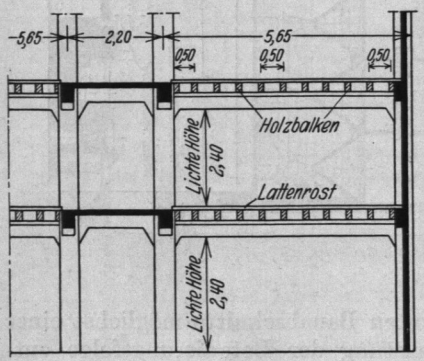


Abb. 82. Konstruktionsquerschnitt zu Abb. 80.

Die Bemessung der einzelnen Teile des Tragwerkes ist Sache des Bauingenieurs bzw. der ausführenden

Firma. Es würde zu weit führen, wenn an dieser Stelle hierauf näher eingegangen würde, zumal die Dimensionierung der Tragwerke auch keine spezielle Aufgabe des Fabrikbaues ist. Lediglich durch die zeichnerische Wiedergabe ausgeführter Bauwerke sollen typische Beispiele für die Ausführung von Tragwerken sowohl für Flach- und Hallenbauten als auch für

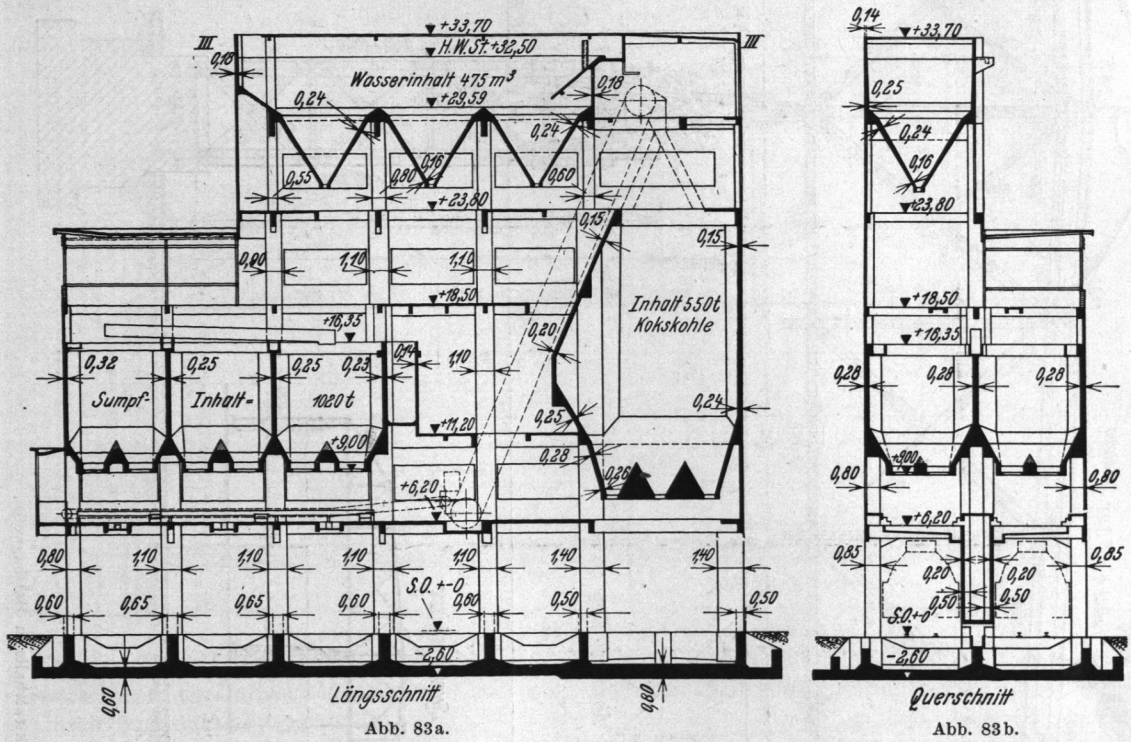


Abb. 83a. Abb. 83b.

Abb. 83a u. b. Kohlenwäsche in Eisenbetonbauweise.

Stockwerks- und Industriebauten gezeigt werden. Eine Erläuterung dieser Abbildungen im Text erübrigt sich, da aus den Zeichnungen die Hauptabmessungen und die wesentlichen Kennwerte der einzelnen Bauwerke ersichtlich sind. Im Zusammenhang hiermit wird auch noch auf die Abbildungen des Abschnittes „Gründungen" und auf die des Kapitels „Erweiterungs- und Umbauten" verwiesen[1].

8. Bauliche Einzelheiten.

Wände. — Decken. — Dacheindeckungen. — Fenster, Oberlichter. Verglasung, Entlüfter. — Türen und Tore. — Treppenanlagen, Bühnen, Laufstege.

Wände. Die Frontwände werden im Fabrikbau aus Gründen der Wirtschaftlichkeit meistens in tragende und füllende Teile, also in Pfeiler oder Stützen und in Zwischenfelder bzw. Brüstungen aufgelöst. Bei Mauerwerks-Geschoßbauten (Trägerbauten) werden gemauerte Pfeiler angeordnet, die ebenso wie die Mittelstützen, Unterzüge und Kappenträger statisch untersucht werden müssen. An Stelle der gemauerten Pfeiler treten bei neuzeitlicher Ausführung vielfach eiserne Stützen, die in enger Verbindung mit der übrigen Tragkonstruktion des Gebäudes, also mit den Unterzügen, Deckenkonstruktionen und hierdurch auch mit den Mittelstützen, stehen. Auf diese Weise entsteht der Stahlskelettbau. Die eisernen Stützen der Frontwände können von außen sichtbar sein, sie können aber auch verkleidet werden. Beide Konstruktionen lassen sich architektonisch wirkungsvoll verwenden. Seitlich und nach dem Rauminnern zu müssen die Stützen gemäß den baupolizeilichen Bestimmungen zum Feuerschutz grundsätzlich mit Mauerwerk oder auf ähnliche Weise umkleidet werden.

[1] Die Abb. 76 bis 79 und 83 wurden durch Vermittlung des Deutschen Beton-Vereins e. V., Oberkassel, zur Verfügung gestellt.

Für Eisenbetonbauten gilt sinngemäß das gleiche wie für Stahlskelettbauten. Auch hier wird die Betonkonstruktion mitunter durch Ziegelsteine verblendet, sei es aus architektonischen Gründen, sei es zum Schutz gegen chemische Angriffe. Wenn nämlich die Baukonstruktion mit

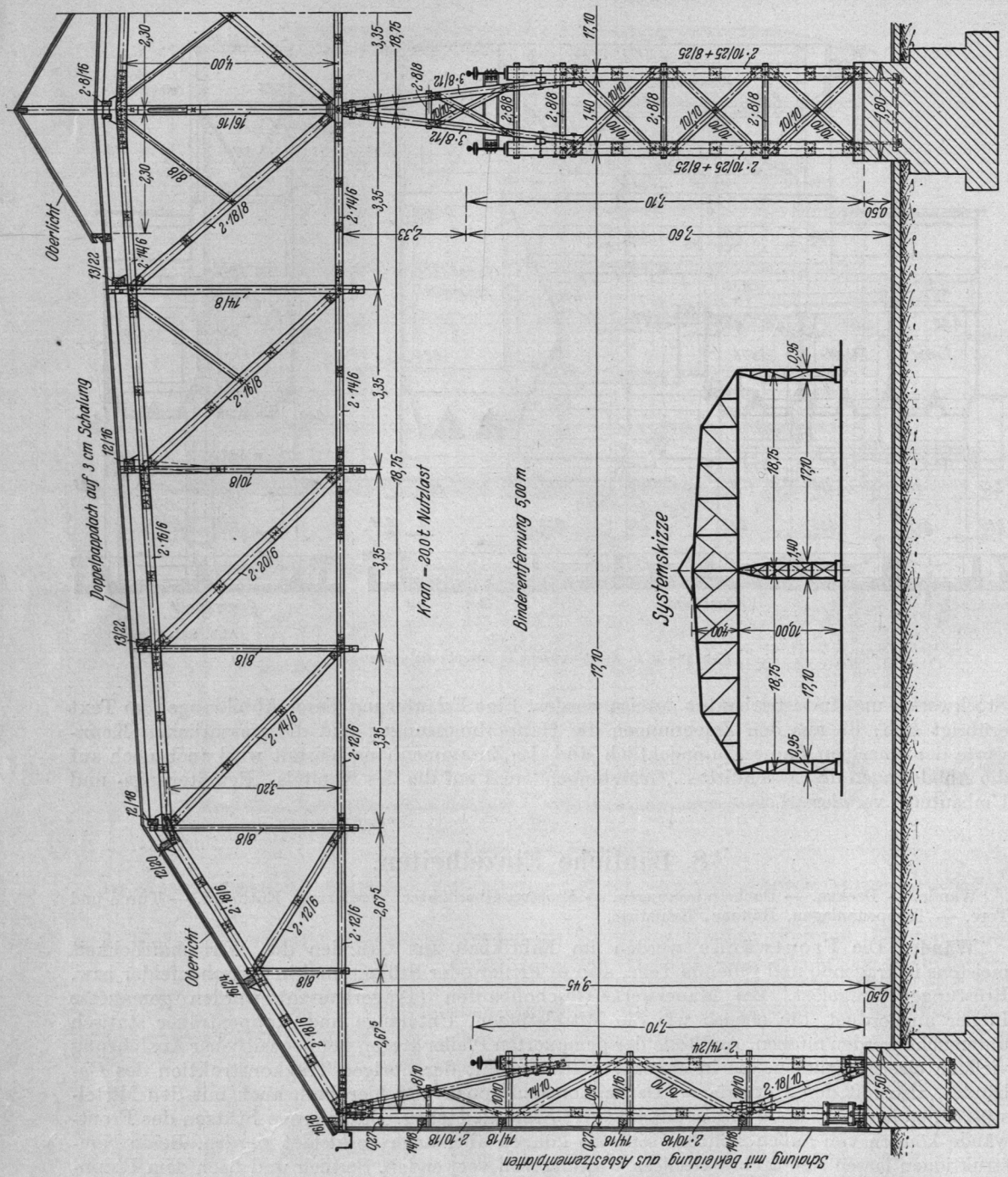


Abb. 84. Werkstatthalle in Holzbauweise.

Abgasen, Dünsten usw. in Berührung kommt, so treten — zumal bei großem Feuchtigkeitsgehalt der Luft — etwaige aggressive Stoffe mit den Bestandteilen des Betons leicht in Reaktion.

Die Brüstungen bzw. die Wandfelder zwischen den Pfeilern oder Stützen können verhältnismäßig schwach gehalten werden, wenn sie gemäß vorstehenden Ausführungen nicht tragend sind.

Bei der Konstruktion der Brüstungen ist auf guten Wärmeschutz und möglichst geringes Eigengewicht Wert zu legen. Diese Forderung erfüllt z. B. eine Brüstung aus 30 cm starkem Mauer-

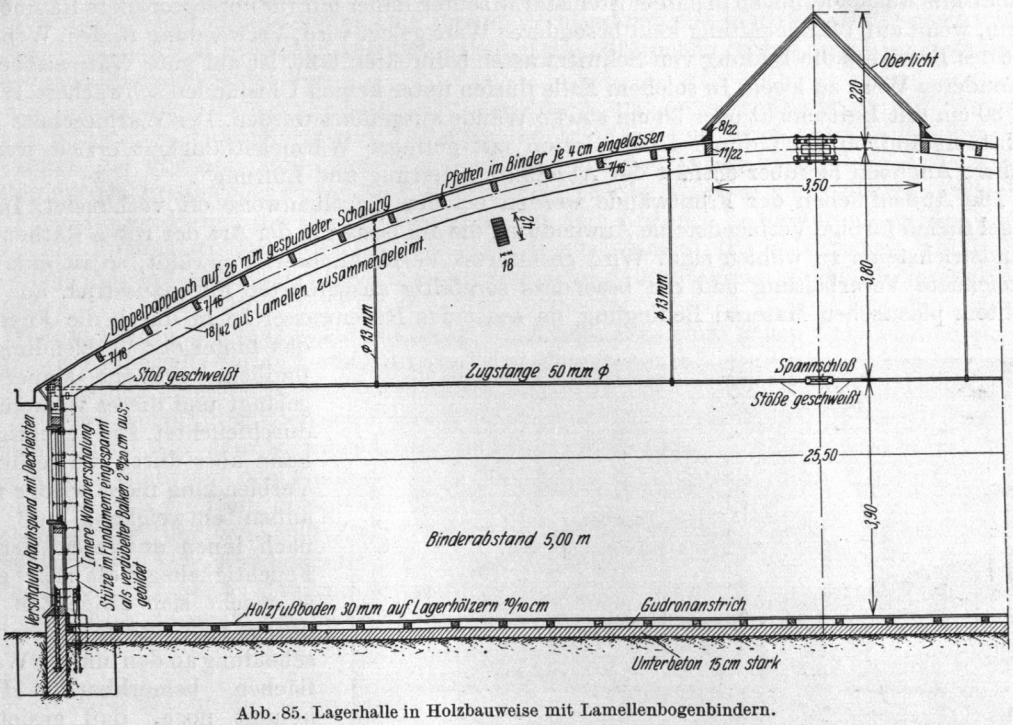


Abb. 85. Lagerhalle in Holzbauweise mit Lamellenbogenbindern.

werk mit 6 cm Luftschlitz (12 + 6 + 12 cm). Bei großer Pfeilerentfernung sind die Brüstungen durch horizontal angeordnete Profileisen auszusteifen. Hieran können auch die zur Unterteilung der Fensterfläche etwa vorzusehenden Pfosten befestigt werden.

Für Hallen in Stahlbauweise brauchen die Längswände auch bei den größten Abmessungen im allgemeinen nicht stärker als 25 cm und die Giebelwände nicht stärker als 38 cm ausgeführt zu werden, wenn ein entsprechendes Eisenfachwerk vorgesehen wird. Dieses Fachwerk kann noch 13 cm verblendet werden. Natürlich muß auf genügend Bewegungsmöglichkeit des Systems von vornherein durch eine richtige Ausführung Rücksicht genommen werden. Durch die vorstehend beschriebene Konstruktion wird das Eigengewicht beschränkt, was besonders bei künstlichen Gründungen von Bedeutung ist und was sich auch in den Baukosten ausdrückt. Außenwände von Fabrikations- und Lagergebäuden schwächer als 25 cm zu wählen, ist

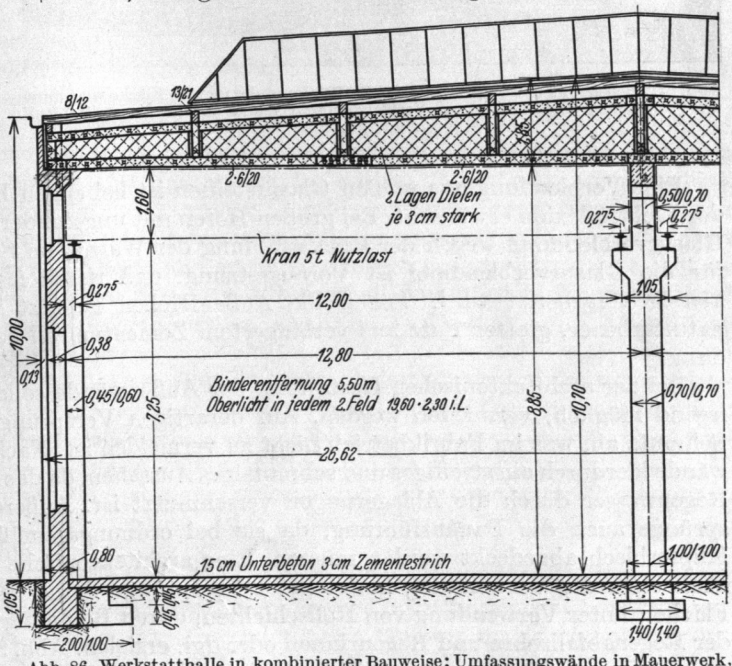


Abb. 86. Werkstatthalle in kombinierter Bauweise: Umfassungswände in Mauerwerk, Stützen in Eisenbeton, Binder in Vollwand-Holzkonstruktion.

wegen der nicht unbeträchtlichen Wärmeverluste und mit Rücksicht auf die bei anhaltenden Regenfällen auftretende Durchfeuchtung des Mauerwerkes nicht zu empfehlen. Eisenfachwerkwände mit Ausmauerungen in halber Steinstärke sollten daher nur für untergeordnete Räume oder dann, wenn auf Wärmehaltung kein besonderer Wert gelegt wird, Verwendung finden. Wenn die Art des Betriebes die Bildung von Schwitzwasser befürchten läßt, ist auf gute Wärmeisolierung besonderer Wert zu legen. In solchem Falle dürfen unter keinen Umständen schwächere Wände als 30 cm mit Luftschicht oder 38 cm starke Wände ausgeführt werden. Der Wärmeschutz kann selbstverständlich auch durch Isolierplatten mit geringer Wärmeleitfähigkeit erzielt werden. Nähere Angaben hierüber enthält der Abschnitt „Heizung und Lüftung".

Die Außenflächen der Frontwände werden bei der Ziegelbauweise oft verblendet. In der Regel finden farbige Verblendsteine Anwendung, die am besten in der Art der roten Rathenower Handstrichsteine zu wählen sind. Wird gesintertes Verblendmaterial gewählt, so ist eine ausgezeichnete Verarbeitung und ein besonders sorgfältig ausgeführter Fugenausstrich aus sehr dichtem plastischen Material Bedingung, da sonst das Regenwasser leicht durch die Fugen in das hinter der Verblendung befindliche einfache Mauerwerk gelangt und dieses vollkommen durchfeuchtet. Die Feuchtigkeit kann aber durch die gesinterte Verblendung nicht wieder nach außen entweichen, muß also nach innen austreten. Ist der Feuchtigkeitsgehalt sehr groß, so macht sich lange Zeit hindurch eine starke Wasserausscheidung an den inneren Wandflächen bemerkbar. Hinzu kommt noch, daß gesinterte Verblendsteine vielfach feine Haarrisse aufweisen, durch die das Regenwasser trotz guter Vermauerung der Steine und sorgfältig ausgeführtem Fugenausstrich ebenfalls in das Innere des Mauerwerkes gelangen kann.

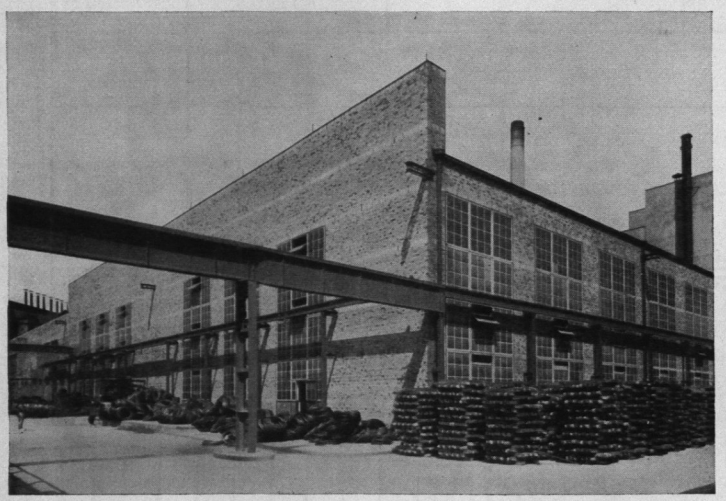


Abb. 87. Giebelfront eines Hallenblocks; die Belebung der glatten Fläche wird durch die Verwendung eines besonderen Verblendmaterials und durch eingestellte Rollschichten erzielt.

Eine Verblendung aus weißen Glasursteinen ist bei engen Höfen und Lichtschächten wegen der Lichtreflexion erwünscht. Bei großen Höfen mit ungehindertem Lichteinfall sollte eine weiße Glasurverblendung wegen der Rückstrahlung der Wärme im Sommer vermieden werden. Auch für die Glasurverblendung ist Voraussetzung, daß rissefreies Material verwendet und erstklassig verarbeitet wird. Sollen die Außenflächen geputzt werden, so kommt am besten naturfarbener, glatter Putz aus verlängertem Zementmörtel oder Zementkalkputz zur Anwendung.

Bei der architektonischen Gestaltung der Außenwände sollen horizontale Vorsprünge, wenn irgend möglich, vermieden werden. Auf derartigen Vorsprüngen lagert sich Ruß, Staub und Schmutz ab, was im Fabrikbetrieb nicht zu vermeiden ist. Nach kurzer Zeit erhalten die Frontwände hierdurch ein streifiges und schmutziges Aussehen, da das von den Vorsprüngen ablaufende Regenwasser durch die Ablagerungen verschmutzt ist. Außerdem verteuern horizontale Vorsprünge auch die Bauausführung, da sie bei ordnungsgemäßer Ausführung mit Zink- oder Kupferblech abgedeckt werden müssen. Eine architektonische Belebung der Fassade läßt sich auch ohne die Verwendung horizontaler Vorsprünge durch geschickte Aufteilung der glatten Flächen unter Verwendung von Rollschichten, durch Betonung und geschmackvolle Ausbildung der Regenabfallrohre und Regenrinnen oder dgl. erzielen. Abb. 87 gibt ein Beispiel hierfür[1].

Die Verwendung der natürlichen Steine zur Ausführung von Außenwänden im Fabrikbau ist lokal beschränkt. Die Wärmeleitfähigkeit der natürlichen Steine ist zu hoch, als daß sie

[1] Entwurf: Architekt B. D. A. Ernst Ziesel, Berlin.

sich gut für die Umfassung von Räumen eignen würden, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen dienen. Einen Schutz gegen die starken Abkühlungsverluste solcher Mauern und gegen Schwitzwasserbildung bietet eine innere Verblendung mit künstlichen Steinen. Für die oberen Geschosse von Stockwerksbauten scheiden die natürlichen Steine im allgemeinen wegen ihres hohen Eigengewichtes aus.

Alle Umfassungswände sowie auch diejenigen Innen- und Zwischenwände, die auf Banketten stehen, ferner alle Mauerpfeiler und Stützenummantelungen sind gegen aufsteigende Feuchtigkeit durch die üblichen Isolierungen zu schützen. Hierzu dienen wasserabweisende Schutzplatten mit Dachpappeinlage oder Asphaltfilzeinlage, Teerdachpappen oder Gußasphaltschichten von 1 cm Stärke. Soweit die Umfassungswände mit dem Erdreich in Berührung stehen, sind sie außen mit Fugenglattstrich oder mit glattgestrichenem Zementputz zu versehen und zweimal mit einem Asphalt- oder Teerpräparat zu streichen, so daß alle Poren vollkommen geschlossen werden.

Wichtig ist die zweckmäßige Ausbildung des Anschlusses eines neuen Gebäudes an ein vorhandenes. Keinesfalls dürfen beide Bauteile durch eingestemmte Verzahnung verbunden werden. Da sich das neu aufgeführte Mauerwerk durch das Schwinden und Zusammenpressen des Mörtels nach der Ausführung noch setzt, wären bei ungenügender Ausbildung des Anschlusses Risse unausbleiblich. Aus dem gleichen Grunde dürfen auch neue Mauern nicht auf den Banketten alter Mauern aufsitzen, vielmehr muß ein entsprechender Überbau vorgesehen werden, der genügend Zwischenraum über den alten Banketten bzw. Fundamenten läßt, so daß auch bei einem Setzen der neuen Mauern die alten Bauteile noch freiliegen. Abb. 88 zeigt, wie die Verbindung eines neuen Bauteiles mit einem alten Gebäude zweckmäßig auszuführen ist.

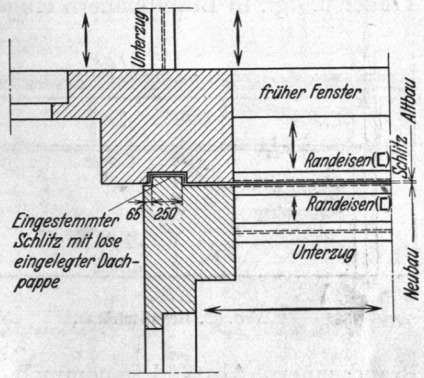


Abb. 88. Anschluß eines neuen Bauteils an ein altes Gebäude.

Besondere Beachtung verdient die Ausführung der Innenwände. Diese lassen sich, abgesehen von den Wänden von Treppenhauseinbauten, in zwei Gruppen unterteilen. Die eine Gruppe sind die Brandmauern und die Umfassungswände feuergefährlicher Betriebsstätten; die andere Gruppe stellen die übrigen Trennwände dar. Als Material für die erste Gruppe kommen immer gebrannte Ziegel in Frage. Wände der zweiten Gruppe sollten gleichfalls aus gebrannten Ziegeln hergestellt werden, wenn nicht leicht zu versetzende eiserne oder hölzerne Wände mit Verglasung oder Streckmetallfüllungen oder dgl. verwendet werden. Zwischenwände aus Gipsdielen, aus Koksascheplatten oder dgl. sind immer, Drahtputzwände nach Möglichkeit zu vermeiden. Derartige Wände werden durch die in einem Fabrikbetrieb meist unausbleiblichen Erschütterungen und Vibrationen leicht rissig und verlieren dadurch an Standsicherheit. Außerdem ist das Befestigen von Rohrleitungen u. dgl. mittels Rohrschellen unmöglich. Wenn bestimmt keine nennenswerten Installationen in Frage kommen, kann die Ausführung in ¼ Steinstärke aus Hintermauerungssteinen, porigen Steinen oder Hohlsteinen, mit horizontalen und vertikalen Eiseneinlagen erfolgen. Sollen Installationen oder Apparate befestigt werden, so ist die Ausführung in den gleichen Materialien, jedoch mindestens in ½ Steinstärke, mit horizontalen Eiseneinlagen vorzunehmen. Größere Wandflächen sind durch Pfeilervorlagen oder durch eiserne Stiele zu unterteilen. Für Zwischenwände in Bürogebäuden und für Büroeinbauten eignet sich besonders der rheinische Schwemmstein, der mit einem seiner Zusammensetzung ähnlichen Mörtel mit Zusatz von Zement zu vermauern ist. Auch poröse Vollziegel und poröse Hohlziegel sind für diese Zwecke zu empfehlen.

Bei den Innenwänden der ersten Gruppe, d. h. also bei Brandmauern und Umfassungswänden für feuergefährliche Betriebsstätten haben die früheren Begriffe „massiv", „feuerfest" und „feuersicher" häufig zu Zweifeln bei der Anwendung der Bauordnungsbestimmungen geführt. Daher sind diese Begriffe durch die Begriffsbezeichnungen „feuerbeständig" und „feuerhemmend" ersetzt worden.

Allgemein gelten als „feuerbeständig" Bauteile, die unverbrennlich sind, unter dem Einfluß des Brandes und des Löschwassers ihre Tragfähigkeit oder ihr Gefüge nicht wesentlich ändern und den Durchgang des Feuers geraume Zeit verhindern. Im besonderen gelten als feuerbeständig

Wände aus vollfugig gemauerten Ziegelsteinen, Kalksteinen, Schwemmsteinen, kohlenfreien Schlackensteinen oder Steinen aus anderen im Feuer gleichwertigen Baustoffen von mindestens halber Steinstärke, ferner Betonwände aus mindestens 10 cm starkem, unbewehrtem Kiesbeton oder mindestens 6 cm starkem, bewehrtem Kiesbeton (Eisenbeton).

Als „feuerhemmend" gelten Bauteile, wenn sie, ohne sofort selbst in Brand zu geraten, wenigstens eine viertel Stunde lang dem Feuer erfolgreich Widerstand leisten und den Durchgang des Feuers verhindern. Als feuerhemmend gelten schon Wände aus Holz wenn sie mit 1,5 cm starkem, sachgemäß ausgeführtem Kalkmörtelputz auf Rohrung oder mit Rabitzputz oder anderen erprobten Baustoffen bekleidet sind. Derartige Wände sollten im Fabrikbau jedoch keine Anwendung finden. Überhaupt kommt die Errichtung von feuerhemmenden Wänden im Fabrikbau so gut wie gar nicht in Frage. Wenn Wände aus Gründen des Feuerschutzes notwendig werden, so sind Wände in feuerbeständiger Ausführung zu bevorzugen.

Nach den Bestimmungen der Berliner Baupolizei müssen von Grund auf durchgehende Brandmauern bei Ausführung in Mauerwerk mindestens 25 cm und bei Ausführung in Beton mindestens 20 cm stark hergestellt werden. Sie sollen bei vier- und mehrgeschossigen Gebäuden 20 cm über die Dachhaut geführt werden. Bei anderen Gebäuden genügt es, wenn sie bis unter die Dachhaut gehen und beiderseitig mit verlängertem Zementmörtel geputzt werden. Wenn Träger u. dgl. in Brandmauern eingelegt werden, so muß der verbleibende Mauerteil noch mindestens ½ Stein stark sein und verputzt werden. Öffnungen in Brandmauern sind durch feuerbeständige, selbsttätig zufallende Türen zu verschließen. In ausgedehnten Gebäuden sollen die Brandmauern höchstens in Abständen von 50 m angeordnet werden. Da die neuzeitlichen Fabrikationsmethoden aber vielfach mit Räumen von 50 m Länge nicht auskommen, wirken diese amtlichen Bestimmungen oft recht störend. Auf Grund von Vereinbarungen mit der zuständigen Baupolizeibehörde kann meistens von fest eingebauten, von Grund auf durchgehenden Brandmauern Abstand genommen werden. Die einzelnen Stockwerke können an beliebigen Stellen durch eingestellte Wände in ½ Steinstärke unterteilt werden. Mit den wechselnden Fabrikationsbedürfnissen läßt sich dann auch der Standort der Wände jederzeit verändern. Den baupolizeilichen Bestimmungen kann bei Räumen von mehr als 50 m Länge dadurch Rechnung getragen werden, daß die Räume durch tief heruntergezogene Brandschürzen in ½ Steinstärke, in aufgehängter und mit den Pfeilern bzw. Stützen verbundenen Fachwerkkonstruktion unterteilt werden. Die Brandschürzen sollen möglichst bis zu einer Höhe von 2,50 m über Fußboden Oberkante herabgezogen werden. Die sichtbaren Eisenteile müssen mit Putzgewebe umspannt und beide Seiten der Brandschürze durchweg mit verlängertem Zementmörtel geputzt werden. Zur Erhöhung des Feuerschutzes sind auch die vorher angeführten eingestellten Brandmauern beiderseitig mit verlängertem Zementmörtel zu putzen. Für Keller- und Bodenräume gilt die Regel, daß die durch Wände in der gleichen Ausführung unterteilten Räume nicht größer als 500 m² sein sollen. Hat ein Dachgeschoß eine feuerbeständige Deckenkonstruktion, z. B. bei Flachdächern, so kann in den meisten Fällen davon Abstand genommen werden, die eingestellten Brandmauern des Dachgeschosses über Dach zu führen. Voraussetzung ist hierbei, daß das Dachgeschoß in gleicher Weise ausgeführt ist wie die übrigen Geschosse. In Dachgeschossen, bei denen für das Dach ganz oder teilweise Holz als Baustoff verwendet wird, läßt sich die Errichtung von Brandmauern in vorgeschriebener Stärke und Ausführung, die in diesem Fall über Dach gehen müssen, nicht umgehen. Dann müssen im Fußboden des Dachgeschosses entsprechende Tragkonstruktionen vorgesehen werden.

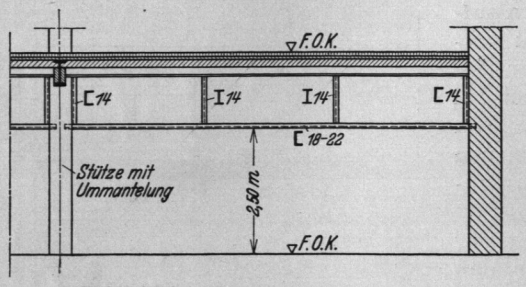


Abb. 89. Brandschürze.

Als eingestellte Brandmauern sind auch die Umfassungswände feuergefährlicher Betriebsstätten anzusprechen. Für die Ausführung gilt das gleiche wie vorstehend gesagt. Sowohl für eigentliche Brandmauern als auch für die Umfassungswände von feuergefährlichen Betriebsstätten sind Hohlsteine, ganz gleich welcher Art, zu vermeiden, da diese infolge der Hohlräume nicht als „vollfugig gemauert" anzusprechen sind.

Von großer Wichtigkeit ist die rost- und feuersichere Umkleidung der eisernen Stützen eines Stockwerkbaues. Bei den Trägerbauten handelt es sich nur um die Mittelstützen, bei Stahl-

skelettbauten auch um die Frontwandstützen. Für die Ummantelung kommt immer eine feuerbeständige Ausführung in Frage, für die die amtlichen Bestimmungen ein allseitiges Ausmauern oder Ausbetonieren der Stützenprofile vorschreiben, wobei die Flanschflächen und Flanschkanten wenigstens 3 cm Deckung von Beton mit eingelegtem Drahtgewebe oder von gebranntem Ton oder anderen als gleichwertig erprobten Baustoffen erhalten müssen. Eine bewährte Ausführung stellt eine Ausmauerung der Profile und eine Ummauerung der Flanschflächen und Flanschkanten in mindestens ¼ Steinstärke in Zementmörtel dar. Alle Profilflächen sind vorher mit dicker Zementschlämme gut deckend zu streichen. An den Ecken müssen die Steine wechselseitig in die andere Seite der Ummauerung einbinden. Es ist darauf zu achten, daß Rohrleitungen, die in der Längsrichtung des Gebäudes zu verlegen sind, mittels Schellen an dem Mauerwerk der Stützenausmauerung bzw. -ummauerung befestigt werden können. Hierfür ist dann Mauerwerk von mindestens ½ Steinstärke erforderlich. Die Abb. 90 und 91 stellen die Ausmauerung bzw. Ummauerung von Frontwand- und Mittelstützen eines Stahlskelettbaues dar. Bei den Frontwandstützen ist auch der aus der Brüstung nach außen ragende Teil des Stützenprofils seitlich mit Mauerwerk verkleidet worden. Dieses Mauerwerk wird durch Rundeisensplinte, die am Trägersteg befestigt sind, gehalten und hat den Zweck, bei einem Brande den äußeren Trägerflansch vor den Einwirkungen der aus den Fenstern schlagenden Stichflammen zu schützen. Vielfach werden auch die Frontwandstützen von Stahlskelettbauten vollkommen eingemauert, so daß der Bau äußerlich als Mauerwerksbau erscheint. Die Betonung als Stahlskelettbau geht hierdurch allerdings verloren. Die Ecken der Ummauerungen und sonstige Mauerwerkskanten sollen durch glatte, kräftige Eckschutzschienen von 1,60 m Höhe, etwas unter Fußbodenoberkante beginnend, geschützt werden.

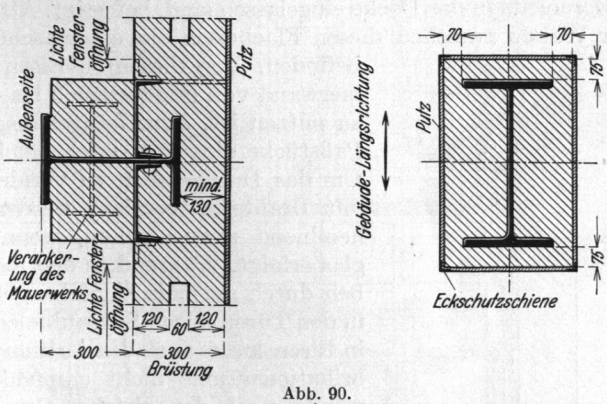


Abb. 90.

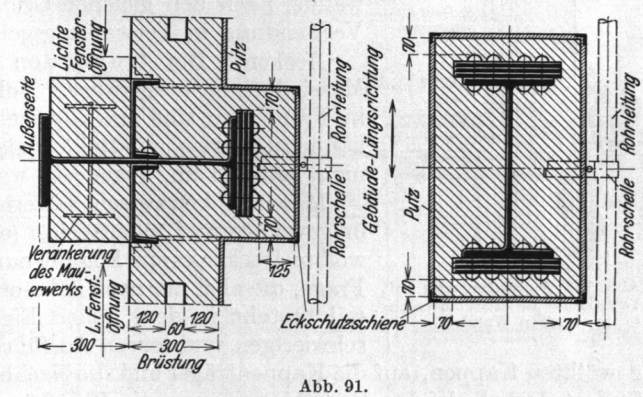


Abb. 91.

Abb. 90 u. 91. Ausmauerung der Frontwand- und Mittelstützen eines Stahlskelett-Stockwerksbaues; unten Erdgeschoßstützen, darüber Stützen der oberen Geschosse.

Die inneren Wandflächen vieler Fabrikationsstätten brauchen nicht geputzt zu werden, wenn die Steine eben sind, scharfe Kanten haben und flucht- und lotrecht vermauert sind. Die Fugen werden dann glattgestrichen. Kommt Putz in Frage, so genügt ein Kalkmörtelputz aus Weiß- oder Graukalk. Die Decken sollten immer geputzt werden, da an den rauhen Flächen der Staub leicht und in größeren Mengen haftet. Bei Erschütterungen lösen sich dann die mehr oder weniger großen Staubnester und führen unter Umständen auch zu Beschädigungen der Fabrikate. Als Deckenputz ist stets ein Putz aus verlängertem Zementmörtel oder ein Zementkalkputz zu verwenden.

In zahlreichen Betrieben muß das Mauerwerk der Wände vor angreifenden Stoffen bzw. vor betriebsmäßiger Feuchtigkeit geschützt werden. Vielfach wird auch eine leichte Reinigungsmöglichkeit der Wandflächen gefordert. In diesen Fällen sind glasierte Wandplatten zu verwenden, deren Normalgröße 15 × 15 cm bei 0,8 cm Stärke beträgt. Werden mit Platten verkleidete Wände gereinigt oder abgespritzt, so stellt das ablaufende Wasser eine große Gefahr für etwa an den Wänden befestigte elektrische Apparate und Einrichtungen dar. Aus diesem Grunde ist es ratsam, hierfür Nischen vorzusehen und die Nischen oben durch einen Formstein mit Tropfkante abzuschließen (s. Abb. 92).

Neben den oben beschriebenen feuersicheren Wänden finden auch vielfach eiserne und höl-

zerne Trennwände mit Verglasung Anwendung. Diese dienen zur Abtrennung von Büros, Lagerräumen, Maschinenräumen, Waschräumen usw. Die Verwendung solcher Holzglas- oder Eisenglaswände bietet den Vorzug, daß die dahinterliegenden Räumlichkeiten gut beleuchtet werden. In manchen Fällen wird auch anstatt der Verglasung Streckmetallfüllung oder Drahtgeflechtfüllung angewandt, besonders für die Abtrennung von Lagerräumen. Die Eisenglaswände bestehen aus Normalfeldern von 1 und 2 m Breite und aus Türfeldern von 1,60 m Breite für zweiflüglige und 1 m Breite für einflüglige Türen. Die Höhe beträgt durchweg 3 m. Wenn man sich an diese Normalmaße hält, dann lassen sich die Wände infolge ihrer leichten Anpassungsmöglichkeit überall verwenden und auch leicht umstellen.

Die Wandfelder werden auf dem Fußboden durch Steinschrauben, seitlich aneinander und an senkrechten Flacheisen, die in Abständen von 2,60 bzw. 3 bzw. 3,60 m einerseits im Fußboden, andererseits in der Decke eingelassen sind, befestigt. Als Abschluß und Versteifung liegt oberhalb der Wände zwischen diesen Flacheisen ein eingelaschtes U-Eisen, an dem sich Rabitzwinkel befinden. Von diesem U-Eisen bis zur Decke ist am besten eine Monierwand von mindestens 3 bis 4 cm Stärke zu spannen, die beiderseitig zu putzen ist. Zum Längenausgleich können an den Enden der Wände Paßstücke eingefügt oder gleichfalls Monierstreifen ausgeführt werden. Um das Durchstoßen zu verhindern, kann die unterste Scheibenreihe mit Drahtglas verglast werden. Die Eisenglaswände sind als feuerhemmend anzusprechen, wenn die Verglasung durchweg mit Drahtglas erfolgt. Während in den feststehenden Teilen der Wände die Scheiben durch normale Kittfalze gehalten werden können, sind die Scheiben in den Türen durch Schraubfalze zu befestigen. An Stelle der Ausführung in Eisen kann auch die Ausführung in Holz erfolgen, was aber für Fabrikationsräume nicht empfehlenswert ist. Vielmehr finden Holzglaswände, nach den gleichen Grundsätzen ausgebildet, in der Hauptsache Verwendung in Verwaltungsgebäuden und Büroräumen.

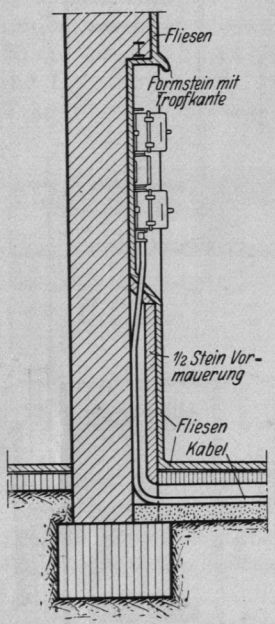


Abb. 92. Apparatenische mit Tropfkante in einer abwaschbaren Wand.

Decken. Die tragenden Decken werden im Fabrikbau als Massivdecken ausgeführt. Holzbalkendecken kommen fast gar nicht in Frage; sie sind im allgemeinen zu vermeiden. In Ausnahmefällen können Galerien mit Bohlenbelag von entsprechender Stärke, möglichst nicht unter 5 cm, abgedeckt werden.

Massivdecken zwischen eisernen Trägern werden ihrer Ausführung nach in gewölbte und scheitrechte (ebene) Deckenkappen eingeteilt. Als gewölbte Deckenkappe kommt nur die preußische Kappe aus Vollziegeln in Frage, die aber nur noch in besonderen Fällen angewandt wird. Ihr Nachteil besteht in dem hohen Eigengewicht und in der verhältnismäßig schwierigen und teuren Ausführung. Die preußische Kappe übt, wie alle gewölbten Kappen, auf die Kappenträger und die Nachbarfelder waagerechte Kräfte aus und erfordert deshalb in den Endfeldern, wenn die freie Länge der Träger größer ist als der 2½fache Wert der Trägerentfernung, die Anordnung von Rundeisenankern. Diese Rundeisenanker sollen sich in etwa ⅓ Trägerhöhe, vom unteren Flansch aus gemessen, befinden, treten also in vielen Fällen aus dem Scheitel der Kappe hervor. Vorherrschend ist daher die scheitrechte Deckenkappe, die als Steineisendecke oder als Eisenbetondecke ausgeführt wird. Normalerweise findet die Steineisendecke Anwendung. Für Betriebe, in denen Einzellasten von mehr als 750 kg vorkommen, und für Hofkeller empfiehlt sich die Verwendung von Eisenbetondecken, da diese für die Aufnahme der ungünstig wirkenden Querkräfte aus Einzellasten besser geeignet sind. Dasselbe gilt auch, wenn stärkere Erschütterungen auftreten. Im reinen Eisenbetonbau werden gewöhnlich auch die Decken aus Eisenbeton hergestellt.

Steineisendecken sind mit Eisen bewehrte Steindecken; zur Aufnahme von Druckspannungen dienen Voll- oder Hohlsteine. Der für tragende Fabrikdecken gebräuchlichste Stein ist der Kleinesche Deckenstein, der in den Normalabmessungen 10 × 15 × 25 cm hergestellt wird. Außerdem sind Kleinesche Deckensteine auch in den Spezialabmessungen 10 × 20 × 25 und 12 × 15 × 25 cm erhältlich. Der Vorteil dieses Steines liegt in dem leichten Gewicht und in der verhältnismäßig einfachen Verlegung bzw. Herstellung solcher Decken. Darüber hinaus weist der Kleinesche Stein neben seiner einfachen Form noch den großen Vorzug auf, daß er sowohl flach als auch hochkant verlegt werden kann; hierdurch läßt sich die Decke den ver-

schiedenen Stützweiten und Belastungen leicht anpassen. Eine Erhöhung der Tragfähigkeit kann noch durch das Aufbringen einer Betondruckschicht von mindestens 3 bis höchstens 5 cm Stärke erzielt werden. Die einschränkende Bestimmung, daß die Stützweite von Steineisendecken die 27fache Nutzhöhe nicht überschreiten und höchstens 6,50 m sein darf, wirkt sich bei den verhältnismäßig großen Belastungen und den hierdurch bedingten wesentlich geringeren Träger-

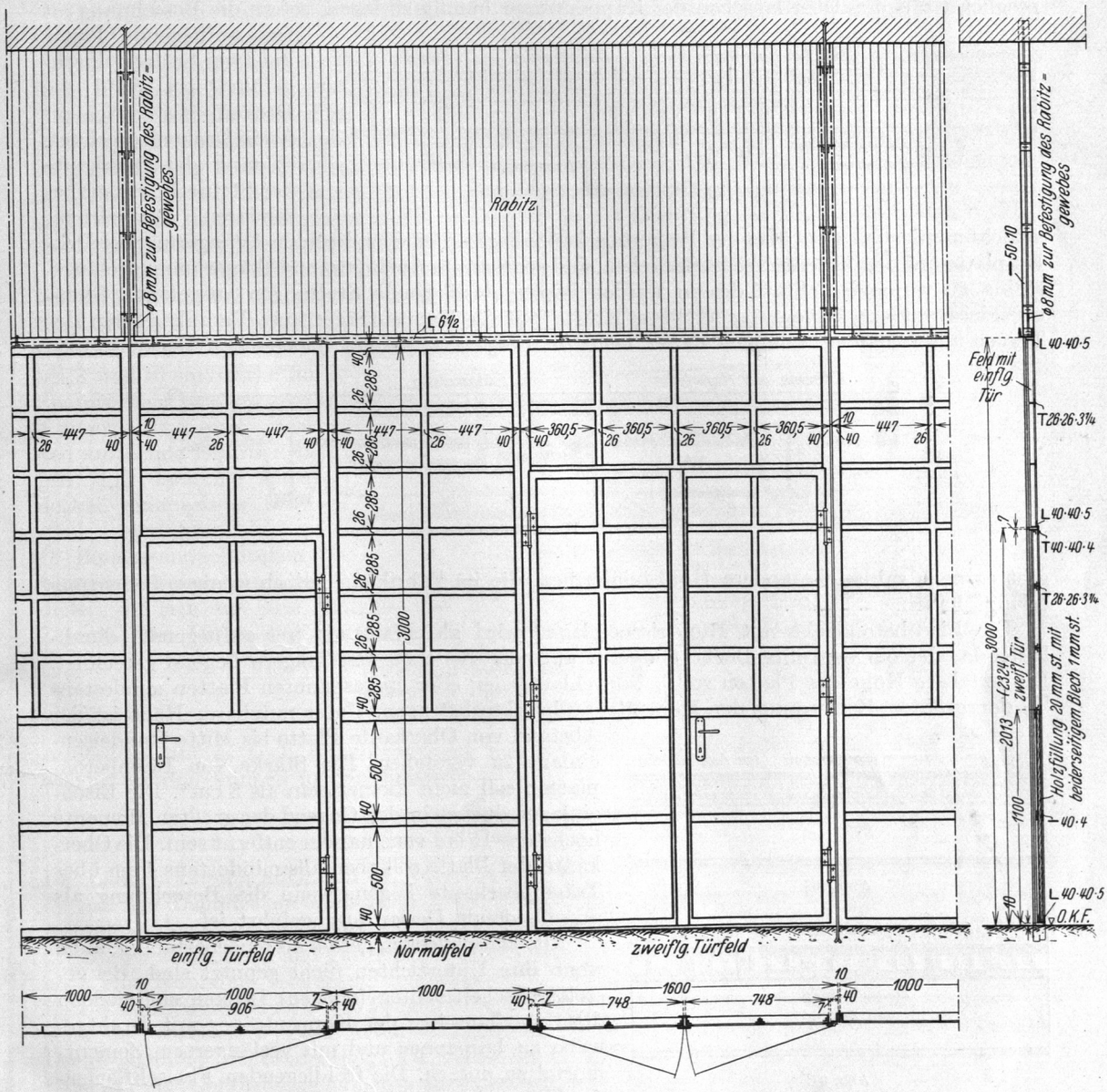


Abb. 93. Eisenglaswand.

teilungen im Fabrikbau selten aus[1]. Die kleinste zulässige Höhe tragender Deckenplatten ist 10 cm, was dem flach verlegten Kleineschen Normalstein entspricht. Die in die einzelnen Fugen einzulegenden Eisen dienen zur Aufnahme der Zugspannungen. Am gebräuchlichsten ist die Verwendung von Rundeisen. Die Fugen sollen bei flachkant verlegten Steinen mindestens 2 cm,

[1] Nach den während der Drucklegung herausgegebenen „Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton 1932" (DIN 1045 bis 1048, Ausgabe 1932) darf die Mindestnutzhöhe bei Deckenplatten $^1/_{30}$, bei Dachplatten $^1/_{40}$ der Stützweite betragen.

bei hochkant verlegten Steinen mindestens 2,5 cm breit sein. In jeder Fuge muß, wenn nicht rechnerisch mehr erforderlich ist, als geringste Eisenbewehrung ein Rundeisen von 6 mm ∅ vorhanden sein. Unterhalb der Eisen muß die Mörtelstärke mindestens 1 cm, bei Bauten im Freien mindestens 1,5 cm betragen.

Zur Vermeidung von unnötigen, gewichtserhöhenden Auffüllungen sind tragende Decken möglichst mit den Oberflanschen der Kappenträger bündig zu legen, sofern die Berechnung als frei aufliegende Platte auf zwei Stützen durchgeführt ist. Sind die Decken als durchlaufende Decken berechnet, so muß die Oberkante der Steine bzw. der besonderen Betondruckschicht mindestens 4 cm über der Trägeroberkante liegen. Bei einer direkten Auflagerung der Dekkenplatte auf den unteren Trägerflanschen sind sogenannte Anfänger- und Trägerummantelungssteine zu vermeiden. Statt dessen werden besser obenliegende Stelzungen ausgeführt. Steineisendecken üben keine waagerechten Kräfte auf die Kappenträger aus; Verankerungen der Träger untereinander kommen daher nicht in Frage. Neben den Kleineschen Deckensteinen

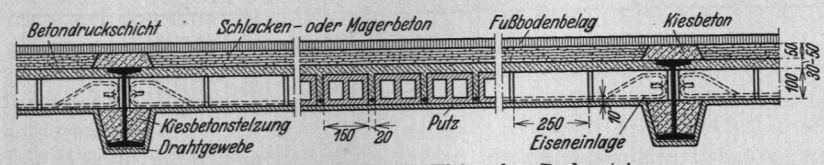


Abb. 94. Steineisendecke aus Kleineschen Deckensteinen.

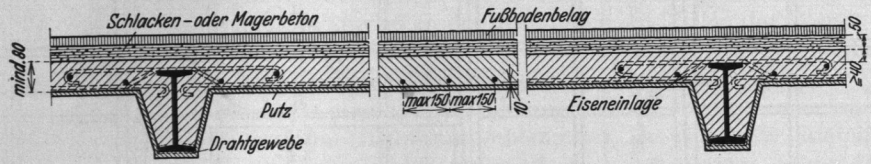


Abb. 95. Eisenbetondecke.

gibt es noch zahlreiche andere Hohlsteinformen, die im Fabrikbau jedoch weniger Bedeutung erlangt haben.

Die Eisenbetondecke mit Rundeiseneinlagen wird gleichfalls als frei aufliegende, durchlaufende oder eingespannte Decke entweder auf oder zwischen den Trägern liegend gerechnet. Die nutzbare Höhe der Platten soll bei durchlaufenden oder eingespannten Platten mindestens $^1/_{27}$ der größten Entfernung der Momentennullpunkte betragen. Unter nutzbarer Höhe ist der Abstand von Oberkante Platte bis Mitte Rundeiseneinlage zu verstehen. Die Stärke von Eisenbetonplatten soll nicht kleiner sein als 8 cm*. Die Eiseneinlagen dürfen in der Gegend der größten Momente höchstens 15 cm voneinander entfernt sein. Die Oberkante der Platte soll ebenfalls mindestens 4 cm über Trägeroberkante liegen, wenn die Berechnung als durchlaufende Decke durchgeführt ist.

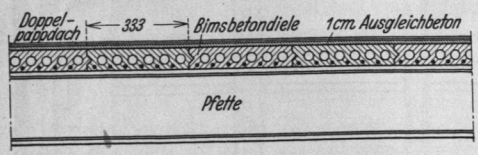


Abb. 96.

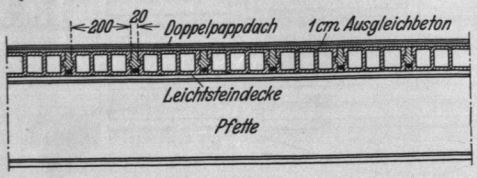


Abb. 97.

Abb. 96 u. 97. Dachdecken.

Alle Massivdecken gelten als feuerbeständig, auch wenn ihre Untersichten nicht geputzt sind. Bei gestelzten scheitrechten (ebenen) Decken sind jedoch die Unterflanschen der Kappenträger mit Drahtgewebe zu bespannen und mit verlängertem Zementmörtel zu putzen. Die frei liegenden Flanschflächen der Träger in preußischen Kappen brauchen keinen besonderen Feuerschutz. Kappenträger scheitrechter Decken und Unterzüge ohne Stelzungen sind gegen Feuer durch Ausmauerung der Profile und durch Putzen der Unterflanschen mit verlängertem Zementmörtel nach vorheriger Bespannung

* In den während der Drucklegung herausgegebenen „Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton 1932" (DIN 1045 bis 1048, Ausgabe 1932) sind unter der Voraussetzung besonders sorgfältiger Ausführung günstigere Werte enthalten. Hiernach beträgt die Nutzhöhe bei Deckenplatten mit Hauptbewehrung nach einer Richtung mindestens $^1/_{35}$, bei Dachplatten mindestens $^1/_{40}$ der Stützweite. Die Mindeststärken sind: für Platten unter Durchfahrten und von befahrbaren Hofkellerdecken 12 cm, für sonstige Deckenplatten 7 cm, für Dachplatten 5 (früher 6) cm. Für Pilzdecken ist die Mindeststärke mit 15 cm geblieben.

mit Drahtgewebe zu schützen[1]. Nach den ministeriellen Bestimmungen gilt als feuerbeständige Ummantelung der an sich nicht feuerbeständigen stählernen Träger und Unterzüge ein allseitiges feuerbeständiges Ausmauern oder Ausbetonieren der Profile, wobei die Flanschflächen wenigstens 3 cm Deckung von Beton mit eingelegtem Drahtgewebe oder von gebranntem Ton oder anderen als gleichwertig erprobten Baustoffen erhalten müssen.

Durchfahrten unter Aufenthaltsräumen sind zur Verbesserung des Wärmeschutzes mit Doppeldecken zu versehen.

Die lichtundurchlässigen Teile der Dächer von Hallenbauten in Stahlbauweise sollten in der Regel als leichte Massivdecken (Dachdecken) entweder in Leichtstein- oder in Bimsbeton-Ausführung hergestellt werden, wenn nicht besondere Umstände die Verwendung von hölzernen Sparren mit darüber verlegter hölzerner Schalung bedingen. Leichte Massivdecken sind nur ganz geringfügig teurer, weisen aber erhebliche Vorteile auf. Die Deckenplatte liegt meist auf den Oberflanschen der Pfetten. An den Traufen müssen kräftige Profileisen angeordnet sein, gegen die sich die Deckenplatte stützt und die die in der Richtung der Decke wirkenden Kräfte aus Eigengewicht, Windanfall und Schneelast aufnehmen.

Am gebräuchlichsten sind Leichtsteindachdecken, für die die Steine in den Abmessungen von 20 × 33 cm bei 6 und 7 cm Stärke für Spannweiten bis 2,40 bzw. 2,80 m und bei 8 und 10 cm Stärke für Spannweiten bis 3,20 bzw. 4 m erhältlich sind. Nach den amtlichen Bestimmungen sind derartige Dachdecken mindestens 6 cm stark auszuführen.

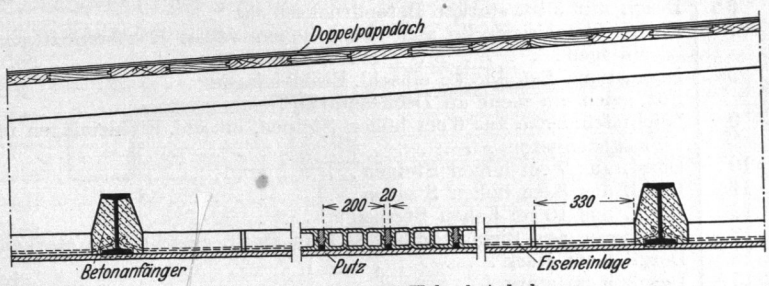


Abb. 98. Dachdecke mit Holzschutzdach.

Bimsbetondachdecken bestehen aus einzelnen Lochdielen, die sich aus 80% Bimskies und 20% Quarzsand zusammensetzen; das Bindemittel ist Zement. Die Dielen sind durchweg 33⅓ cm breit und in folgenden Stärken anwendbar:

7 cm für Spannweiten bis 2,30 m,
8 cm für Spannweiten bis 2,60 m,
9 cm für Spannweiten bis 3,10 m.

Außerdem gibt es noch Bimsbetondielen mit schwächerer Eisenarmierung, die aber nur verwendet werden können in den Stärken:

8 cm für Spannweiten bis 1,60 m,
10 cm für Spannweiten bis 2,25 m.

Die Längen können innerhalb der vorstehenden Grenzen beliebig gewählt werden.

Auf die Dachdecken muß nach Fertigstellung zum Ausgleich von Unebenheiten und zur Aufnahme der Pappdeckungen ein Ausgleichbeton von etwa 1 cm Stärke aufgebracht werden, der sauber abzuziehen und glattzureiben ist. Vielfach wird auch aus wärmetechnischen Gründen noch eine besondere Isolierung vorgesehen.

Bei Stockwerksbauten mit flachem Dach kann die Herstellung der Dachdecke ebenfalls in einer der vorbeschriebenen Arten erfolgen, wenn die statischen Verhältnisse keine tragende Decke bedingen. Entweder liegt die Decke im Gefälle des Daches oder horizontal. In diesem Falle ist ein Gefälleausgleichbeton in entsprechender Stärke aufzubringen. Im Gegensatz zu den Hallenbauten sind die im Dachgeschoß eines Stockwerkbaues sichtbaren Trägerteile, sowohl Unterzüge als auch Deckenträger feuerbeständig auszumauern. Die Unterflanschen sind mit Drahtgewebe zu bespannen und mit verlängertem Zementmörtel zu putzen.

Die Deckeneigengewichte ohne das Gewicht der Träger und Stelzungen und des Putzes gehen aus Zahlentafel 5 hervor.

Ferner zeigt Zahlentafel 6 die Mittelwerte von Decken- und Trägerhöhen für verschiedene Nutzlasten und Ausführungen.

[1] Verschiedene örtliche Baupolizeibehörden haben in letzter Zeit davon Abstand genommen, das Putzen der Unterflanschen bei gestelzten Decken oder ausgemauerten Profilen zu fordern.

Zahlentafel 5. Deckeneigengewichte ohne das Gewicht der Träger und Stelzungen und des Putzes.

Nr.	Gegenstand	Gewichte kg/m²
1	Preußische Kappe, ½ Stein stark, bis 2 m Spannweite, aus Vollziegeln, einschl. Hintermauerung bis Trägeroberkante, ohne Hinterfüllung darüber	275
2	Desgl., jedoch 1 Stein stark	540
3a	Ebene Steineisendecke aus 10 cm hohen Kleineschen Deckensteinen, einschl. Eiseneinlagen	130
3b	Desgl. mit 3 cm starker Betondruckschicht	196
4a	Ebene Steineisendecke aus 12 cm hohen Kleineschen Deckensteinen, einschl. Eiseneinlagen	156
4b	Desgl. mit 3 cm starker Betondruckschicht	222
5a	Ebene Steineisendecke aus 15 cm hohen Kleineschen Deckensteinen, einschl. Eiseneinlagen	195
5b	Desgl. mit 3 cm starker Betondruckschicht	261
6a	Ebene Steineisendecke aus 20 cm hohen Kleineschen Deckensteinen, einschl. Eiseneinlagen	260
6b	Desgl. mit 3 cm starker Betondruckschicht	326
7	Ebene Steineisendecke aus 12 cm hohen vollen Hartbrandziegeln, einschl. Eiseneinlagen	220
8	10 cm hohe Betondecke einschl. Eiseneinlagen	240
	Für jeden cm mehr an Deckenstärke	24
9	Leichtsteindecke aus 6 cm hohen Steinen, einschl. Eiseneinlagen und 1 cm starkem Abgleichbeton	77
10	Desgl. aus 7 cm hohen Steinen	87
11	Desgl. aus 8 cm hohen Steinen	92
12	Desgl. aus 10 cm hohen Steinen	102
13	Dachdecke aus Bimsbetondielen, 7 cm stark, einschl. 1 cm starkem Abgleichbeton	84
14	Desgl. 8 cm stark	86
15	Desgl. 9 cm stark	93
16	Desgl. 10 cm stark	97

Bemerkungen: a) Für jeden cm Mehrstärke der Betondruckschicht (Nr. 3b, 4b, 5b, 6b) bis zur Höchststärke von 5 cm 22 kg; b) für jeden cm Putzstärke 20 kg; c) bei Decken mit Stelzungen ist das Gewicht derselben besonders zu ermitteln (Raumgewicht 2200 kg/m³); d) Gewichte von Fußbodenbelägen S. 109; e) Gewichte von Dacheindeckungen S. 78.

Zahlentafel 6. Mittelwerte für Deckenhöhen.

Nutzlast in kg/m²	Deckenhöhen K in mm (s. Abb. 99) bei Verlegung der Träger bzw. Eisenbetonbalken				Deckenhöhen K_1 in mm
	in der Längsrichtung		in der Querrichtung		
	bei Trägern	bei Eisenbeton	bei Trägern	bei Eisenbeton	
750	550	550	600	750	300
1500	600	650	675	900	330
3000	650	750	750	1050	350
5000	700	900	800	1250	350

Dacheindeckungen. Welcher Dachform der Vorzug zu geben ist, hängt von den örtlichen Witterungsverhältnissen, von wirtschaftlichen Erwägungen und nicht zuletzt von der Geschmacksrichtung des Architekten oder des Bauherrn ab. In letzter Zeit gewinnt das flache Dach im Fabrikbau immer mehr an Verbreitung. Hierbei gibt es kein eigentliches „Dachgeschoß" mehr: Entweder schließt das Flachdach unmittelbar das oberste Vollgeschoß ab, oder es werden noch ein bis zwei Geschosse aufgesetzt, die entsprechend einer baupolizeilich festgesetzten Dachneigungslinie hinter die Front zurückspringen müssen. Doch auch diese Geschosse weisen dann senkrechte, glatte Wände und Fenster auf; sie sind also vollwertig und werden auch von den Behörden meist zu Fabrikationszwecken freigegeben, obgleich sie im Sinne der Bauordnung als Dachgeschosse gelten. Bezogen auf die erhöhte Nutzungsmöglichkeit ergibt sich für das Flachdach durch geringere Gestehungskosten eine wirtschaftliche Überlegenheit gegenüber dem Steildach.

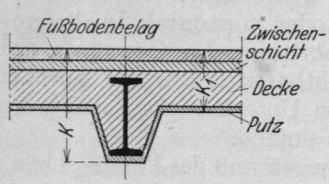


Abb. 99. Buchstabenerklärung zu Zahlentafel 6.

Die von der Baupolizei festgesetzte Dachneigungslinie darf von keinem Teil des Bauwerkes überschritten werden. Durch die zurückspringenden Dachgeschosse lassen sich interessante architektonische Wirkungen erzielen, doch ist technisch die zusammenhängende Dachfläche der in mehrere Streifen zerlegten Fläche überlegen; das glatte Dach vermeidet alle Anschlußstellen, zumal wenn es über die Front- und Giebelwände hinausgezogen wird. Die Frontmauer als Brüstung über das Dach zu führen, sollte daher ebenfalls tunlichst vermieden werden. Im anderen Falle muß wenigstens eine sorgfältige Isolierung und eine einwandfreie Ausführung der Anschlüsse Mauern und Räume gegen Nässe schützen. Zu diesem Zweck sollen dann auch die Gefälle in Richtung des Daches nach der Mitte des Gebäudes zu gelegt werden.

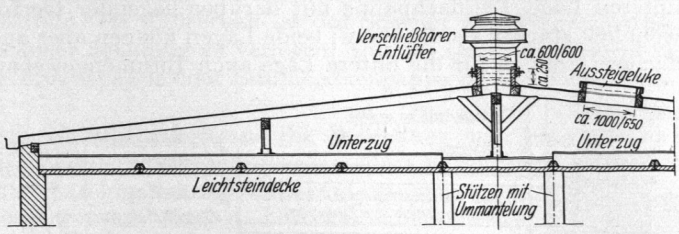


Abb. 100. Dachdecke als Raumabschluß des obersten Geschosses mit darüber liegendem Schutzdach (s. auch Abb. 98).

Über die Konstruktion der Dachdecken bei Flachdächern sind unter „Decken" eingehende Angaben gemacht. Die Dachdecke kann beim Flachdach entweder direkt als Abschluß dienen oder nur als Raumabschluß des obersten Geschosses und als Unterkonstruktion für ein besonderes Holzdach mit gespundeter Schalung. Der im letzten Falle entstehende Zwischenraum soll bekriechbar, also mindestens 60 cm hoch sein. Die Stiele dieses Holzschutzdaches müssen mit der Tragkonstruktion der Decke einwandfrei verbunden werden. Aus der Decke nach oben herausragende Eisenteile sind gegen Korrosion durch Anstriche oder Betonumhüllung zu schützen. In gewissen Abständen sind auf dem Holzdach Entlüfter anzuordnen.

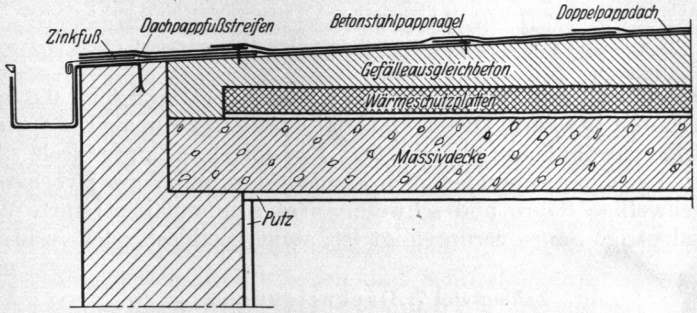


Abb. 101. Massives Flachdach mit Wärmeschutzplatten. (Nach Vedag-Jahrbuch 1930.)

Die zuletzt beschriebene Ausführung des Flachdaches gewährt einen guten Wärmeschutz. Ein solcher ist auch bei dem einfachen massiven Flachdach durch Einfügung einer Wärmeisolierschicht zu erreichen. Die Isolierschicht muß aus einem Material geringer Wärmeleitfähigkeit, welches möglichst wasserabweisend sein soll, bestehen. Isolierplatten dieser Art sind im Handel unter den verschiedensten Namen erhältlich. Sie haben meist eine Größe von 1 m × 0,50 m bei 2 bis 3 cm Stärke. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt $\lambda = 0{,}035$ bis 0,055 kcal/m h °C. Nähere Angaben hierüber enthält der Abschnitt „Heizung und Lüftung".

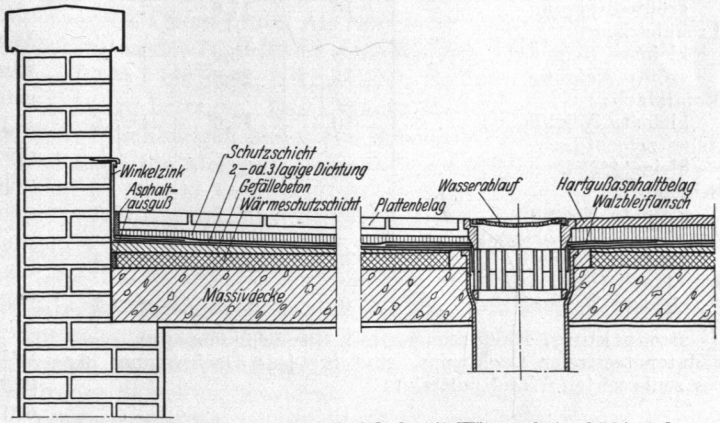


Abb. 102. Begehbares massives Flachdach mit Wärmeschutzschicht und Entwässerung nach der Gebäudemitte. (Nach Vedag-Jahrbuch 1930).

Eindeckungsart und Dachneigung stehen in enger Beziehung zueinander. Zahlentafel 7 gibt darüber Aufschluß.

Auf Grund jahrelanger Forschungen und Untersuchungen sind über Dachpappen, Isolierpappen und Isolierplatten Qualitätsnormen (DIN DVM 2117 bis 2139) geschaffen worden, die nähere Angaben über Begriff, Bezeichnung, Gehalt an Tränkmasse, Wasserundurchlässigkeit, Bruchlast, Dehnung, Biegsamkeit usw. enthalten.

Die Ausführung des Pappdaches kann als einfaches Dach oder als Doppelpappdach erfolgen. Das einfache Pappdach kommt nur bei untergeordneten Bauten zur Ausführung. Das Doppelpappdach besteht aus zwei Lagen Teerdachpappe oder Bitumendachpappe oder auch aus einer unteren Lage Teerdachpappe mit darüber liegender teerfreier Pappe. Die untere Lage ist gewöhnlich stärker als die obere; beide Lagen können aber auch gleiche Stärke haben. Bei Massivdächern können für die untere Lage auch Bitumengewebeplatten verwendet werden.

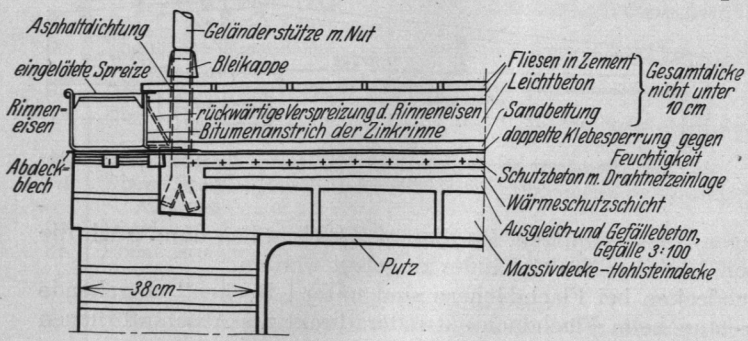


Abb. 103. Begehbares massives Flachdach mit Wärmeschutzschicht und Entwässerung nach den Fronten. (Das Bild ist der Veröffentlichung „Ausgewählte Beispiele aus dem Rohbau", Bauwelt 1931 Heft 43 entnommen).

Bei Flachdächern findet das Metalldach vielfach Anwendung. Hier besteht die Eindeckung aus Kupfer-, Blei-, Zink- oder verzinktem Eisenblech, sogenanntem Armco-Baublech. Kupferblech von 0,5 bis 0,67 mm Stärke in 99prozentiger Reinheit und Bleiblech von 1,5 bis 2,5 mm Stärke haben sich seit langem bewährt. Zinkblech wird verhältnismäßig leicht zerstört. Unter keinen Umständen sollten daher Stärken unter 0,74 mm (Nr. 13) Verwendung finden. Verzinktes Eisenblech mit 99,85% Reineisengehalt (Stärke 0,4 bis 0,5 mm) hat sich in Amerika seit Jahrzehnten bewährt. Dieses Material oxydiert zwar auch, es wird aber nicht vom Rost zerfressen wie gewöhnliches verzinktes Eisenblech. Kupferblech, Zinkblech und Armco-Baublech sind geeignet, wenn lediglich Kohlensäure und Wasser vorhanden sind, werden aber leicht durch schweflige Säure und schwefelsaures Ammoniak zerstört. Wenn die Luft nicht gerade durch salpetrige Säure verunreinigt ist, stellt Bleiblech oder verbleites Eisenblech ein gegen alle chemischen Einflüsse widerstandsfähiges Eindeckungsmaterial dar. Metalldächer müssen so gedeckt werden, daß sich die Bleche ausdehnen können; die Tafeln werden daher durch Falzen und nicht durch Löten miteinander verbunden.

Zahlentafel 7. Dachneigungen.

Eindeckungsart	Neigungswinkel °	Neigung in cm/m	Gefälle
Teerpappdach:			
kleinste Neigung	3	5,2	1:19
normale Neigung	6	10,5	1:9,5
größte Neigung	10	17,6	1:5,6
Preßkiesdach:			
kleinste Neigung	3	5,2	1:19
größte Neigung	15	26,8	1:3,7
Metalldach:			
kleinste Neigung	10	17,6	1:5,6
Asbestzementdach:			
kleinste Neigung	15	26,8	1:3,7
Schieferdach:			
kleinste Neigung	30	57,7	1:1,7
Ziegeldach (Flachziegel):			
kleinste Neigung	35	70,0	1:1,4
Ziegeldach (Formziegel):			
kleinste Neigung	40	83,9	1:1,2

Bemerkung: Eindeckungen mit Bitumendachpappe, sogenannter teerfreier Dachpappe, sind für jede Dachneigung bis zur senkrechten Wand zulässig.

Ein weiteres Material für Blecheindeckungen stellt das verzinkte Wellblech dar. Es kann angewandt werden bei offenen oder geschlossenen Lagerschuppen oder Lagerhallen und bei Fabrikationshallen, in denen auf Wärmehaltung kein Wert gelegt wird, nicht nur als Dachdeckung, sondern auch für Wände und Schürzen. Die Wellbleche werden im allgemeinen auf Eisenkonstruktionen verlegt und mit verzinkten Hakenschrauben befestigt. Die sogenannten Einheitspfannenbleche dagegen können z. T. auf Latten, z. T. auf Schalung verlegt werden.

Als Dachdeckungsmaterial (und für Wände) eignen sich auch die sogenannten Asbestzement-Wellplatten, die aus langfaserigem Asbest und Normenzement maschinell hergestellt sind. Sie haben eine silbergraue Farbe, sind feuersicher, wasserundurchlässig und wetterbeständig, bedürfen keines Schutzanstriches, wirken in gewissem Maße wärmeisolierend und werden durch Temperaturschwankungen nicht beeinflußt. Die Verlegung kann sowohl auf Eisenkonstruktionen als auch auf Holzlatten erfolgen. Gewicht des fertigen Belages 16 kg/m².

Als ausgezeichnete Eindeckung von Steildächern ist die Schieferdeckung anzusprechen, die

zwar teurer, aber dafür leichter und dichter als Ziegeldeckung ist. Die Wetterbeständigkeit ist sehr groß. Ein brauchbarer Dachschiefer muß möglichst frei von Schwefelkies sein, weil dieser bei der Verwitterung sein Volumen vergrößert und den Dachschiefer sprengt. Bei größerem Bedarf an Schiefer empfiehlt sich eine Untersuchung des zur Eindeckung vorgesehenen Dachschiefers durch ein Baustoff-Laboratorium. Im Fabrikbau ist der Schiefer auf 30 mm starker rauher, gespundeter, vollkommen trockener Schalung zu verlegen. Um das Dach schneedicht zu machen, ist eine Lage 500er nackte Teerdachpappe oder Bitumendachpappe 26 oder 30 kg-Ware zwischenzulegen.

Als Ersatz für die Eindeckung mit Naturschiefer kann die Bedeckung mit Asbestzement-Dachplatten angesehen werden. Diese bestehen aus den gleichen Materialien wie die Asbestzement-Wellplatten, werden ebenfalls maschinell hergestellt und besitzen auch die gleichen Eigenschaften wie diese. Die Platten sind 4 mm stark und werden eindeckfertig, d. h. gelocht und gestanzt, in natursilbergrau, dunkelblau, rot und rostbraun geliefert. Das Eigengewicht beträgt 12 bis 15 kg/m² eingedeckter Fläche.

Das bei Steildächern am meisten angewandte Dachdeckungsmaterial ist der gebrannte Tonziegel, meistens ohne, häufig auch mit glasierter Oberfläche. Bis auf die Hohlziegeldeckung können alle im Bauwesen bekannten Ziegeldeckungsarten im Fabrikbau Anwendung finden. Das Spließdach (einfache Deckung mit Biberschwänzen) ist nicht zu empfehlen, da es selbst bei der sorgfältigsten Ausführung niemals ganz dicht wird. Die Deckungsart wird in den meisten Fällen nach der in der betreffenden Gegend erhältlichen Ziegelsorte bestimmt. In sturmreichen Gegenden müssen wegen der Gefahr des Abdeckens schwerere Deckungsarten bevorzugt werden. An Stelle der gebrannten Tonziegel werden auch Ziegel aus Zement mit Asbestfasern oder einem ähnlichen Material für die gleichen Deckungsarten hergestellt und mit Erfolg angewandt.

Für die bei der Dacheindeckung gleichzeitig auszuführenden Klempnerarbeiten wird hauptsächlich Zinkblech, weniger Kupferblech und nur in besonderen Fällen Walzblei benutzt. Bei Zinkblech oder Walzblei sind verzinkte Eisenteile, wie Rinneneisen, Rohrschellen und Schneefanggitter und verzinkte Eisennägel sowie verzinkte Holz- und Gewindeschrauben zu verwenden. Bei Kupferdächern und kupfernen Regenrinnen müssen auch die Regenabfallrohre aus Kupferblech hergestellt werden; Rinneneisen, Rohrschellen und Schneefanggitter müssen gleichfalls aus Kupfer oder aus verkupfertem Eisen, Nägel und Schrauben aus Messing bestehen. Kupfer darf mit Zink nicht in Verbindung gebracht werden, um die Entstehung galvanischer Ströme zu vermeiden, in deren Folge elektrolytische Zersetzungen auftreten würden.

Man unterscheidet die eingedeckte, die vorgehängte und die aufgelegte Regenrinne. Die erstgenannte wird immer als halbrunde, die beiden letztgenannten entweder als halbrunde Rinne oder als Kastenrinne mit viereckigem Querschnitt ausgebildet. Die Anordnung hat so zu erfolgen, daß bei starken Regenfällen das Wasser nicht über den Rand der Rinne schießt. Die Regenabfallrohre erhalten runden oder viereckigen Querschnitt. Als nutzbarer Querschnitt der Rinne ist etwa 1 cm² für 1 m² Horizontalprojektion der Dachfläche anzunehmen. Die Höhe der Rinne an der Vorderseite soll nicht kleiner sein als 7 bis 8 cm, bei größeren Bauten nicht unter 10 cm; das Gefälle soll 0,5 bis 1 cm auf 1 m Länge betragen. Das kleinere Maß kommt nur in Frage, wenn der Boden festliegt und sich nicht durchhängen kann. Die Rinnenbreite darf nicht kleiner als 20 cm sein mit Ausnahme von Rinnen für kleinere Bauwerke; sie muß aber größer sein, wenn die Rinne begangen werden soll. In diesem Falle sind geeignete Maßnahmen zur Unterstützung der Rinne zu treffen. Die Entfernung zweier Regenabfallrohre voneinander beträgt normal 20 m und soll nicht größer sein als 25 m, so daß die Entfernung zwischen Abfallrohr und Gefällebrechpunkt der Rinne höchstens 12,5 m beträgt. Läßt sich die Dachfläche nicht in dieser Art aufteilen, so gilt die Regel, daß je ein Regenabfallrohr für 200 m² Dachfläche (Horizontalprojektion) anzunehmen ist. Als Querschnitt außenliegender Abfallröhre ist etwa $^3/_4$ des nutzbaren Rinnenquerschnitts anzunehmen, jedoch nicht weniger als 12 cm Durchmesser. Eine Ausnahme bilden wieder die Abfallrohre kleinerer Bauwerke. Bei Abfallrohren mit kleinerem Durchmesser als 12 cm besteht im Winter leicht Einfriergefahr. Die Lötnaht der Rohre ist nach außen zu legen, damit beim Reißen derselben das Mauerwerk nicht durchnäßt wird.

Die starke Ausdehnung des Zinkes muß besonders bei den Rinnen durch geeignete Maßnahmen, unter Umständen durch Teilung an den Gefällebrechpunkten, ausgeglichen werden. Ferner ist darauf zu achten, daß Zink nicht mit unverzinktem Eisen, frischem Mauerwerk und mit Beton in Berührung gebracht wird[1]. Eine Trennung kann durch Unterlegen leichter nackter

[1] Auch Kupfer und Aluminium dürfen mit Beton und Mörtel nicht in Verbindung gebracht werden.

Teerdachpappen oder durch isolierende Asphaltanstriche herbeigeführt werden. Auch die organischen Säuren frischen Holzes können Zerstörungen des Zinkes verursachen. Für Schalungen ist daher immer gut ausgelaugtes Holz zu verwenden; die Bretter müssen vollkommen trocken sein.

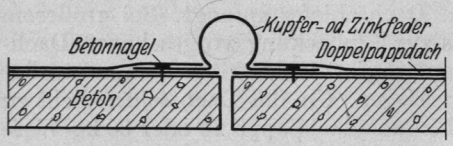


Abb. 104.

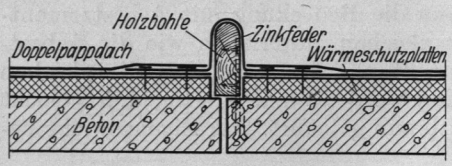


Abb. 105.

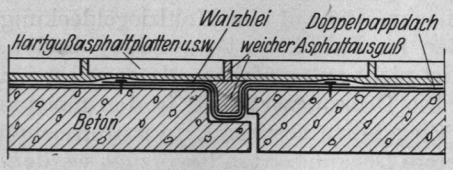


Abb. 106.

Abb. 104 bis 106. Dehnungsfugenverschlüsse massiver Dächer. (Nach Vedag-Jahrbuch 1930).

Rinnen aus Zinkblech sind nicht unter Nr. 13 (0,74 mm stark) und aus Kupferblech nicht unter 0,67 mm Stärke auszuführen. Abfallrohre sollen entweder aus Zink Nr. 13 bis 15 (0,74 bis 0,95 mm stark) oder aus Kupferblech von 0,67 bis 0,78 mm Stärke bestehen. Der Übergang von den Rinnen in die Abfallrohre muß trichterförmig hergestellt werden, wenn nicht besondere Rinnenkessel vorgesehen sind. Für Kehlen, Schornsteine und Mauereinfassungen, Gesimsabdeckungen, Abdeckungen von Mauervorsprüngen, Fenstersohlbänken u. dgl. ist Zink nicht unter Nr. 12 (0,66 mm stark) oder Kupferblech nicht unter 0,61 mm Stärke zu verwenden. Bei Sandsteinfassaden werden die Abdeckungen häufig mit Walzblei vorgenommen. Besonderer Wert ist auch auf die gute Eindichtung von Dehnungsfugen massiver Dächer, z. B. bei Eisenbetonbauten, zu legen.

Nach den amtlichen Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe für das Staatsgebiet Preußen gelten die in Zahlentafel 8 angegebenen Eigengewichte. Diese beziehen sich auf 1 m² geneigter Dachfläche ohne Pfetten und Dachbinder, jedoch für die zutreffenden

Zahlentafel 8. Eigengewichte von Dacheindeckungen.

Nr.	Gegenstand	Gewicht kg/m²
1	Einfaches Ziegeldach aus Biberschwänzen von Normalform (Spließdach), einschl. Lattung und Sparren	75
2	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt, d. h. in voller Mörtelbettung	85
3	Doppeldach wie Nr. 1	95
4	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt	115
5	Kronen- oder Ritterdach wie Nr. 1	105
6	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt	130
7	Pfannendach auf Lattung in böhmischer Deckung, einschl. Lattung und Sparren, bei Verwendung kleiner, sogenannter holländischer Pfannen	80
8	Pfannendach wie vor, aber mit großen Pfannen	85
9	Pfannendach wie vor, aber auf Stülpschaltung einschl. Schalung, Strecklatten, Dachlatten und Sparren (verschaltes Pfannendach)	100
10	Falzziegeldach einschl. Lattung und Sparren	65
11	Mönch- und Nonnendach einschl. Lattung und Sparren	100
12	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt	115
13	Englisches Schieferdach auf Lattung einschl. Sparren	45
14	Dasselbe, aber auf Schalung	55
15	Deutsches Schieferdach auf Schalung und Pappunterlage einschl. Pappe, Schalung und Sparren (Schiefergrößen rund 35 cm Länge und 25 cm Breite)	65
16	Dasselbe, aber aus kleineren Schiefern von rd. 20 cm Länge und 15 cm Breite	60
17	Metalldach aus Kupferblech von 0,61 mm Stärke, mit doppelter Falzung einschl. Schalung und Sparren	40
18	Dasselbe, aber aus Zinkblech Nr. 13	40
19	Metalldach aus Kupferblech von 0,61 mm Stärke auf massiver Unterlage, ohne diese, jedoch einschl. einer Pappzwischenlage	15
20	Dasselbe, aber aus Zinkblech Nr. 13	15
21	Wellblechdach 150 × 40 × 1,5 mm aus verzinktem Eisenblech auf Winkeleisen einschl. diesem sowie Niete und Anstrich	25
22	Einfaches Teerpappdach einschl. Schalung und Sparren	35
23	Doppelpappdach mit Oberflächenteeranstrich und Bekiesung 0,5 cm stark, sonst wie vor	55
24	Doppelpappdach auf massiver Unterlage, jedoch ohne diese, sonst wie vor	25

Bemerkungen: Gewichte von Asbestzement-Wellplatten und Asbestzement-Dachplatten siehe S. 76 und 77. Gewichte für Glasdächer siehe S. 86.

Dacharten einschließlich der Sparren, die im allgemeinen in 1 m Abstand 12/16 cm stark angenommen sind. Fallen aus irgendeinem Grunde die Sparren fort, so verringert sich jeder der betreffenden Werte um 13 kg.

Gemäß den Richtlinien der Bestimmungen[1] des Reichsarbeitsministers sind, wenn die Traufkante eines Daches höher als 5 m über der Erde liegt und die Dachneigung mehr als 30° beträgt, an bestimmten Stellen Dachhaken aus verzinktem Schmiedeeisen gleichzeitig mit der Ausführung der Dacharbeiten anzubringen. Bei Kupferdächern müssen die Haken verkupfert sein.

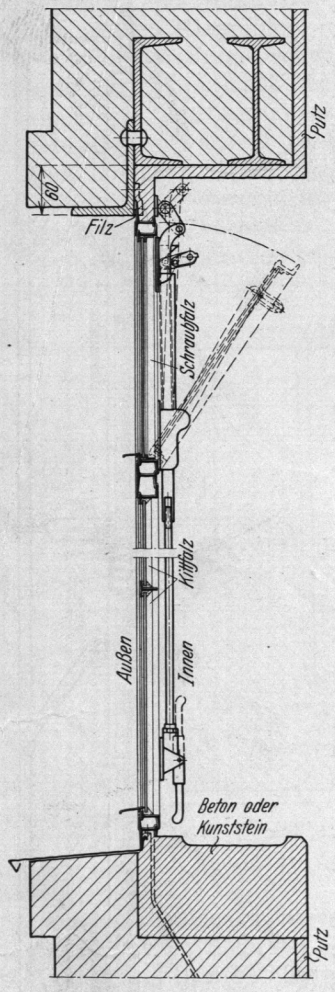


Abb. 107. Einf. Fenster.

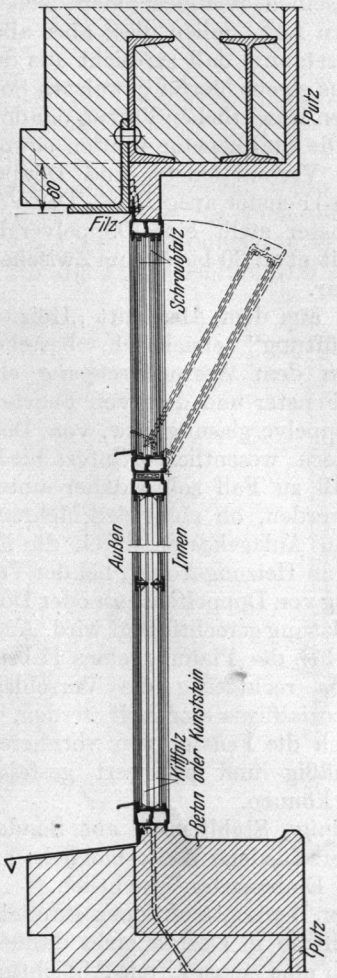


Abb. 108. Fenster mit Doppelverglasung.

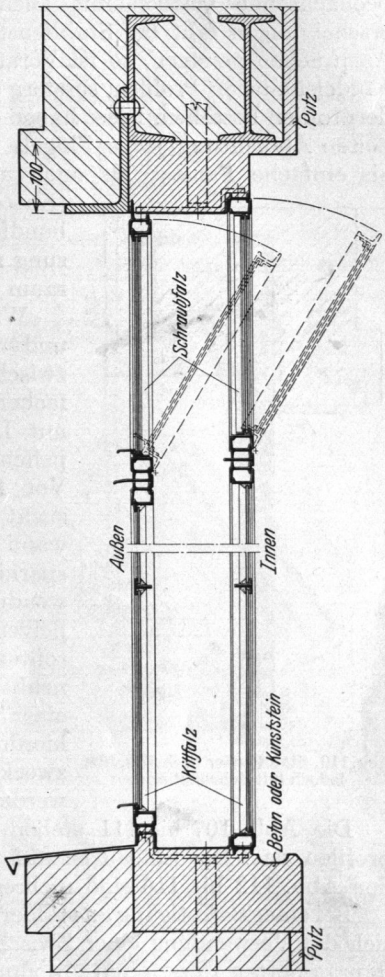


Abb. 109. Doppelfenster.

Abb. 107 bis 109. Stahlfenster in Mauerwerk.

Schneefangeisen und Schneefanggitter sind bei allen Dächern, die eine Neigung von über 20° haben, am Dachfuß anzubringen.

Fenster, Oberlichter, Verglasung, Entlüfter. Im Fabrikbau sind bis vor etwa einem Jahrzehnt in gleichem Maße Holz und Eisen die Baustoffe für Fenster gewesen. Aber mit der steigenden Verwendung von Stahl im gesamten Bauwesen ist das Holz als Baustoff für Fabrikfenster zurückgedrängt worden. Wenn nicht besondere Umstände für die Verwendung von Holzfenstern sprechen, z. B. Holzreichtum der Gegend, in der sich die Fabrik befindet, Herstellung oder Verarbeitung von Stoffen, die eine zerstörende Wirkung auf Stahlfenster ausüben u. dgl., so wird heute meist dem Stahlfenster der Vorzug gegeben. In wärmewirtschaftlicher Beziehung ist das Stahlfenster allerdings dem Holzfenster etwas unterlegen. Wie aus dem Abschnitt

[1] Richtlinien für Vorschriften über die Anbringung von Dachhaken, Schneefangeisen, Schneefanggittern und Rinneneisen zum Schutze der auf Dachflächen beschäftigten Personen und der Öffentlichkeit.

„Heizung und Lüftung", ersichtlich, haben Holzfenster eine kleinere Wärmedurchgangszahl als Stahlfenster. Dieser Nachteil wird aber durch manche nicht unerheblichen Vorteile ausgeglichen. Vor allem ergeben die schmaleren Profile einen größeren Lichteinfall; demnach kann also bei einem Stahlfenster die Fensteröffnung kleiner als bei einem Holzfenster gehalten werden, was eine Verbilligung der Baukosten bedeutet. Ferner ist das Stahlfenster gegen Neubaufeuchtigkeit unempfindlich. Auch das bei Holzfenstern später häufig zu beobachtende Quellen mit allen seinen unangenehmen Nebenerscheinungen fällt bei Stahlfenstern fort. Sollen diese aber allen Ansprüchen genügen, so ist Voraussetzung, daß sie nicht aus den handelsüblichen Profilen, sondern aus eigens hierfür gewalzten Sonderprofilen bestehen. Diese haben den wesentlichen Vorzug der doppelten Abdichtung jedes Flügels. Die Stahlfenster werden sowohl als einfache Fenster als auch als Verbundfenster und Doppel-(Kasten-)Fenster ausgeführt. Das Verbundfenster stellt eine Doppelverglasung mit etwa 30 bis 50 mm Zwischenraum dar.

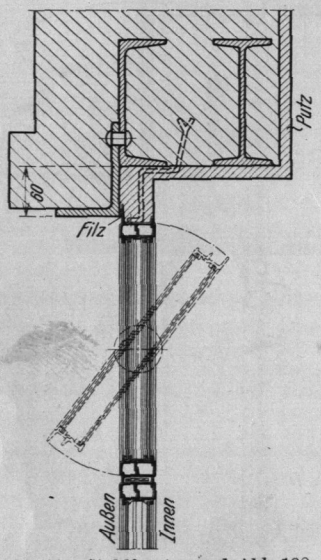


Abb. 110. Stahlfenster nach Abb. 108, jedoch mit Schwingflügel.

Wie aus dem Abschnitt „Heizung und Lüftung" ersichtlich, bestehen zwischen dem Wärmedurchgang einfacher Fenster und dem von Fenstern mit Doppelverglasung bzw. von Doppelfenstern wesentliche Unterschiede. Von Fall zu Fall sollte daher untersucht werden, ob nicht der Mehraufwand an Anlagekosten durch die Ersparnis an Heizungskosten bei der Verwendung von Doppelfenstern oder Doppelverglasung gerechtfertigt wird. Auch sollten bei der Planung eines Fabrikneubaues rechtzeitig die Vorschläge einer Spezialfirma eingeholt werden, da hierdurch die Fenster von vornherein zweckmäßig und preiswert gestaltet werden können.

Die Abb. 107 bis 111 stellen einige Stahlfenster aus Sonderprofilen dar. Der Einbau ist auf verschiedene Weise möglich; aus den Abb. 112 bis 116 sind mehrere Einbauarten ersichtlich.

Bei einer Befestigung an stählernen Baukonstruktionen empfiehlt sich die Verwendung einer Zwischenlage in Gestalt eines dünnen, imprägnierten Filzstreifens, wodurch eine einwandfreie Abdichtung gegen atmosphärische Einflüsse erzielt wird.

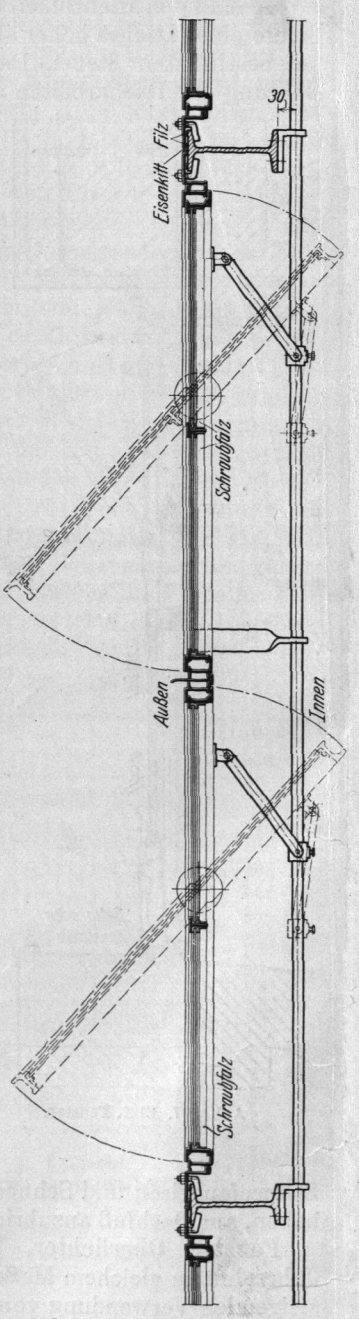


Abb. 111. Stahlfenster in stählernem Fachwerk.

In den im Juli 1921 herausgegebenen Normblättern DIN 1001 bis 1004 sind die Abmessungen und die Aufteilung eiserner Fenster festgelegt. Diese Normblätter genügen jedoch keineswegs den heutigen ästhetischen Ansprüchen und sollen geändert werden. Überhaupt begegnet eine Normung von Fabrikfenstern insofern gewissen Schwierigkeiten, als gerade die heute beliebte Betonung der Glasflächen eine individuelle Behandlung des Fensters verlangt und somit den — an und für sich notwendigen — Fesseln der Normung trotzt. Wünschenswert ist der einheitlichen Lagerhaltung wegen eine Normung der Scheibengrößen wenigstens für jeden Betrieb. Bei der Wahl der Sprossenteilung ist darauf zu achten, daß die Scheiben in keiner Richtung eine größere Abmessung als 600 bis 700 mm erhalten; andernfalls werden die Reparaturen zu teuer. Außerdem muß bei großen Scheiben wesentlich stärkeres Glas gewählt werden, was eine weitere Verteuerung bedeutet. Schließlich sind auch zu große Fensterflügel in sich nicht steif

genug. Die Fenster eines Bauwerkes sollen möglichst ein und dieselbe Größe erhalten; wenn dies nicht angängig ist, ist wenigstens nur eine möglichst geringe Anzahl von Fenstergrößen zu verwenden.

Aus Abb. 117 sind die Flügelarten ersichtlich. Hauptsächlich kommen Schwingflügel, Kippflügel und Drehflügel, weniger jedoch Klappflügel und Wendeflügel in Frage. Schwingflügel und Kippflügel dienen immer zu Lüftungszwecken, Drehflügel vorwiegend zu Reinigungszwecken. Drehflügel in Hallenfenstern werden meistens nur vorgesehen, wenn an der Innenseite besondere Reinigungspodeste vorhanden sind, von denen aus auch die Außenseite gereinigt werden soll. Einen Anhalt über die Größe der Lüftungsöffnungen in Fenstern von Stockwerksbauten geben die Werte der Zahlentafel 9. Für die Lüftungsöffnungen in den Seitenfenstern zusammenhän-

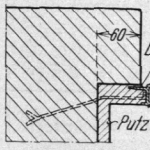


Abb. 112.

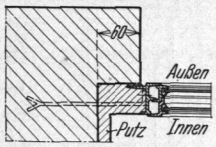


Abb. 113.

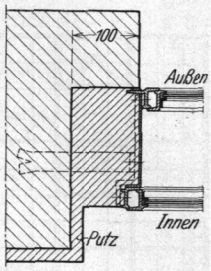


Abb. 114.

Abb. 112 bis 114. Befestigung von Stahlfenstern an Pfeilern.

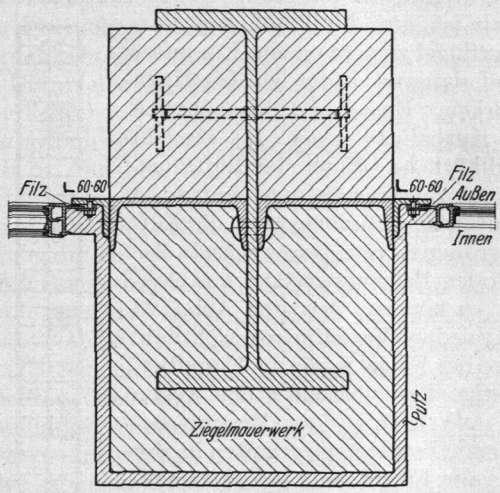


Abb. 115.

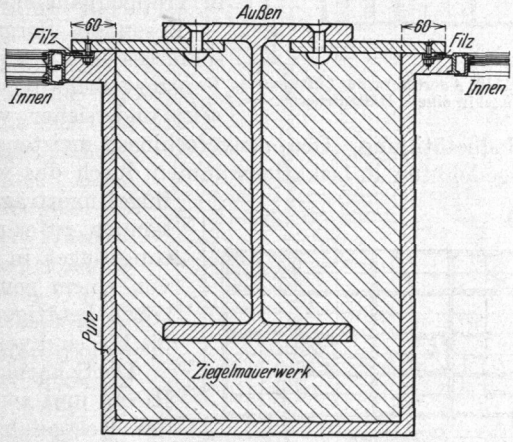
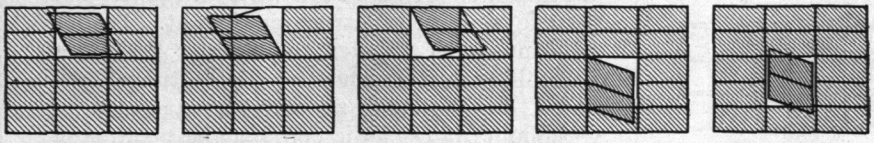


Abb. 116.

Abb. 115 und 116. Befestigung von Stahlfenstern an den Stützen von Stahlskelettbauten.

gender Hallenblocks lassen sich bestimmte Werte nicht angeben. Je nach dem Verwendungszweck und der Lage des Gebäudes zu anderen Baulichkeiten können Seitenfenster in normaler Anordnung, Lichtbänder oder auch fensterlose Wände in Frage kommen. Ist bei freistehenden Hallen, die nur durch Seitenfenster beleuchtet werden, das Verhältnis $\frac{B}{H}$ kleiner als 1,5 (s. auch



Schwingflügel. Kippflügel. Klappflügel. Drehflügel. Wendeflügel.

Abb. 117. Flügelarten.

Zahlentafel 16), so können bei leichter bis mittlerer Dunst-, Staub- oder Hitzeentwicklung Dach-Entlüfter fortfallen. Die Lüftungsöffnungen in den Fenstern jeder Seite sind dann etwa 3 bis 4 mal so groß wie die sich aus Zahlentafel Nr. 16 ergebenden Lüftungsquerschnitte zu wählen. Für Kesselhäuser gilt oft die behördliche Vorschrift, daß $^1/_3$ der Fensterfläche zum Öffnen eingerichtet sein soll. Da die Bemessung der Fensterfläche aber willkürlich ist, so ist vom lüftungstechnischen

Standpunkt aus diese Vorschrift unzulänglich. Es empfiehlt sich, die Lüftungsöffnungen nach den vorstehenden Ausführungen zu bestimmen und dann zu prüfen, ob die erwähnte behördliche Vorschrift erfüllt ist.

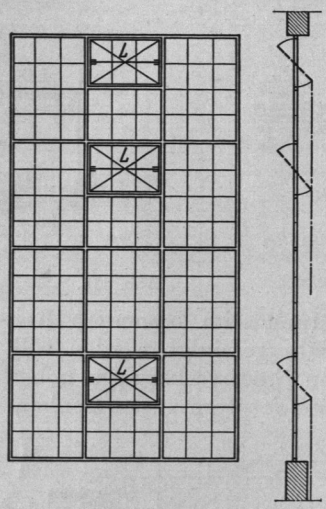


Abb. 118. Anordnung der Lüftungsflügel in einem Hallenfenster.

Zahlentafel 9. Größe der Lüftungsöffnungen in Fenstern in m² je 100 m² Grundfläche.

Räume ohne besondere Dunst-, Staub- oder Hitzeentwicklung	mit normaler Belegschaft	1,80—2,10
	mit starker Belegschaft	2,20—2,70
Räume mit stärkerer Dunst-, Staub- oder Hitzeentwicklung		2,80—3,50

Bemerkung: Bei einseitiger Lüftung sind die angegebenen Werte um etwa 30% zu erhöhen.

Vorschläge über die Anordnung von Lüftungs- und Reinigungsflügeln in Hallenfenstern, in Fenstern von Stockwerksbauten und in Treppenhausfenstern sind aus den Abb. 118 bis 122 ersichtlich.

Besondere Sorgfalt ist auf die Wahl des Verschlusses der Lüftungsflügel zu verwenden. Ein guter Fensterverschluß soll dauernd leicht zu betätigen sein und sicher wirken. Einzelverschlüsse haben Hebelbetätigung, Gruppenverschlüsse meistens Kurbelbetätigung. Da aber in ausgedehnten Fabrikationsräumen durch das willkürliche Öffnen der Lüftungsflügel unerträgliche Zugerscheinungen auftreten können, ist es mitunter wünschenswert, die Lüftungsflügel in größeren Gruppen wechselweise von einem zentralen Bedienungsstand aus elektrisch betätigen zu können. Aus den Abb. 123 bis 125 sind verschiedene Verschlüsse ersichtlich.

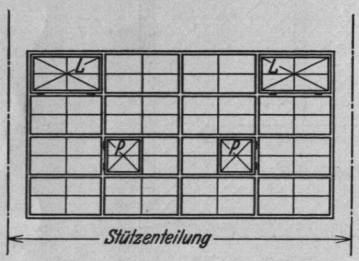


Abb. 119.

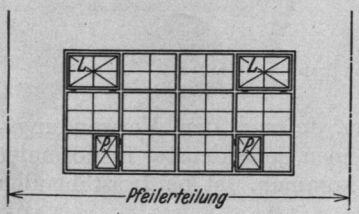


Abb. 120.

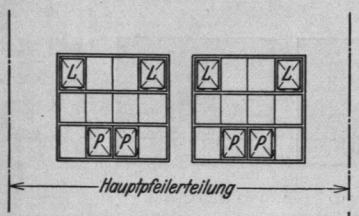


Abb. 121.

Abb. 119 bis 121. Anordnung von Lüftungs- und Reinigungsflügeln in den Fenstern von Stockwerksbauten (*L* Lüftungsflügel, *P* Putzflügel).

Die Scharniere der Flügel sowie die Einreiber, Riegel und sonstige Beschlagteile sollen wegen der Rostgefahr aus Bronze oder Messing bestehen. Feststehende Fensterteile erhalten in der Regel Kittfalze; alle Flügel sind jedoch zweckmäßig mit Schraubfalzen auszurüsten, da bei Neu- oder Reparaturverglasungen der Kitt durch die Erschütterungen fließt und die Scheiben dann lose werden. Die Kittfalze werden am vorteilhaftesten nach innen gelegt.

Nach der Sonnenseite liegende Fenster müssen zur Lichtzerstreuung Sonnenvorhänge erhalten. Vorhänge sind aber auch notwendig, um das künstliche Licht zu reflektieren. Aus diesem Grunde sind helle Farben erwünscht. Bei der Anordnung der Fenster und bei der Wahl der Verschlußkonstruktionen für die Lüftungsflügel ist an die Vorhänge zu denken, da es häufig vorkommt, daß sich die Vorhänge bei geöffneten Lüftungsflügeln nicht bewegen lassen, oder daß die Lüftungsflügel beim Öffnen in die Vorhänge schlagen.

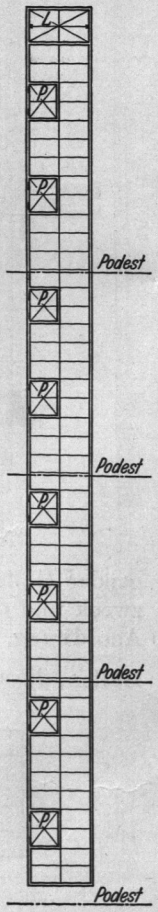


Abb. 122. Anordnung der Lüftungs- und Reinigungsflügel in einem durchgehenden Treppenhausfenster.

Abb. 126 zeigt stehende Dachgeschoßfenster, die in einem ausgedehnten Stockwerksbau an Stelle der ursprünglich in der Dachneigung (60°) angeordneten Fenster nachträglich eingebaut worden sind. Jedes dritte Fenster hat einen kleinen Austritt, der über eine Schiffsleiter zu erreichen ist und von dem aus sich im Ge-

fahrenfalle Personen bemerkbar machen können. Ferner zeigt Abb. 127 ein schrägliegendes Kellerfenster, das sich gut bewährt hat.

Für ausgedehnte Hallen- und Flachbauten reicht die Tageslichtbeleuchtung durch Seitenfenster nicht aus, da das Tageslicht nicht weit genug in das Innere der Bauwerke dringen kann. In solchen Fällen finden Oberlichter Anwendung. Die Oberlichter ergeben eine gleichmäßige und gute Beleuchtung aller Arbeitsplätze und haben aus diesem Grunde im Fabrikbau außerordentliche Verbreitung gefunden. Da aber andererseits Oberlichter vielfach die Ursache von Undichtigkeiten und erhöhten Instandhaltungskosten sind, vermeidet man sie bei freistehenden ein- oder zweischiffigen Hallen, wenn die Höhe der Halle bzw. der Seitenfenster im Verhältnis zur Hallenbreite groß ist. Unter bestimmten baulichen Verhältnissen kann die Beleuchtung in der Raummitte bei hohen Seitenfenstern gleich groß sein wie bei niedrigeren Hallen mit Oberlichtbeleuchtung (s. Abb. 70 Seite 54)[1]. Mitunter werden Oberlichter auch zur Tageslichtbeleuchtung der obersten Geschosse von Stockwerksbauten angewendet.

Die in der Horizontalprojektion gemessene Fläche der Oberlichter soll in einem angemessenen Verhältnis zur Gesamtgrundrißfläche des zu beleuchtenden Raumes stehen. Nähere Angaben hierüber enthält der Abschnitt „Gliederung und Formgebung". Keinesfalls soll die gesamte Dachfläche mit Glas gedeckt werden, da der Wärmedurchgang zu großer Glasflächen sich sowohl im Sommer durch Steigerung der Innentemperatur als auch im Winter durch erhöhte Heizungskosten unangenehm bemerkbar macht. Außerdem sind die Instandhaltungskosten großer Glasflächen nicht unbeträchtlich. Schließlich ist noch zu beachten, daß eine zu starke Tageslichtbeleuchtung zu Blendungserscheinungen und damit zu Unglücksfällen an Werkzeugmaschinen u. dgl. Anlaß gibt. Nur in Ausnahmefällen können diese Nachteile zu großer Glasflächen in Kauf genommen werden, z. B. wenn eine möglichst intensive Tageslichtbeleuchtung für photographische, kinematographische oder ähnliche Zwecke erwünscht ist.

Alle Bauwerke, die mit Oberlichtern ausgerüstet sind, müssen möglichst starre Tragwerkssysteme erhalten, damit Bewegungen der Oberlichter und Beschädigungen der Glaseindeckung vermieden werden. Andernfalls ist dafür zu sorgen, daß das Oberlicht an den Bewegungen des Systems nicht teilnimmt oder daß die quer zur Hallenachse liegenden, durchgehenden Oberlichter an den entsprechenden Punkten nachgiebig ausgebildet werden.

Die Oberlichter werden in Sattelform, als flache, in der Dachneigung liegende Oberlichter, als Mansardenoberlichter oder in der bekannten Form der Sheddächer ausgeführt. Bei letztgenannten wird nur die stark geneigte oder nahezu senkrechte Fläche verglast; diese Fläche soll möglichst nach Norden liegen.

Satteloberlichter sollen etwa folgende Neigung aufweisen:

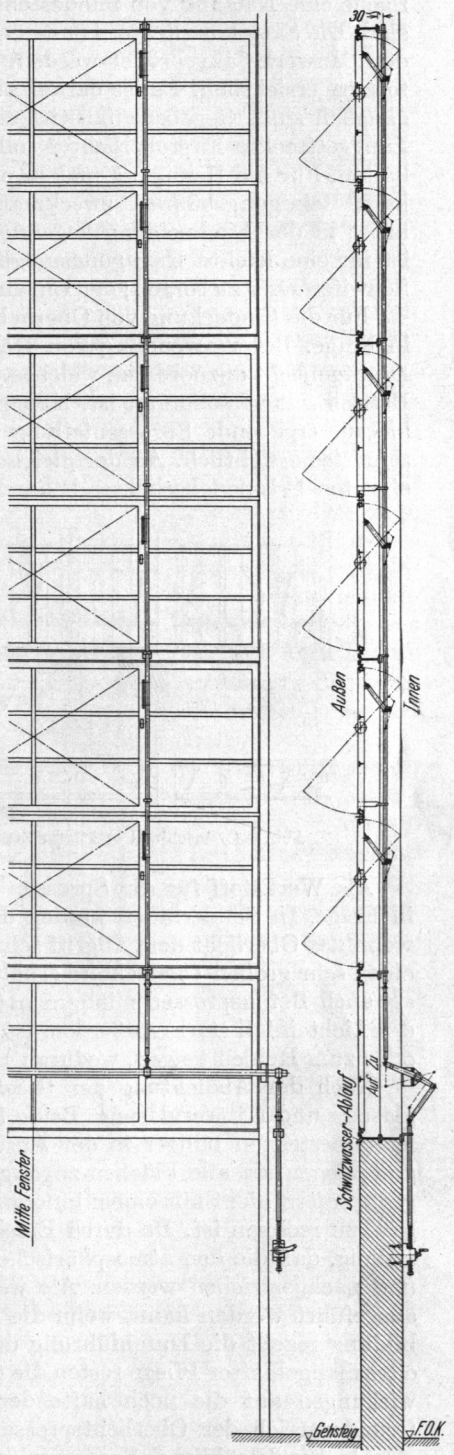


Abb. 123. Handbetätigter Verschluß für die Lüftungsflügel eines Hallenfensters.

kleinste Neigung . . . 30°, normale Neigung. . . 40°, Neigung in schneereichen Gegenden . . 50°.

[1] Siehe auch Dr.-Ing. Fr. Hefele: Das Fabrikoberlicht. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1931.

Flache Oberlichter kommen seltener vor und sollten nur angewendet werden, wenn die Dachfläche eine Neigung von mindestens 20° hat und wenn keine starken Schneefälle zu befürchten sind. Die Satteloberlichter können entweder in der Längsrichtung oder auch in der Querrichtung der Bauwerke angeordnet werden. Aus den Abb. 128 bis 134 sind gebräuchliche Ausführungsformen ersichtlich. Es ist darauf zu achten, daß die Oberlichter von allen Seiten bequem zugänglich sind. Gegebenenfalls ist ein Laufsteg nach Abb. 135 vor jedem Oberlicht anzuordnen. Langgestreckte Firstoberlichter sollen in gewissen Abständen verbindende Leiterübergänge erhalten. Für die Reinigung und Reparatur von Firstoberlichtern sind innere, von Hand verfahrbare Reinigungsbühnen zweckmäßig. Aus fabrikatorischen Gründen müssen häufig innere, meist in der Dachneigung liegende Zwischenoberlichter vorgesehen werden. In diesen Fällen ist für eine leichte Reinigungsmöglichkeit des Innenraumes und für eine gute Ableitung von Schwitzwasser zu sorgen; der Innenraum ist auch mäßig zu beheizen.

Für die Eindeckung von Oberlichtern kommt in erster Linie Drahtglas von 6 bis 8 mm Stärke in Frage. Bei Verwendung von Rohglas ist aus Sicherheitsgründen unter den Glasflächen ein Drahtgeflecht anzuordnen, welches jedoch verdunkelnd wirkt, nochzumal, wenn es nach einiger Betriebszeit verschmutzt ist. Nähere Angaben über die Drahtglaseindeckung und über die sich hieraus ergebende Sprossenteilung sind aus den Ausführungen auf Seite 87 bis 91 dieses Abschnittes ersichtlich. An der gleichen Stelle sind auch die für den Einbau in Massivdächer geeigneten Prismenoberlichter behandelt.

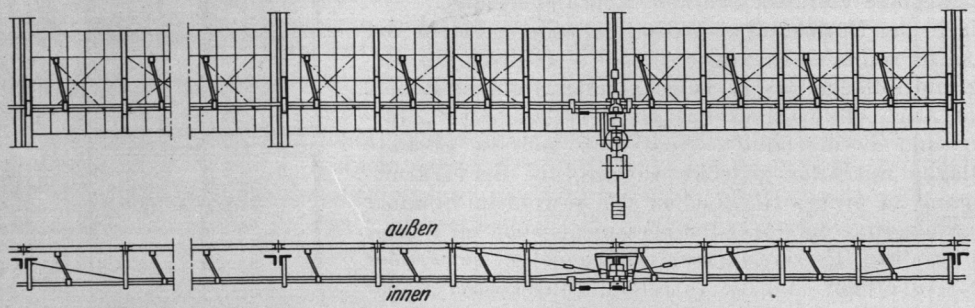


Abb. 124. Maschinell betätigter Zentralverschluß für die gruppenweise Betätigung von Lüftungsflügeln.

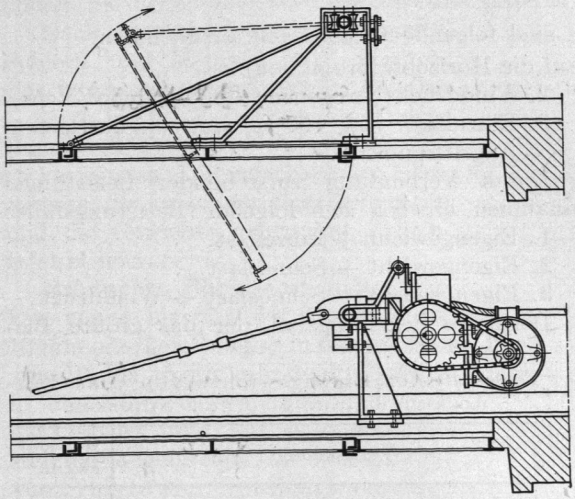
Als Werkstoff für die Sprossen der Oberlichter kommt heute fast ausschließlich Flußstahl in Frage. In Sonderfällen werden die Sprossen auch aus Kiefernholz oder Pitchpine hergestellt, wenn das Oberlicht dem Angriff schwefelhaltiger Gase ausgesetzt ist. Eisenbetonsprossen müssen einen sehr großen Querschnitt erhalten, um wetter- und säurebeständig zu sein[1]. Sowohl Holz- als auch Betonsprossen mindern naturgemäß infolge ihrer verhältnismäßig großen Querschnitte den Lichteinfall stark. Außerdem ist zu beachten, daß Holzsprossen zum Schwinden und Quellen oder zum Reißen neigen, wodurch Undichtigkeiten und Scheibenbruch entstehen.

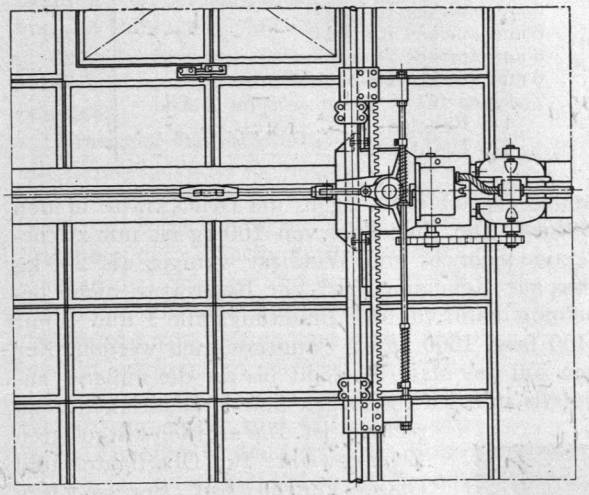
Nach der Abdichtung der Glasflächen auf den Sprossen unterscheidet man kittlose Verglasung und Kittverglasung. Beide Systeme haben ihre Vor- und Nachteile. Die Kittverglasung ist unbestritten billiger in der Anschaffung; auch lassen sich die einfachen eisernen Sprossen gut pflegen, da alle Flächen zugänglich sind. Die Lebensdauer ist bei sachgemäßer Pflege sehr groß, sofern nicht mit einem inneren oder äußeren Angriff durch schädliche Dünste oder Rauchgase zu rechnen ist. Da durch Erschütterungen der Kitt leicht abspringt, ist es allerdings notwendig, daß die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzten Kittfalze periodisch nachgekittet und nachgestrichen werden. Als weiterer Nachteil ist zu vermerken, daß die Verglasung nur ausgeführt werden kann, wenn die Sprossen vollkommen trocken sind. Schon Tau- oder Reifbildung macht die Durchführung der Kittarbeiten unmöglich. Bei unsachgemäßer Ausführung oder mangelhafter Pflege rosten die Sprossen leicht unter den Kittfalzen, wodurch weitere Treibwirkungen auf die noch haftenden Kittfalze ausgelöst werden. Auf guten, rostschützenden Grundanstrich der Oberlichtsprossen für Kittverglasung ist daher besonderer Wert zu legen.

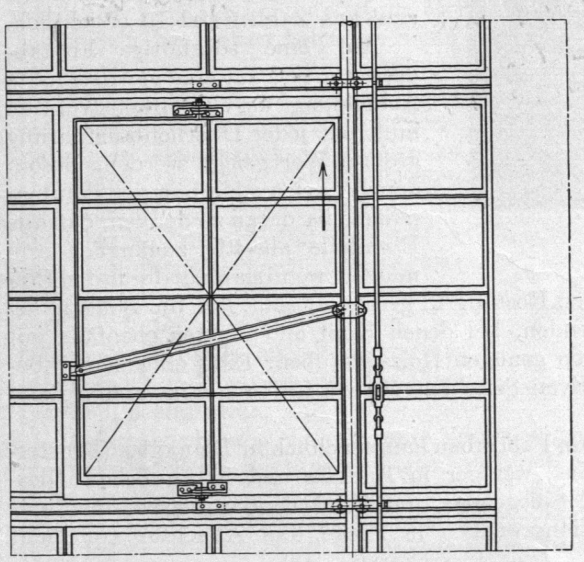
Als handelsübliche Sprosseneisen für Kittverglasung kommen die hochstegigen T-Eisen von 40, 45, 50, 60 und 70 mm Höhe in Frage. Auch T-Träger NP 8 lassen sich für größere Freilängen vorteilhaft verwenden; auf dem freiliegenden Oberflansch lassen sich sehr gut Entlüfter

[1] Siehe Hefele: a. a. O.

befestigen. Bei der Verwendung von T-Trägern ist die Sprossenteilung so festzulegen, daß sich die Scheiben gut einlegen lassen (s. Abb. 136 und 137).







Ein großer Vorteil der kittlosen Verglasung liegt in der Möglichkeit, die Oberlichter bei jedem Wetter (Regen, Tau, Reif, Schnee) eindecken und reparieren zu können. Die kittlose Verglasung ist relativ teuer. Besonders gilt dies für Sprossen, die durch Feuerverzinkung, galvanische Verbleiung oder durch Emaillierung gegen Korrosion geschützt werden. Diese Ausführung ist aber auch besonders hochwertig und erlaubt die Anwendung von kittlosen Oberlichtern auch dann, wenn mit aggressiven Verunreinigungen in der Außenluft oder mit aggressiven Dünsten im Innern der Räume zu rechnen ist[1]. Zu bemerken ist, daß Verzinkung nur gegen den Angriff freier Kohlensäure schützt. Eine galvanische Verbleiung dagegen trotzt allen chemischen Einflüssen bis auf den Einfluß salpetriger Säure als Verunreinigung der Luft.

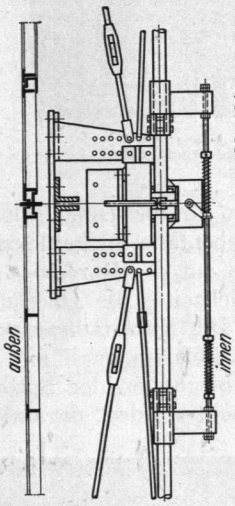


Abb. 125. Einzelheiten zu Abb. 124.

Die Sprossen für kittlose Verglasung werden nach Maier-Leibnitz[2] wie folgt eingeteilt:

1. Geschlossene Rinnensprossen (Abb. 138).
2. Von Innenluft umspülte Rinnensprossen (Abb. 140).
3. Einstegsprossen (Abb. 139).

Die Einstegsprosse ist von allen Seiten zur Prüfung und für die Ausführung von Anstrichen zugänglich. Die anderen Sprossenprofile sind nur zu empfehlen, wenn für einen ausreichenden Rostschutz gemäß vorstehenden Ausführungen durch Feuerverzinkung bzw. durch galvanische Verbleiung oder Emaillierung gesorgt ist. Für Räume mit starker Rauch- und Staubentwicklung ist wegen der Verschmutzung

[1] An dieser Stelle sei auf das Beuth-Heft 6 „Korrosion und Rostschutz" des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung verwiesen. Hierin sind nähere Angaben besonders über metallische Überzüge enthalten.

[2] a. a. O.

die Sprosse nach Abb. 140, die heute auch nur noch wenig gebräuchlich ist, zu vermeiden. Die Verglasung kittloser Oberlichter ist bei Verwendung elastischer Unterlagen gegen Erschütterungen weniger empfindlich.

Für die Berechnung der Glasdachsprossen sind folgende Belastungen anzunehmen:

1. Eigengewicht und Schneelast (bezogen auf die Horizontalprojektion).
2. Winddruck (bezogen auf die getroffene Fläche).
3. Einzellast von 100 kg mit ungünstigstem Angriffspunkt.

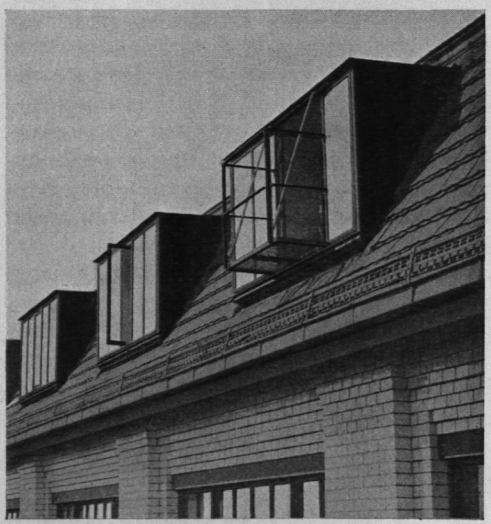


Abb. 126. Stehende Dachgeschoßfenster.

Durch Verbindung vorstehender Belastungsannahmen ergeben sich folgende Belastungsfälle:

1. Eigengewicht + Einzellast.
2. Eigengewicht + Schneelast.
3. Eigengewicht + Schneelast + Winddruck.

Derjenige Belastungsfall, der das größte Biegungsmoment ergibt, ist für die Dimensionierung zugrunde zu legen; die Druckkräfte in den Sprossen sind hierbei ebenfalls zu berücksichtigen. Die Einzellast von 100 kg ist nur zu berücksichtigen, wenn die auf die Sprosse wirkende Schnee- und Windlast weniger als 200 kg beträgt, und wenn gleichzeitig die Oberlichter zur Reinigung und zur Reparatur nicht betreten werden müssen. Die Materialbeanspruchung kann für die Belastungsfälle 1 und 2 mit 1200 kg/cm², für den 3. Belastungsfall mit 1400 bzw. 1600 kg/cm² angenommen werden. Zur Vermeidung von Durchbiegungen der Sprossen soll das Material nicht bis an die äußerst zulässige Grenze beansprucht werden, da andernfalls mit Scheibenbruch und Undichtigkeiten zu rechnen ist. Die amtlich festgelegten Eigengewichte für Oberlichter und Glasdeckungen auf Sprosseneisen sind aus Zahlentafel 10 ersichtlich.

Zahlentafel 10. Eigengewichte von Glas-Eindeckungen auf eisernen Sprossen.

Verglasung	Gewicht kg/m²
4 mm starkes Rohglas	22
5 mm starkes Rohglas	25
6 mm starkes Rohglas	30
5 mm starkes Drahtglas	30
6 mm starkes Drahtglas	35
Zuschlag für je 1 mm größerer Stärke	
bei Rohglas	3
bei Drahtglas	5

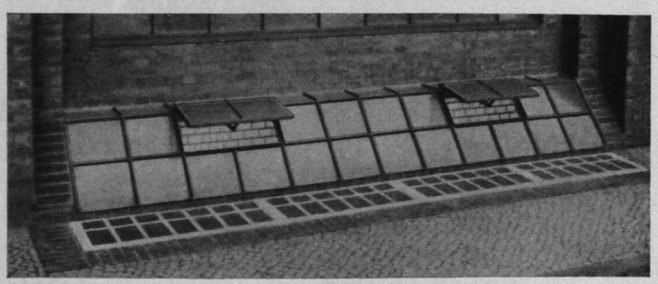


Abb. 127. Schrägliegendes Kellerfenster.

Auf eine sorgfältige Firstabdeckung und auf eine gewissenhafte Ausbildung der Traufkonstruktion muß bei jeder Oberlichtausführung größter Wert gelegt werden. Besonders bei der Ausbildung der Traufenpunkte ist daran zu denken, daß alle Eisenteile allseitig zugänglich sein müssen, wenn sie nicht durch den Einbau in Beton oder Mauerwerk einwandfrei gegen Rostangriff geschützt sind. Für die Befestigung der Sprossen sind Schraubenbolzen zu verwenden, bei denen Kopf und Mutter ebenfalls gut zugänglich sein müssen. Bei hölzernen Zargen genügen Holzschrauben. Eine eingehende Behandlung der Oberlichter nach der konstruktiven Seite hat Maier-Leibnitz im ersten Band dieses Werkes gegeben.

Die Verglasung der Lichtöffnungen wird im Fabrikbau hauptsächlich in Blankglas (Fensterglas, Bauglas), Drahtglas und Drahtspiegelglas, weniger in Rohglas und in ähnlichen Glasarten, wie z. B. Ornamentglas, ausgeführt. Spiegelglas und Kunstverglasung kommen nur in vereinzelten Fällen, meist zu Repräsentationszwecken in Frage. Der Abschluß von Licht

öffnungen durch Glasbausteine erfolgt ebenfalls nur in Sonderfällen. Eine häufige Anwendung finden Glasprismensteine, die entweder in der Dachhaut oder in den Decken liegen bzw. Decken bilden. Sie dienen aber auch wie die Glasbausteine als Abschluß von senkrechten Lichtöffnungen.

Nach den nicht zu vermeidenden Fehlern und Mängeln wird Fensterglas in zwei Sorten eingeteilt. Bauglas 1. Sorte ist bei Verwaltungsgebäuden, Bauglas 2. Sorte bei Fabrikgebäuden zu verwenden. Die verschiedenen Glasstärken, die zulässigen Scheibengrößen und die Gewichte gehen aus Zahlentafel 11 hervor.

Schwaches Rohglas ist in den Stärken von 4 bis 6, 7 bis 8 und 9 bis 10 mm, starkes Rohglas in den Stärken von 10 bis 15 mm erhältlich. Rohglas in den Stärken von 7 mm und mehr wird meist nur auf besondere Bestellung angefertigt. In den Stärken von 10 bis 15 mm wird Rohglas zur Herstellung von Trennwänden in Brause- und Badeanlagen, von Schamwänden in Toilettenanlagen von Verwaltungsgebäuden und zu ähnlichen Zwecken benutzt.

Drahtglas ist glatt und gerippt sowie mit viereckiger oder sechseckiger Drahteinlage erhältlich. Die gebräuchliche Stärke ist 6 bis 8 mm, im Mittel 7 mm. Für besondere Zwecke kann Drahtglas auch in den Stärken von 4 bis 6 und 8 bis 10 mm sowie als Fußbodenplatte in der Stärke von 15 mm und mehr hergestellt werden. Es ist bei 6 bis 8 und 8 bis 10 mm Stärke in festen Maßen bis 120 cm Breite und 420 cm Länge, in Lagermaßen in den Breiten ab 36 cm von 3 zu 3 cm bis 120 cm steigend, erhältlich. Für Oberlichter sind die üblichen Scheibenbreiten bei 6 bis 8 mm Stärke 69, 72, 75, 78 und 81 cm; eine größere Breite als 78 cm bei Kittverglasung und 81 cm bei kittloser Verglasung ist aus statischen Gründen zu vermeiden. Aus den Scheibenbreiten bestimmt sich die Sprossenteilung, für die stets ein rundes Maß anzustreben ist. Die größte Scheibenlänge darf nicht mehr als 210 cm, d. h. die Hälfte der größten festen Herstellungslänge, betragen, andernfalls mit Verschnittzuschlägen zu rechnen ist, die den Preis merklich beeinflussen.

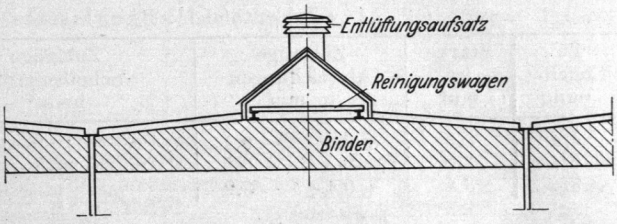


Abb. 128.

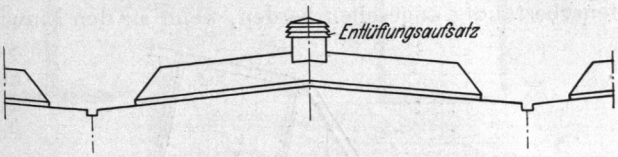


Abb. 129.

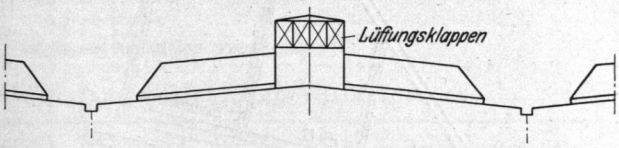


Abb. 130.

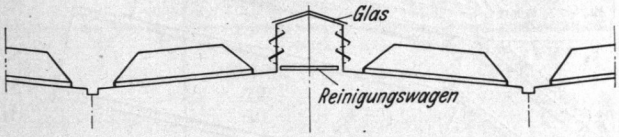


Abb. 131.

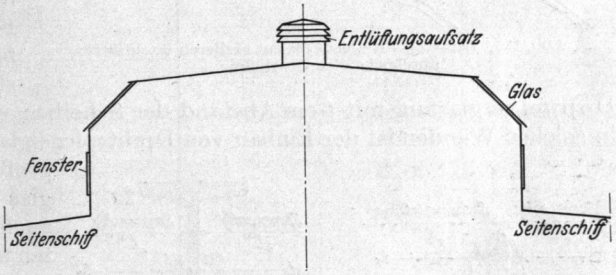


Abb. 132.



Abb. 133.



Abb. 134.

Abb. 128 bis 134. Ausführungsformen von Oberlichtern.

Drahtspiegelglas stellt das beste Verglasungsmaterial dar, wenn bei geringstem Lichtverlust eine mechanische Beanspruchungsmöglichkeit gewährleistet sein soll. Es ist wie das gewöhnliche Drahtglas 6 bis 8 mm, im Mittel 7 mm stark, hat eine von beiden Oberflächen gleichweit entfernte Einlage aus 0,5 mm starkem, sechseckigem Drahtgeflecht mit 20 mm Maschen-

weite und ist meist beiderseitig geschliffen und poliert. Das Drahtspiegelglas vereinigt in sich die Vorzüge des Kristallspiegelglases und des Drahtglases, ist aber relativ teuer, so daß seine Verwendung im Fabrikbau nur auf Sonderfälle beschränkt bleibt. Ein wesentlicher Vorzug gegenüber allen übrigen Glasarten ist seine amtlich bestätigte Feuerbeständigkeit, wenn eine bestimmte Scheibengröße nicht überschritten wird und ein direkter Einbau in Mauerwerk erfolgt. Nach den ministeriellen Bestimmungen können Verglasungen in Vertikalwänden als feuerbeständig angesehen werden, wenn sie den Einwirkungen des Feuers und des Löschwassers so viel Widerstand bieten, daß innerhalb einer halbstündigen Brenndauer bei der amtlichen Probe (etwa 1000°) ein Ausbrechen der Scheiben oder Verlorengehen des Zusammenhanges nicht eintritt. Die Berliner Baupolizei hat bei Drahtspiegelglas die Scheibengröße mit 0,6 m² begrenzt. Ferner darf das Glas gemäß den baupolizeilichen Bestimmungen nur in Lichtöffnungen von senkrechten Wänden und Türen, nicht in Decken, für die Feuerbeständigkeit vorgeschrieben ist, eingebaut werden. Der Einbau in Mauern soll so erfolgen, daß die Scheiben allseitig in einen 3 bis 5 cm tiefen Mauerfalz eingreifen. Auch bei feuerbeständigen Türfüllungen müssen die Scheiben so eingebaut werden, daß ein Öffnen nicht möglich ist. Bei Brandmauern, die nicht ins Freie führen und bei den Umfassungswänden feuergefährlicher Lagerräume oder Betriebsstätten muß in der gleichen Weise eine Doppelverglasung mit 6 cm Abstand der Scheiben voneinander vorgesehen werden. Bei Türen in solchen Wänden ist der Einbau von Drahtspiegelglas-Scheiben unzulässig. Bei einer Scheibengröße von mehr als 0,6 m² gilt Drahtspiegelglas nur noch als feuerhemmend, desgleichen auch unter 0,6 m² in Metallrahmen. Ebenso gelten nur als feuerhemmend gewöhnliches Drahtglas, Elektroglas, Galvanoglas, Mechanosolfacglas sowohl in Metallrahmen als auch in Mauerfalzen. Nach den ministeriellen Vorschriften sind solche Bauteile als feuerhemmend anzusprechen, die, ohne sofort selbst in Brand zu geraten, wenigstens eine Viertelstunde dem Feuer erfolgreich Widerstand leisten und den Durchgang des Feuers verhindern.

Zahlentafel 11. Bauglas.

Bezeichnung	Stärke in mm	Zulässige Abweichungen in mm		Zulässige Scheibengröße in m²	Gewicht in kg/m²
4/4	2,3	+ 0,2	— 0,1	bis 0,35	rund 6,0
6/4	3,0	+ 0,3	— 0,2	von 0,36 bis 0,70	rund 7,5
8/4	3,8	+ 0,4	— 0,2	über 0,70	rund 9,0

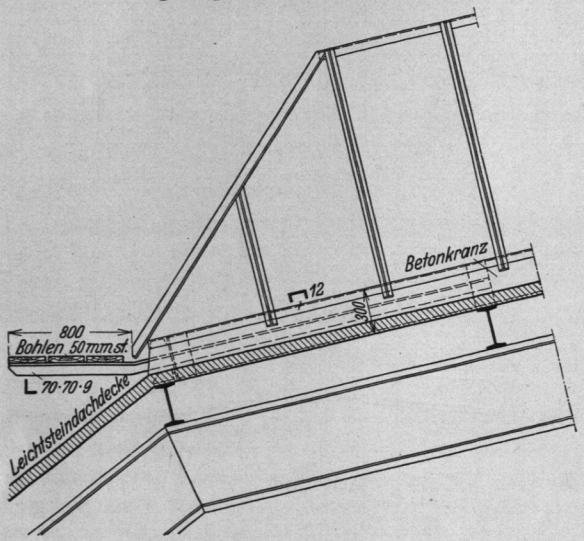


Abb. 135. Laufsteg vor einem bis zur steileren Dachfläche durchgehenden Oberlicht.

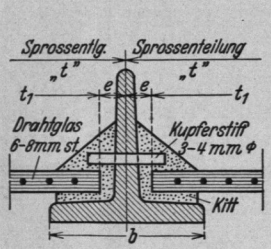


Abb. 136.

b = 40 u. 45 mm: e = 5 mm,
b = 50 mm : e = 7,5 mm,
b = 60 u. 70 mm: e = 10 mm.

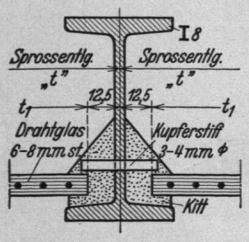


Abb. 137.

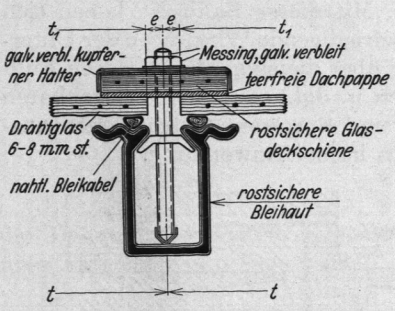
Abb. 136 u. 137. Oberlichtsprossen für Kittverglasung.

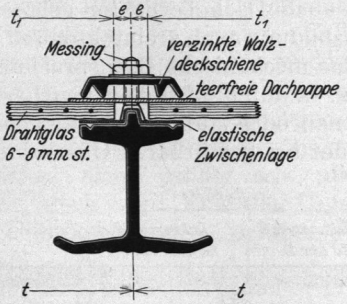
Unter Ornamentglas ist ein Klarglas zu verstehen, bei dem in eine Oberfläche bei der Herstellung ein Muster eingepreßt worden ist. Die Ornamentgläser sind lichtstreuende Gläser und finden überall da Anwendung, wo eine Blendung durch direkt auftreffendes Sonnenlicht zu befürchten ist, falls nicht bestimmte Umstände andere Glasarten, z. B. Drahtglas, verlangen. Ferner kommen Ornamentgläser noch in Frage, wenn undurchsichtige Verglasungen, z. B. für Fenster, Türfüllungen, Glastrennwände in Innenräumen u. dgl. verlangt werden[1].

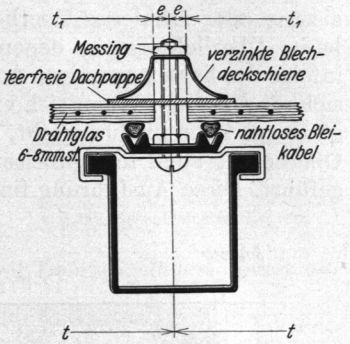
[1] Siehe auch Dr.-Ing. H. G. Frühling: Die Lichtdurchlässigkeit und Durchsichtigkeit von Ornamentgläsern. Licht u. Lampe 1928 Heft 17.

Aus der Zahlentafel 12 ist die Lichtdurchlässigkeit verschiedener Glasarten ersichtlich.

Eine besondere Bedeutung als Abschluß von Lichtöffnungen — hauptsächlich in Decken, weniger in Wänden — kommt den Glasprismensteinen zu. Ursprünglich wurden sie nur zur Beleuchtung unterirdischer Räume, wie Keller, Tunnels usw., benutzt. In den letzten Jahren







Scheibenbreite t_1 = Sprossenteilung $t - 2e$; $e = 7{,}5$ mm.

Abb. 138. Geschlossene (U-) Sprosse. Abb. 139. Einstegsprosse. Abb. 140. Luftumspülte Sprosse.

Abb. 138 bis 140. Oberlichtsprossen für kittlose Verglasung.

Zahlentafel 12[1]. Optische Eigenschaften verschiedener Glassorten.

Glasart und Sorte	Durchlässigkeit in %	Absorption in %	Reflektion in %
Tafelglas:			
blank, 4/4 bis 8/4	90—92	2—4	6—8
mattiert, 4/4, ⊥	72	17	11
mattiert, 4/4, ⏜	80	11	9
Spiegelglas, 6 bis 8 mm stark	88	4	8
Drahtspiegelglas, einseitig poliert, 6 bis 8 mm stark	77	12	11
Drahtglas, 6 bis 8 mm stark:			
normalmaschig	74	17	9
weitmaschig	76	15	9
mattiert, ⊥	57	33	10
mattiert, ⏜	61	29	10
gelb	50	41	9
blau	21,5	73	5,5
gerippt 4 bis 6 mm stark ⊥	47	28	25
„ 4 bis 6 mm stark ⏜	71	20	9
Rohglas:			
4 bis 6 mm stark, glatt	88	4	8
7 „ 8 mm stark, glatt	83	9	8
4 „ 6 mm stark, gerippt, ⊥	86	7,5	6,5
4 „ 6 mm stark, gerippt, ⏜	89	5	6
4 „ 6 mm stark, mattiert, ⊥	63	25	12
4 „ 6 mm stark, mattiert, ⏜	70	20	10
4 „ 6 mm stark, gerautet, ⊥	70	19	11
4 „ 6 mm stark, gerautet, ⏜	84	8,5	7,5
Wärmeschutzglas, Spezialglas der Tafel-, Salin- und Spiegelglasfabrik A.-G., Fürth i. B.:			
3 bis 4 mm stark, grün	49	46	5
Sonnenschutzglas der Fa. Goerz:			
Fensterglas, 2 mm stark } grün	38	56	6
Preßglas, 3,5 mm stark } grün	54	39	7
Drahtglas, 6 mm stark } grün	34	60	6

Bemerkung: Es bedeutet ⊥ = Licht auf glatte Seite auftreffend, ⏜ = Licht auf rauhe Seite auftreffend.

[1] Aufgestellt nach den Versuchsergebnissen über die Lichtdurchlässigkeit verschiedener Glassorten, ausgeführt von der beleuchtungstechnischen Abteilung der Osram G. m. b. H., Berlin.

sind sie in steigendem Maße auch für die Beleuchtung oberirdischer Räume, vornehmlich von Flach- und Hallenbauten verwandt worden. Auch lichtdurchlässig zu gestaltende Vordächer lassen sich vorteilhaft mit Glasprismensteinen eindecken.

Die Ausführung erfolgt entweder als Eisenbetonoberlichter, wobei die Glasprismensteine zwischen Eisenbetonrippen besonderer Form verlegt werden, oder in gleicher Weise als gußeiserne oder stählerne Oberlichter. Die Glasbetonbauweise findet nur Anwendung bei begehbaren Oberlichtern, zu denen auch Dachoberlichter gehören. Mit dieser Bauweise lassen sich infolge der kassettenartigen Ausbildung auch architektonisch befriedigende Wirkungen der Untersichten schaffen. Wenn sich eine mechanische Beanspruchung über diejenige durch reinen Fußgängerverkehr hinaus ergibt, z. B. durch Abstellen von Lasten u. dgl., werden die begehbaren Oberlichter auch mit gußeisernen oder stählernen Rahmen- und Sprossenkonstruktionen ausgeführt. Diese Ausführung findet bei befahrbaren Oberlichtern immer Anwendung.

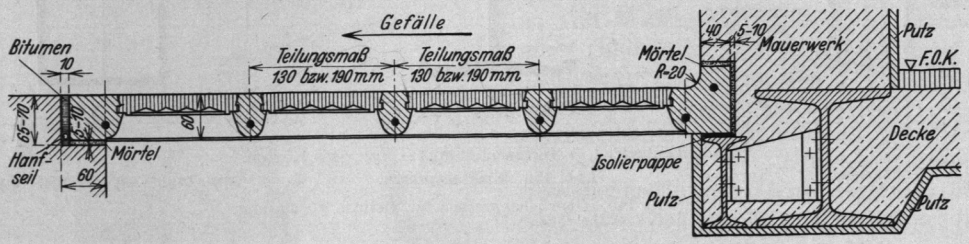


Abb. 141. Begehbares Glasbeton-Oberlicht über einem Lichtgraben.

Die Glassteine haben verschiedene Größen entsprechend den Benutzungsverhältnissen bzw. dem erforderlichen Abstand der Tragrippen voneinander; die Stärken sind normalerweise 20, 22, 25 und 30 mm. An der Oberfläche sind die Steine — bis auf einige diagonale Gleitschutzrippen — glatt; die Unterfläche dagegen ist mit prismatischen Erhöhungen versehen, die je nach der Form die Lichtstrahlen allseitig gleichmäßig streuen oder aber einseitig mehr oder weniger stark ablenken. Die in Frage kommende Prismenart richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen. Die Steine sind vollkommen entfärbt, so daß also durch eine Färbung keine Lichtabsorption stattfindet. Hiermit wird von den Spezialfirmen auch der verhältnismäßig geringe Lichtverlust begründet, der einschl. des Verlustes durch die Sprossen bei begehbaren Oberlichtern etwa 20% und bei befahrbaren Oberlichtern etwa 40% betragen soll.

Zahlentafel 13. Begehbare Glasbeton-Oberlichter.

Nutzlast in kg/m²	Spannweite in m
bis zu 125	1,80
bis zu 250	1,50
bis zu 350	1,20
bis zu 500	1,00
bis zu 800	0,80

Begehbare Oberlichter in Glasbeton-Bauweise können entsprechend den verschiedenen Nutzlasten die in Zahlentafel 13 angegebenen Spannweiten erhalten. Das Eigengewicht beträgt durchschnittlich 85 kg/m². Die für eine Nutzlast von 800 kg/m² konstruierten Oberlichter können auch befahren werden, wenn nur Personenkraftwagen oder Lastfahrzeuge etwa gleichen Raddruckes mit Luftreifen in Frage kommen. Die Spannweite ist aber dann kleiner als 0,80 m, wenn möglich nur 0,50 m zu wählen. Einen besonderen Gleitschutz bieten die gußeisernen Gleitschutzringe, die in geschlossener Form

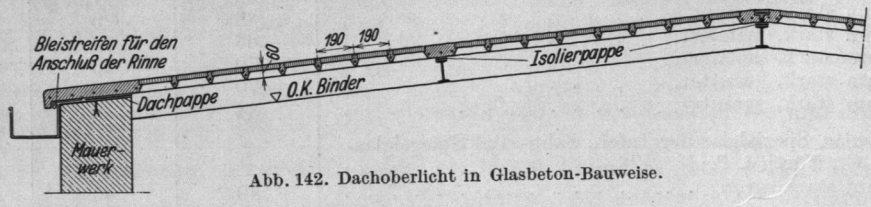


Abb. 142. Dachoberlicht in Glasbeton-Bauweise.

jeden Glasstein in ganzer Höhe und am Auflager einfassen und etwas über ihn hervorstehen. Der hervorstehende Teil ist entweder glatt oder gezahnt. Einen Gleitschutz durch einzelne Eisenstücke zu schaffen ist unzweckmäßig, da solche Teilstücke leicht ausbrechen. Abb. 142 zeigt ein Eisenbeton-Oberlicht mit glatter Oberfläche und Abb. 143 und 144 einige Stoßausbildungen. Aus den Abb. 145 und 146 sind Konstruktionseinzelheiten für Dachoberlichter zu ersehen. Bei derartigen Oberlichtern, die am besten mit massiven Dachdecken zu umgeben sind, ist auf den wasserundurchlässigen Anschluß des Pappbelages und auf die Wasserundurchlässig-

keit der Auflager- und Stoßfugen die größte Sorgfalt zu verwenden. Auch auf etwaige Bewegungen infolge Temperaturschwankungen und aus dem Tragwerksystem des Bauwerkes ist durch die zweckmäßige Anordnung und Ausbildung von Dehnungsfugen Rücksicht zunehmen.

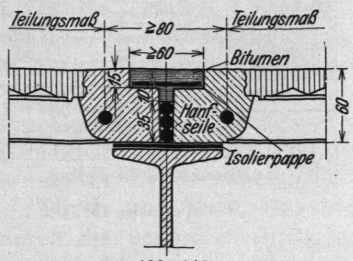


Abb. 143.

Bei der Wahl der Dehnungsfugen ist zu unterscheiden, ob die Oberlichter in der Massivdecke liegen und mit ihr verbunden sind oder ob sie auf Betonzargen aufliegen, die über der Dachfläche hervorstehen. Im ersten Fall müssen die zusammenhängenden Flächen kleiner gehalten werden als im letzten Fall. Im allgemeinen sollen die zusammenhängenden Flächen nicht größer sein als 8 m², doch wird sich die Lage der Dehnungsfugen stets nach der Unterkonstruktion richten, weil Dehnungsfugen immer nur über Tragelementen liegen sollen.

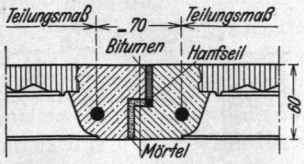


Abb. 144.

Abb. 143 u. 144. Stoßausbildungen von Glasbeton-Dachoberlichtern.

Mit befahrbaren Oberlichtern sind im allgemeinen gußeiserne Oberlichter gemeint, die entweder in größeren Flächen oder als einzelne Hofplatten verlegt werden und fast ausschließlich zur Belichtung von Hofkellern dienen. Nur in vereinzelten Fällen werden in die Fußböden von

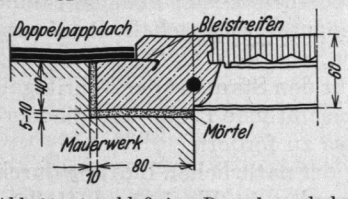


Abb. 145. Anschluß eines Doppelpappdaches an ein eingelegtes Glasbeton-Dachoberlicht.

Zahlentafel 14.
Befahrbare Oberlichter.

Raddruck in kg	Spannweite in m
1000	0,76
2000	0,58
2500	0,48
3000	0,38

Bemerkung: Bei verstärkten Sprossen (Verstärkung in der Höhe um etwa 30 mm) können die Spannweiten um etwa 75% vergrößert werden.

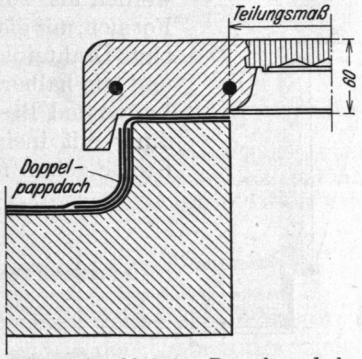


Abb. 146. Anschluß eines Doppelpappdaches an die Betonzarge eines aufgelegten Glasbeton-Dachoberlichtes.

Erdgeschoßräumen Oberlichter zur Erhellung der darunter liegenden Gebäudekeller eingelegt, da diese meist leicht an den Gebäudefronten angeordnet werden können. Die auf Grund der verschiedenen Verkehrslasten sich ergebenden Spannweiten zeigt Zahlentafel 14.

Das Eigengewicht zusammenhängender gußeiserner, befahrbarer Oberlichter beträgt bei normaler Ausführung durchschnittlich 150 kg/m², in verstärkter Ausführung durchschnittlich 230 kg/m². Aus den Abb. 147 und 148 sind gußeiserne, befahrbare Oberlichter in Hofkellerdecken zu ersehen. Die Auflager, auch bei den später noch erwähnten gußeisernen Hofplatten, sind möglichst untenliegend zu wählen, da nur hierdurch eine vollkommene Abdichtung möglich ist.

Da die zu den Glassteinen passenden handelsüblichen Flußstahlprofile nur verhältnismäßig geringe Abmessungen haben, werden stählerne Oberlichter nur dann angewandt, wenn leichte Lastfuhrwerke oder gleislose Flurfördermittel in Frage kommen. Stählerne Oberlichter sind auch dem Rostangriff in weitaus höherem Maße ausgesetzt als gußeiserne Oberlichter. Abb. 149 zeigt ein Oberlicht in Flußstahlkonstruktion.

Aus Zahlentafel 15 gehen die Abmessungen und die zulässigen Verkehrslasten für einzelne Hofplatten hervor. Häufig werden auch die Hofplatten aufklappbar, z. B. zum Einwerfen von Kohlen, ausgeführt.

Zahlentafel 15.
Befahrbare Oberlicht-Hofplatten.

Raddruck bzw. Nutzlast	Äußere Maße der Hofplatten in mm	Lichtmaße der Öffnungen in mm	Gewicht der Hofplatten in kg
Raddruck in kg			
3500	320/320	250/250	15
3000	400/400	330/330	25
3000	450/450	350/350	35
2500	500/500	400/400	40
2500	575/575	480/480	53
2500	600/600	500/500	58
2000	670/670	570/570	68
2000	700/700	600/600	72
1500	765/765	670/670	93
1000	870/870	770/770	115
Nutzlast in kg/m²			
1500	970/970	870/870	146
1500	1070/1070	970/970	177

Mitunter wird die Glasbetonbauweise auch als Abschluß von senkrechten Lichtöffnungen angewandt, z. B. als Stehbordfenster zur Beleuchtung von Gebäudekellern, als Lichtschürzen, in Mauern, die infolge der Nähe von Nachbargebäuden keine eigentlichen Fenster haben dürfen, usw. Einzelne Glassteine können auch als Lüftungsflügel ausgebildet werden. Ohne derartige

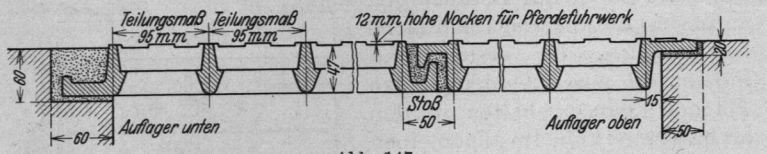


Abb. 147.

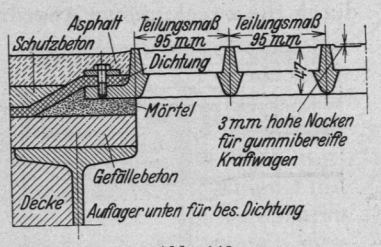


Abb. 148.

Abb. 147 u. 148. Befahrbare, gußeiserne Prismen-Oberlichter.

Lüftungsflügel gilt die Glasbetonbauweise als Abschluß von senkrechten Lichtöffnungen ebenso wie bei Oberlichtern als feuerbeständig. In solchen Fällen oder als Baustoff für lichtdurchlässige Trennwände u. dgl. können auch Glasbausteine Anwendung finden. Die Steine werden als Voll- oder Hohlsteine, viereckig, sechseckig oder auch in anderen Formen, mit glatten, gewellten oder gerippten Oberflächen, die Hohlsteine mit und ohne Drahteinlage hergestellt. Die Vollsteine sind als ganzer Stein 250/125/65 mm und als halber Stein 125/125/65 mm groß. Die Hohlsteine haben die gleiche Länge und Breite, aber eine Stärke von 80 mm, und sind zur besseren Verbindung mit ineinandergreifenden Erhöhungen und Ausschnitten versehen. Die Steine gelten teils als feuerbeständig, teils als feuerhemmend; manche Steine lassen auch die letztgenannte Eigenschaft vermissen. Es ist daher anzuraten, von der für die Ausführung gewählten Firma ein für den Standort der Fabrik geltendes Attest über eine amtliche Probe und die hierbei erzielten Ergebnisse zu fordern.

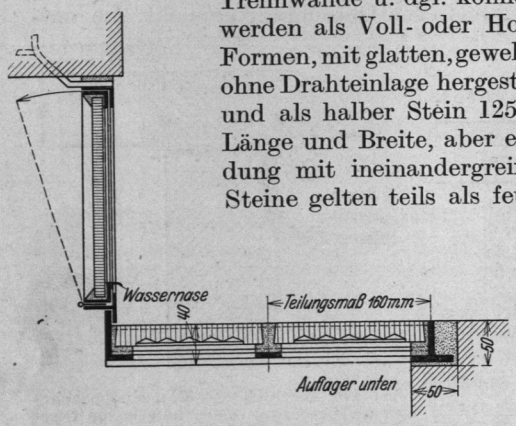


Abb. 149. Begehbares, stählernes Prismen-Oberlicht mit anschließendem Stehbordfenster.

Zur Unterstützung der natürlichen Lüftung durch Fenster und Türen werden in Flach- und Hallenbauten sowie in Dachgeschossen von Stockwerksbauten vielfach Dachentlüfter verwendet. Diese werden entweder als fabrikmäßig hergestellte Entlüftungsaufsätze aus verzinktem Eisenblech oder als Aufbauten im Material der Dachkonstruktion ausgeführt; mitunter werden auch durchgehende Entlüftungslaternen gewählt.

Es wäre an und für sich erwünscht, für die Bemessung der Dachentlüfter theoretisch begründete Werte benutzen zu können. Da aber die Wirkung der Entlüfter einerseits von dem natürlichen Auftrieb der warmen Innenluft, andererseits von Richtung und Stärke des Windes

Zahlentafel 16. Entlüfterquerschnitte f in m² je 1000 m³ Luftraum.

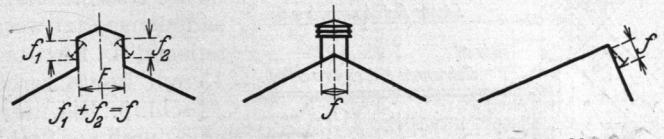
Dunst-, Staub- oder Hitzeentwicklung	$\frac{B}{H}$						
	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0 und mehr
leicht	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
mittel	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
stark	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2

Bemerkung: 1. $\frac{B}{H}$ bedeutet das Verhältnis der Breite des zu entlüftenden Raumes zu seiner durchschnittlichen Höhe. Bei nebeneinander liegenden Hallen ist als Breite die gesamte Breite des Hallenblockes einzusetzen, auch wenn die einzelnen Hallenschiffe durch Längswände gegeneinander abgeschlossen sind. Hierbei ist Voraussetzung, daß sich in beiden Längsfronten Fenster befinden. 2. Die errechnete Entlüftungsfläche ist bei zusammenhängenden Hallenblocks so zu verteilen, daß die mittleren Hallen eine größere Zahl von Entlüftern erhalten als die außenliegenden. 3. Ist bei freistehenden Hallen das Verhältnis $\frac{B}{H}$ kleiner als 1,5, so können bei leichter bis mittlerer Dunst-, Staub- oder Hitzeentwicklung Entlüfter fortfallen; es genügt dann die Entlüftung durch die Seitenfenster. 4. Für durchgehende Entlüfter muß der Querschnitt F mindestens dem 1,2- bis 1,5fachen Wert von f entsprechen (s. Abb. 150).

abhängig ist, lassen sich in Anbetracht dieser geringen und von Fall zu Fall schwankenden Kräfte keine allgemein gültigen Werte ableiten. Die von mancher Seite angegebenen Vergleichswerte für die Wirkung verschiedener Entlüfterformen bei wechselnden Windverhältnissen haben daher nur bedingte Gültigkeit, zumal sie den Auftrieb der Innenluft überhaupt nicht berücksichtigen. Um dennoch einen Anhalt für die Bemessung der Entlüfterquerschnitte zu geben, sind in Zahlentafel 16 an Hand praktischer Erfahrungen einige Anhaltswerte genannt.

Prinzipielle Angaben für die Anordnung der Dachentlüfter sind aus den Abb. 128 bis 134 bei der Beschreibung der Oberlichter ersichtlich. Ferner sei auf den Abschnitt Tragwerke sowie auf das Kapitel „Erweiterungs- und Umbauten" verwiesen; dort sind die verschiedensten Ausführungsformen im Zusammenhang mit der Ausbildung der Dachkonstruktion zeichnerisch dargestellt.

Türen und Tore. Die Ausbildung der Türen und zum Teil auch der Tore wird heute durch die behördlich festgelegten Begriffe „feuerbeständig" und „feuerhemmend" bestimmt. In den ministeriellen Vorschriften aus dem Jahre 1925 über die Anforderungen, die an eine feuerbeständige und eine feuerhemmende Bauweise zu stellen sind, heißt es unter anderem:



Durchgehender Entlüfter. Einzelentlüfter. Entlüftungsklappen.

Abb. 150. Buchstabenerklärung zu Zahlentafel 16.

Türen gelten als feuerbeständig, wenn sie bei amtlicher Probe einer Feuersglut von etwa 1000° mindestens eine halbe Stunde Widerstand leisten, selbsttätig zufallen und in Rahmen aus feuerbeständigen Stoffen mit mindestens 1½ cm Falz schlagen und rauchsicher schließen.

Türen gelten als feuerhemmend, wenn sie aus Hartholz oder aus 2½ cm starken gespundeten Brettern mit allseitig aufgeschraubter oder aufgenieteter Bekleidung von mindestens ½ mm starkem Eisenblech und mit unverbrennlicher Wandung und Schwelle bestehen, sofern die Türen selbsstätig in wenigstens 1½ cm tiefe Falze schlagen.

Die auf den Plänen zu gebrauchende Abkürzung für eine feuerbeständige Bauart ist F.F.T., für eine feuerhemmende Bauart F.T.

Eine feuerbeständige Ausführung ist bei allen Treppenhaus-Stockwerkstüren, Aufzugstüren, Türen eingebauter Garagen, Türen und Toren in Brandmauern und in den Umfassungswänden feuergefährlicher Betriebsstätten, von Prüf- und Lagerräumen, Türen in eingebauten Heizräumen und in den baupolizeilich vorgeschriebenen Keller- und Dachgeschoß-Trennwänden erforderlich. Die übrigen, in inneren massiven Wänden liegenden Türen und Tore sind feuerhemmend auszubilden, desgleichen auch die Türen der an einem Treppenhaus gelegenen Nebenräume, wie Abortanlagen u. dgl. Die auf offene Nottreppen führenden Notausgänge der einzelnen Stockwerke müssen gleichfalls durch feuerhemmende Türen verschlossen sein. Pendeltüren sind nur bedingt feuerbeständig bzw. feuerhemmend; es ist deshalb anzuraten, über ihre Verwendung an Stelle vollwertiger Türen vorher mit der zuständigen Baubehörde Fühlung zu nehmen. Über Glasscheiben in feuerbeständigen und feuerhemmenden Türen und Toren siehe unter „Verglasung", S. 88.

Alle in den Außenwänden von Flach- oder Hallenbauten und von Stockwerksbauten im Erdgeschoß befindlichen, also ins Freie führenden Türen und Tore, auch die Treppenhaus-Eingangstüren, brauchen weder feuerbeständig noch feuerhemmend zu sein. Es genügt also eine einwandige Stahlblechkonstruktion. Da aber hiermit, besonders wenn es sich um große Öffnungen handelt, nicht unbeträchtliche Wärmeverluste und Zugerscheinungen sowie Tau- bzw. Reifbildung mit dadurch bedingter Rostgefahr verbunden sind, ist von Fall zu Fall zu prüfen, ob diese Nachteile bedeutungslos sind oder ob die verhältnismäßig geringen Mehrkosten der feuerhemmenden, also isolierten Bauart in Kauf genommen werden können.

Aus den Begriffen „feuerbeständig" und „feuerhemmend" ergibt sich schon, daß für diese Bauarten Stahl der vorwiegende Baustoff ist. Aber auch die übrigen Türen, die von keiner behördlichen Bestimmung betroffen werden, bestehen im Fabrikbau heute fast ausschließlich aus Stahl, es sei denn, daß aus bestimmten Gründen dem Holz der Vorzug gegeben wird. In der letzten Zeit haben auch bei der Errichtung von Verwaltungsgebäuden und Bürohäusern Stahltüren ausgedehnte Verwendung gefunden. Da der Baustoff jede Möglichkeit der Formgebung zuläßt, kann architektonischen Absichten weitgehend Rechnung getragen werden. Die Stahltüren und -tore werden glatt, mit verschiedenartigen, eingepreßten Füllungen, mit eingepreßten Längsrillen oder Längswellen ausgeführt.

Bei der feuerbeständigen Bauart werden zwei glatte oder gepreßte Stahlplatten von 1 bis 1,5 mm Stärke an den Rändern durch Stahlprofile miteinander verbunden. Die Verbindung ist bei den einzelnen Spezialfirmen verschieden. An den Rändern beträgt die Stärke, über die Bleche gemessen meist 30 bis 32 mm und ist ausreichend für eine zweiflügelige Tür in den Abmessungen bis 2500 mm in der Breite und 3000 mm in der Höhe. Der Hohlraum zwischen den Stahlplatten wird durch Asbestplatten oder gebrannte Kieselgurplatten mit Asbestgehalt ausgefüllt. Durch diese feuerbeständige Isolierung ist die große Widerstandsfähigkeit gegen die Hitzeeinwirkungen bei einem Brande gegeben. Die Zargen können aus einem kräftigen Spezialprofil bestehen (siehe die Abbildungen dieses Abschnittes) oder aus handelsüblichen Profilen zusammengesetzt werden (siehe Abb. 173 unter „Treppenanlagen"). Ein doppelter Anschlag von je mindestens 15 mm Breite verbürgt einen vollkommen rauchsicheren Abschluß. Die untere Seite muß in 10 mm Höhe gegen eine durch ein Stahlprofil geschützte, 15 bis 20 mm hohe Schwelle schlagen. An Stelle der Schwelle kann auch ein aus dem Fußboden herausragendes, durchgehendes kräftiges Flacheisen treten, das im Fußboden gut zu verankern ist. Aus den Abb. 151 bis 153 sind feuerbeständige Türen ersichtlich.

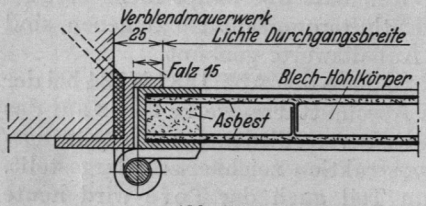


Abb. 151.

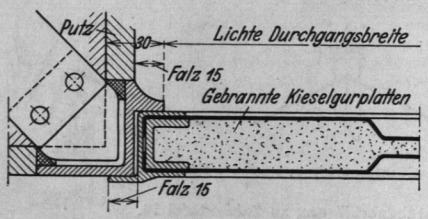


Abb. 152.

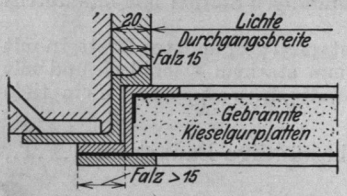


Abb. 153.

Abb. 151 bis 153. Feuerbeständige Türen.

Die feuerhemmende Bauart ist im Prinzip die gleiche wie die feuerbeständige, nur mit dem Unterschied, daß der Hohlraum zwischen den Stahlplatten durch 25 bis 32 mm starke, gespundete Bretter, je nach der Größe der Türen, ausgefüllt wird. Abb. 154 zeigt eine feuerhemmende Tür.

Es kommt häufig vor, daß die zuständige Baubehörde die Erlaubnis zur Benutzung eines Bauwerkes von der Beibringung einer Bescheinigung abhängig macht, daß die für die Begriffe „feuerbeständig" und „feuerhemmend" aufgestellten Bestimmungen erfüllt sind. Von den liefernden Firmen muß deshalb schon bei der Auftragserteilung der Nachweis verlangt werden, daß ihre Ausführungen amtlich zugelassen sind oder den ministeriellen Vorschriften in jeder Beziehung gerecht werden.
Die Einreichung eines vorbehaltlosen Garantieattestes ist zu fordern.

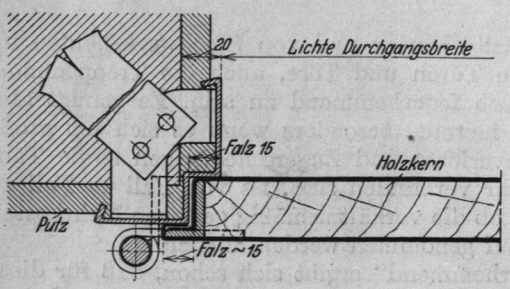


Abb. 154. Feuerhemmende Tür.

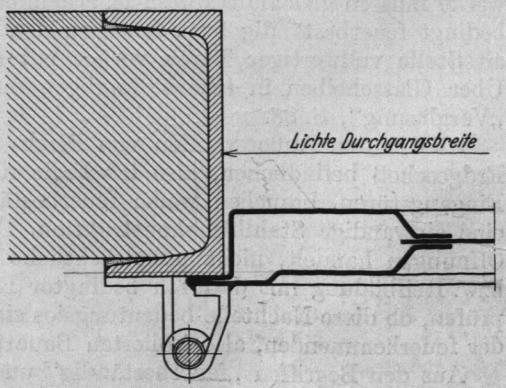


Abb. 155. Hohlrahmentür.

Die von keiner behördlichen Bestimmung betroffenen Stahltüren und -tore bestehen entweder aus einer einfachen, durch aufgenietete, handelsübliche Profile ausgesteiften Stahlplatte — bisweilen auch Wellblech — oder aus einem Hohlrahmen, in den das glatte oder gepreßte Mittelblech eingenietet oder eingeschweißt wird (siehe Abb. 155). Die Breite und Stärke des Hohlrahmens richtet sich nach der Größe der Tür bzw. des Tores; die Blechstärke des Hohlrahmens und des Mittelbleches beträgt etwa 2 bis 3 mm. Türen und Tore in Hohlrahmenkon-

struktion werden hauptsächlich in Maschinen- und Kesselhäusern, Transformatorenstationen, Schaltanlagen, Gasanstalten, Wasserwerken u. dgl., ferner in Betrieben, bei denen es auf Wärmeverluste nicht ankommt, wie Gießereien, Stahlwerken, Walzwerken, Kokereien, Kohlenaufbereitungsanlagen, Schmieden, Glühereien u. dgl., sowie als Abschluß besonders breiter Öffnungen, z. B. in Flugzeughallen, Wagenhallen usw. verwandt. In besonderen Fällen können einflüglige, rahmen- und füllungsgepreßte Stahltüren nach Abb. 156 ausgeführt werden.

In Verwaltungsgebäuden und Bürohäusern wird in der letzten Zeit die sogenannte Stahlmanteltür (Stahlholztür) viel verwandt. Die Tür gilt als feuerhemmend und besteht beiderseitig aus zwei dreilagigen Sperrholzplatten von je 4 mm Stärke, die mit den 1 mm starken Mantelblechen

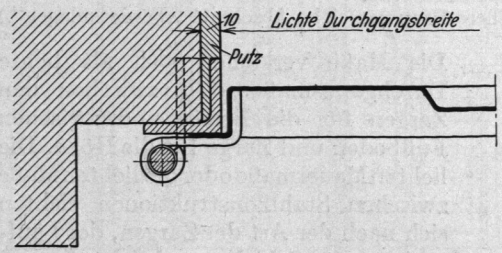


Abb. 156. Rahmen- und füllungsgepreßte Stahltür.

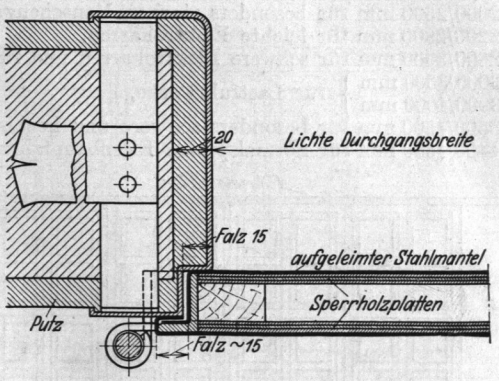


Abb. 157. Stahlmanteltür.

verleimt und unter hohem hydraulischen Druck fest verbunden sind. Durch einen Holzrahmen zwischen den Sperrholzplatten wird ein Hohlraum gebildet. Die Gesamtstärke der Tür beträgt 30 bis 34 mm. Die Zargen bestehen aus Sonderprofilen oder aus entsprechend gepreßten Blechen. Die Türen erhalten einen doppelten Anschlag und zeichnen sich durch Wärme- und Schallisolierung aus, die durch Korkeinlagen noch gesteigert werden kann. Die Abb. 157 stellt eine Stahlmanteltür dar.

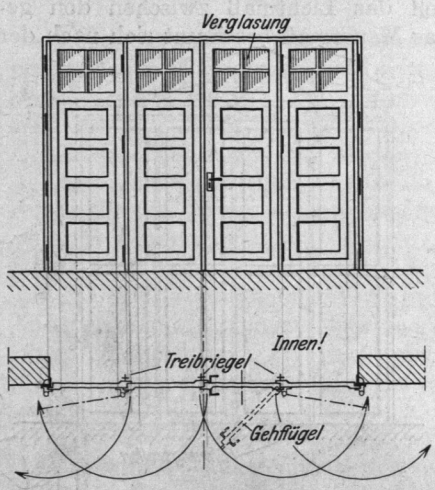


Abb. 158. Vierflügliges Klapptor.

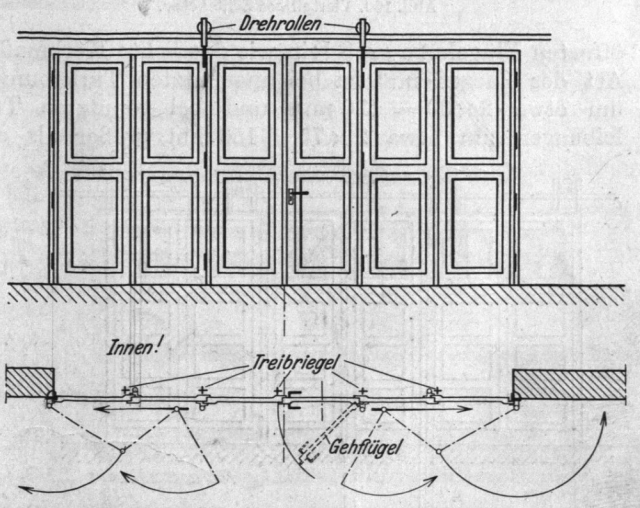


Abb. 159. Kombiniertes Klapp- und Falttor.

Hauptsächlich kommen folgende Tür- und Torarten vor:

ein- und zweiflüglige Klapp- und Pendeltüren,
zwei- und mehrflüglige Klapptore,
ein- und zweiteilige Schiebetüren und Schiebetore,
mehrteilige Schiebetore,
Falt- oder Harmonikatore.

Die Abb. 158 bis 163 zeigen verschiedene Ausführungen. Außer den genannten Tür- und Torarten sind noch Rolljalousietore, die sich besonders für elektrischen Antrieb eignen, und Tore in Sonderkonstruktionen zu erwähnen. Die letztgenannten finden vorwiegend bei Garagen Anwendung.

Es muß immer angestrebt werden, nicht nur in einem Bauwerk, sondern auch in der gesamten Fabrikanlage möglichst wenige Tür- und Torgrößen zu haben. Allgemein gültige Normen hierüber sind leider noch nicht geschaffen worden. Im allgemeinen werden die nachstehenden Größen den Ansprüchen der Praxis genügen:

900/2200 mm für Nebenräume, z. B. Abortanlagen u. dgl.,
1000/2200 mm, 1600/2400 mm (zweifl.) } für Treppenhaus-Stockwerkstüren sowie für Türen von Wasch- und Garderobenanlagen und für solche, die betriebsmäßig passiert werden,
2000/2500 mm für besonders starken Menschenverkehr,
2200/2800 mm für leichte Elektrokarren,
2500/3000 mm für schwere Elektrokarren und für Elektrokarren mit Kranaufbauten,
3000/3500 mm, 3000/4000 mm } für Lastfuhrwerke,
3500/4500 mm für besonders schwere und hochbeladene Lastfuhrwerke,
4400/4800 mm für normalspurige Eisenbahnfahrzeuge. (Nähere Hinweise siehe Abschnitt „Förderanlagen".)

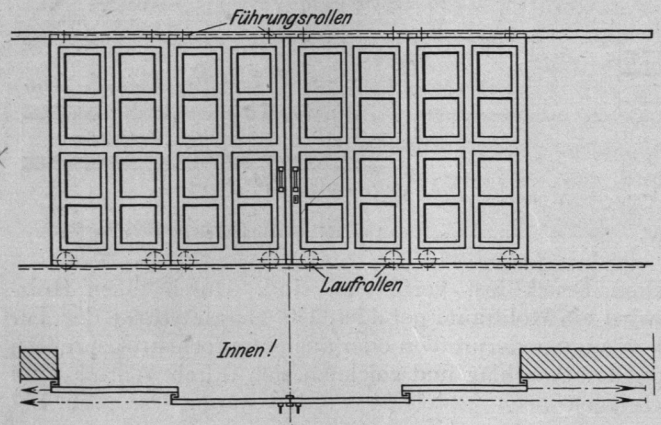


Abb. 160. Vierteiliges Schiebetor.

Die Maße verstehen sich als lichte Durchgangsmaße, d. h. zwischen den Zargen für die Breite und zwischen Fußboden und Zarge für die Höhe. Die lichten Mauermaße oder die lichten Maße zwischen Stahlkonstruktionen richten sich nach der Art der Zargen, der Laufschienen für Schiebe- und Falttore usw.

Bei den Aufzugstüren muß die nach dem Korb zu gelegene Seite vollkommen eben sein. Die Zargen sind mit dem für die Türseiten des Aufzugsschachtes vorgeschriebenen Putz bündig zu setzen. Bei Klapptüren, die in der Regel in Frage kommen, soll das Lichtmaß zwischen den geöffneten Flügeln so groß sein wie das lichte Korbmaß. Das Mauermaß bestimmt sich nach der Art der Zargen und ist bei ungeputzten Türleibungen um etwa $2 \times 60 = 120$ mm und bei geputzten Türleibungen um etwa $2 \times 75 = 150$ mm größer als das

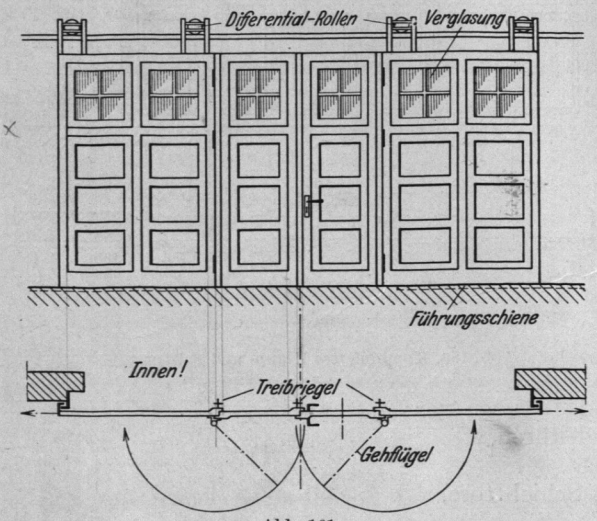


Abb. 161.

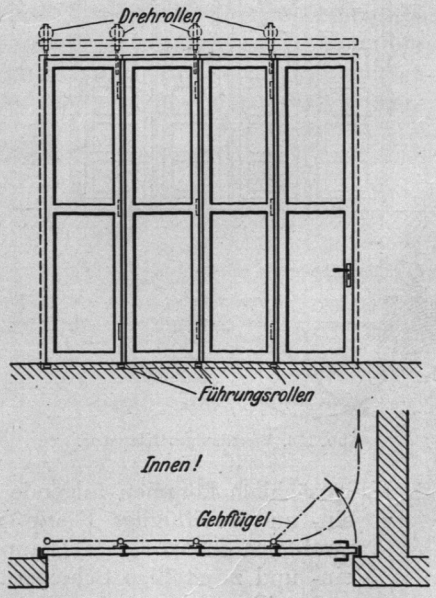


Abb. 162.

Abb. 161 u. 162. Kombinierte Klapp- und Schiebetore.

lichte Korbmaß. Über jeder Aufzugstür liegt als Sicherheitseinrichtung eine sogenannte schwingende Leiste, die bei der Festlegung der Höhe der Maueröffnung zu beachten ist. Die lichte

Höhe unter der schwingenden Leiste in gehobenem Zustande, d. h. bei geöffneten Türen, muß gleich der lichten Korbhöhe sein. Nähere Angaben über die Baumaße einer schwingenden Leiste und über die verschiedenen Korbgrößen enthält der Abschnitt „Förderanlagen".

Tore in Außenwänden erhalten zumeist Verglasung, die mit Rücksicht auf die Erschütterungen beim Schließen zweckmäßig aus Drahtglas, unter Umständen auch aus Drahtspiegelglas besteht. Zur Befestigung sind nur Schraubfalze zu wählen.

Ein Vorteil für den Fahrverkehr, in erster Linie für den Elektrokarrenverkehr, sind auto-

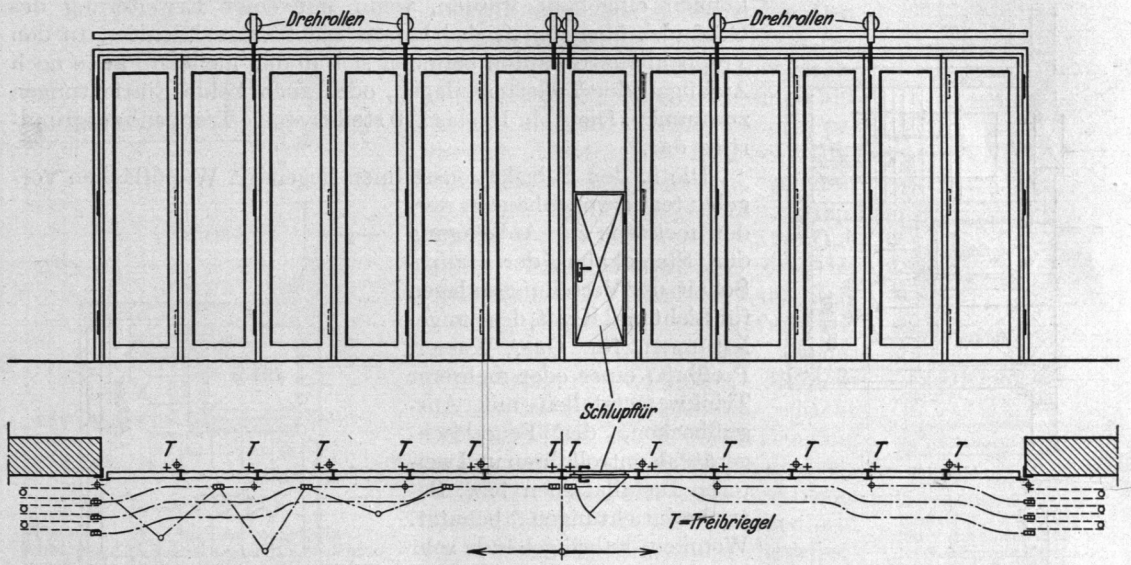


Abb. 163. Zwölfteiliges Falttor mit Schlupftür.

matische Toröffner, die sich besonders für Schiebetore eignen. Ein Elektrokarren kann bei einer solchen Einrichtung ein Tor passieren, ohne daß der Führer für das Öffnen und Schließen desselben Zeit verliert. Bei den großen Toren für Lastfuhrwerks- bzw. Eisenbahnverkehr entfällt das Heranholen der Bedienungsleute; in den Wintermonaten wird ferner durch das schnelle Öffnen und Schließen der Wärmeverlust auf ein Mindestmaß beschränkt. Derartige Toröffner können ganz elektrisch, hydraulisch oder durch Preßluft mit elektrischer Steuerung betätigt werden.

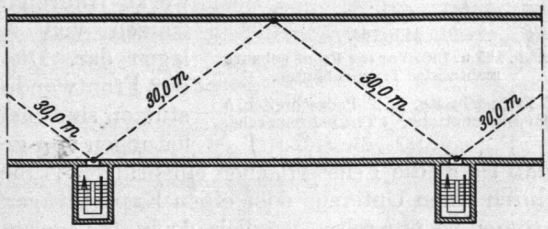


Abb. 164. Der entfernteste Punkt eines Aufenthaltraumes darf nach der Berliner Bauordnung nicht mehr als 30 m vom Treppenhaus liegen; hierdurch ist der Abstand der Treppenhäuser bestimmt.

Treppenanlagen, Bühnen, Laufstege. Im Fabrikbau können die Treppen unterteilt werden in eingeschlossene Treppen, offene Treppen und Leitern. Gebäude mit Arbeits- und Lagerstätten, die aus mindestens zwei Vollgeschossen bestehen, erhalten wenigstens eine eingeschlossene Treppe, falls die räumliche Ausdehnung des Gebäudes nicht mehrere Treppenanlagen erfordert. Offene Treppen sind die an einem Stockwerksbau außen befindlichen Nottreppen und solche Treppen, die in maschinellen Anlagen errichtet werden, wenn die betreffende Anlage als ein Ganzes aufzufassen ist und die Decken, Galerien, Bühnen und Laufstege in ihr nur zur Betätigung bzw. Beaufsichtigung der in verschiedenen Höhenlagen befindlichen Apparate und Einrichtungen dienen. Unter Leitern sind die meistens in derartigen Anlagen befindlichen steilen Treppen zu verstehen, bei denen die eigentliche Trittstufe durch ein schmales Trittblech oder durch zwei nebeneinander liegende Rundeisen ersetzt wird, sowie die senkrecht angeordneten Notleitern zu Rettungszwecken, die gleichfalls senkrecht angeordneten Aufstiege zu Hallendächern und die Kranaufstiege. Zu den offenen Treppen gehören auch noch die Hoftreppen der unter Terrain liegenden Räume unterkellerter Gebäude.

Eingeschlossene Treppen sollen höchstens 30 m von jedem Punkt eines Aufenthaltsraumes entfernt sein.

In besonderen Fällen sind außer den eingeschlossenen Treppen weitere Ausgangsmöglichkeiten in Form von Ausstiegen durch Fenster, in den oberen Geschossen zu Notleitern führend, unter Zwischenschaltung von Podesten zu schaffen. Im Innern des Raumes sind dann kurze feste Trittleitern vorzusehen.

Bei Stockwerksbauten für Fabrikations- und Lagerzwecke sind die Treppen zur Schaffung durchgehender Räume vor die Front zu legen. Nur Treppen in unmittelbarer Nähe von Giebeln können eingebaut werden, wenn mit einer Erweiterung des Gebäudes über den Giebel hinaus nicht zu rechnen ist. In den Treppenhausvorbauten befinden sich in den meisten Fällen noch Aufzüge oder Toilettenanlagen, oder auch beide Einrichtungen zusammen. Die Abb. 165 bis 170 stellen einige Treppenhausgrundrisse dar.

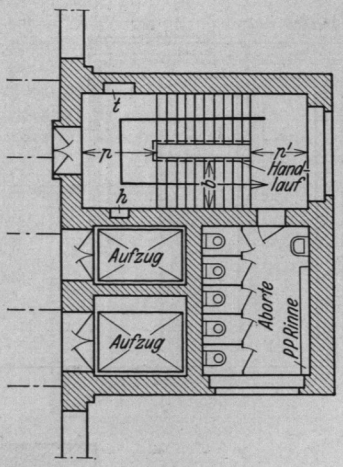


Abb. 165.

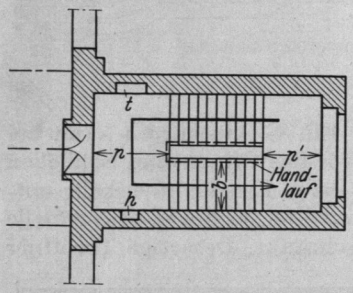


Abb. 166.

Abb. 165 u. 166. Vor die Front gebaute rechteckige Treppenhäuser.

b Treppenbreite, *p*, *p'* Podestbreiten, *h* Hydrantennische, *t* Tragbahrennische.

Die in den Fabrikationsräumen liegenden Wandflächen vorgebauter Treppenhäuser werden meistens zur Anbringung der Steigekabel, der Haupt-Schalt- und Verteilungsanlagen für Licht und Kraft, der Steigeleitungen für Gas, Wasser, Preßluft, einer oder mehrerer Trinkwasserstellen mit Ausgußbecken, der Feuerlöschgeräte, Kontrolluhren und weiteren Installationen bzw. Betriebseinrichtungen benutzt. Wenn ein Fabrikgebäude sehr lang ist und geschlossene Stirnseiten gar nicht oder nur in größerer Entfernung vorhanden sind, so stellen diese Wandflächen häufig auch die einzige Möglichkeit zur Anordnung der durch mehrere Stockwerke führenden Hauptleitungen von Absaugungsanlagen dar. Die Innenflächen der Frontwandpfeiler bzw. der Verkleidungen von Frontwandstützen sind meistens zu schmal, um vor ihnen derartige Steigeleitungen von größeren Abmessungen anordnen zu können, ohne daß sie in die Fensterflächen einspringen. Außerdem wird jede Pfeiler- oder Stützenfläche noch durch einen Unterzug oder einen Kappenträger unterteilt. Auch die Anordnung an den Mittelstützen ist nur selten möglich, da in den meisten Fällen an jeder Stütze 4 Träger angeschlossen sind. Eine starke Rohrleitung ist also hier nicht verdeckt unterzubringen. Außerdem ist zu beachten, daß jede durch die Decke führende Rohrleitung die Auflagerung der betreffenden Kappe entsprechend der Abmessung der Rohrleitung beeinträchtigt. Da Abmessungen von 400 mm Durchmesser und mehr nicht selten sind, so verbietet sich die Anordnung einer solchen Rohrleitung in der Mitte eines Raumes von selbst, es sei denn, daß Trägerauswechselungen vorgesehen werden. Blechrohrleitungen vor eine Gebäudefront zu legen, sollte aus architektonischen Gründen vermieden werden. Abgesehen davon ist aber auch die Zugänglichkeit der Leitungen zur Ausführung von Änderungen oder Instandhaltungsarbeiten sehr erschwert.

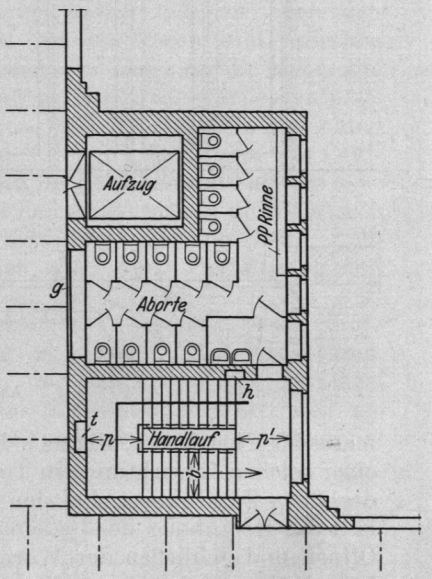


Abb. 167. Vorgebautes, rechteckiges Ecktreppenhaus.
g Lichtband.

Die in den Fabrikationsräumen liegenden Treppenhauswände oder etwaige geschlossene Giebelwände bieten also den geeigneten Platz für durchgehende Hauptleitungen von Absaugungsanlagen. Die Treppenhauswände werden aber in ihrer Länge häufig nicht ausreichen, um alle notwendigen Installationen und Betriebseinrichtungen anzuordnen. In Abb. 171 und 172 ist deshalb ein Treppenhausentwurf wiedergegeben, der für die Unterbringung von Blechrohrleitungen und

anderen Steigeleitungen einen besonderen Schacht im Treppenhaus vorsieht. Der Schacht ist vom Treppenhaus aus zugänglich und richtet sich in seiner Tiefe nach den Abmessungen der Leitungen. Da die in den Raum führenden Anschlußleitungen unter der Decke liegen, bleibt die ganze Treppenhauswand für andere Zwecke frei. Diese Anordnung hat noch den Vorteil, daß die durchgehenden Blechrohrleitungen feuersicher liegen. Den Verfassern ist aus ihrer Praxis bekannt, daß durchgehende Blechrohrleitungen in Fabrikationsräumen auf Grund einer feuerpolizeilichen Forderung nachträglich feuerbeständig ummantelt werden mußten, wodurch natürlich die Zugänglichkeit beeinträchtigt war. Durch diese Maßnahme sollte vermieden werden, daß im Brandfalle die Flammen nach Zerstörung der Blechrohre in die anderen Stockwerke gelangen können. Bei der Unterbringung derartiger Rohrleitungen in einem besonderen Schacht ist die Gefahr der Feuerübertragung von vornherein beseitigt. Selbstverständlich ist in den unter der Decke befindlichen Anschlußleitungen ein feuerbeständiges, im Brandfalle selbsttätig wirkendes Abschlußorgan vorzusehen.

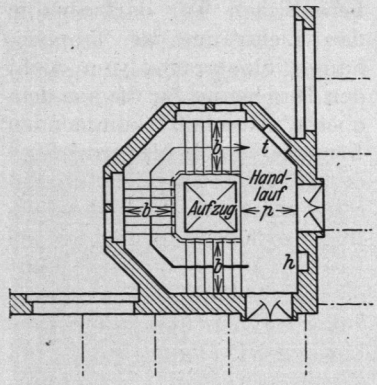


Abb. 168.

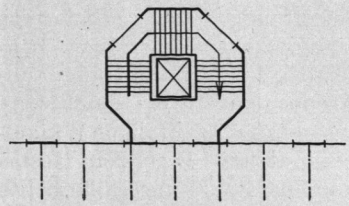


Abb. 169.

Abb. 168 u. 169. Vorgebaute achteckige Treppenhäuser; die achteckige Form ermöglicht eine bessere Tageslichtzufuhr für die hinter den Treppenhäusern liegenden Raumteile.

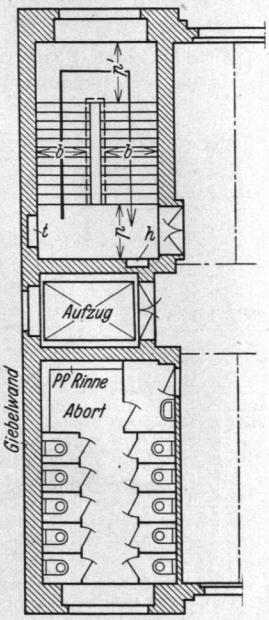


Abb. 170. Ein eingebautes Treppenhaus dieser Anordnung sollte nur gewählt werden, wenn eine Erweiterung des Gebäudes in dieser Richtung unter allen Umständen ausgeschlossen ist.

Von jedem Stockwerk führt eine feuerbeständige und rauchsichere Tür zur Treppenanlage. Am besten sind zweiflügelige Türen für eine lichte Türöffnung von 1600 mm Breite und 2400 mm Höhe zu verwenden. Der feststehende Flügel ist mit einem leicht zu betätigenden, auf der Raumseite befindlichen Treibriegel zu verschließen. Der Gehflügel muß selbsttätig zufallend sein. Selbstverständlich können auch einflüglige Türen in der gleichen Aus-

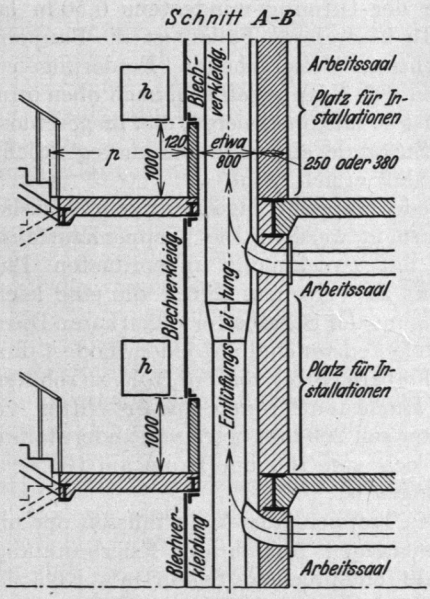


Abb. 171. Anordnung eines Schachtes für Entlüftungs- und andere Steigeleitungen im Treppenhaus.

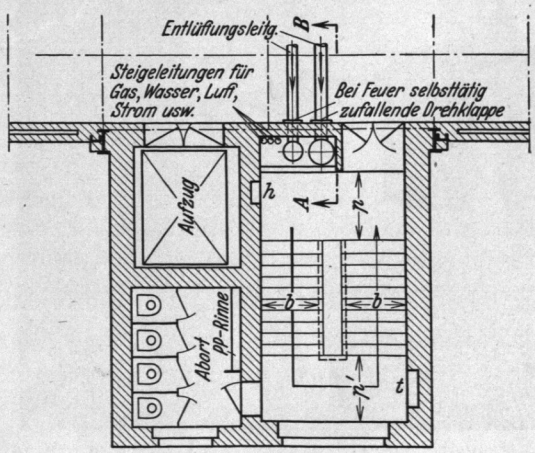


Abb. 172. Grundriß zu Abb. 171.

führung Verwendung finden, für die dann eine lichte Türöffnung von 1000 mm Breite und 2200 mm Höhe vorzusehen ist. Türen, die vom Treppenhaus aus in Toiletten- oder sonstige Neben-

räume führen, sind feuerhemmend mit 900 × 2200 mm lichter Türöffnung auszuführen. Alle Stockwerkstüren müssen nach dem Treppenhaus aufgehen; kein Flügel einer im Treppenhaus befindlichen Tür darf aber in den Lichtraum des Treppenhauses hineinragen, um nicht den Durchgang für die aus dem oberen Geschoß kommenden Personen zu behindern. Sind die Wandstärken nicht mindestens gleich der Breite der Türflügel, so müssen im allgemeinen ½ Stein starke Vorbauten mit im Treppenhausmauerwerk verankerten Abschlußrahmen aus U-Eisen NP 14 gemäß Abb. 173 eingebaut werden. Die Treppenhauseingangstür muß nach außen aufgehen; die lichte Türöffnung soll mindestens 1000 × 2200 mm betragen. Hinter der Tür ist im Innern des Treppenhauses ein Fußabtritt in Gestalt eines in einem Winkeleisenrahmen liegenden Rostes von 1000 × 600 mm Größe, lichte Weite der Maschen oder zwischen den Stäben nicht größer als 23 mm, anzuordnen.

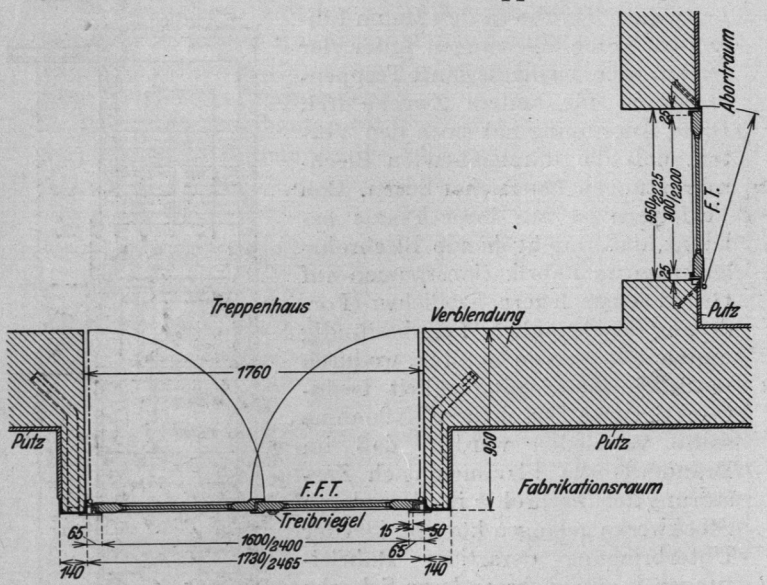


Abb. 173. Durch Anordnung eines Vorbaues wird erreicht, daß die nach dem Treppenhaus zu aufgehenden Türflügel den Verkehr auf den Podesten nicht behindern.

Am höchsten Punkt jedes Treppenhauses ist eine Entlüftungsklappe (Rauchklappe) vorzusehen, die vom Hof aus durch einen neben der Treppenhauseingangstür befindlichen Hebel zu betätigen sein muß. Die lichte Öffnung soll eine Mindestgröße von 0,50 m² haben, unter der Voraussetzung, daß eine Seite der Öffnung mindestens 0,50 m lang ist. In besonderen Fällen ist die Baupolizei berechtigt, weitergehende Forderungen zu stellen. Die Klappe soll sich nach oben öffnen und ist so zu konstruieren, daß im geschlossenen Zustande ein vollkommen regendichter Abschluß erzielt wird.

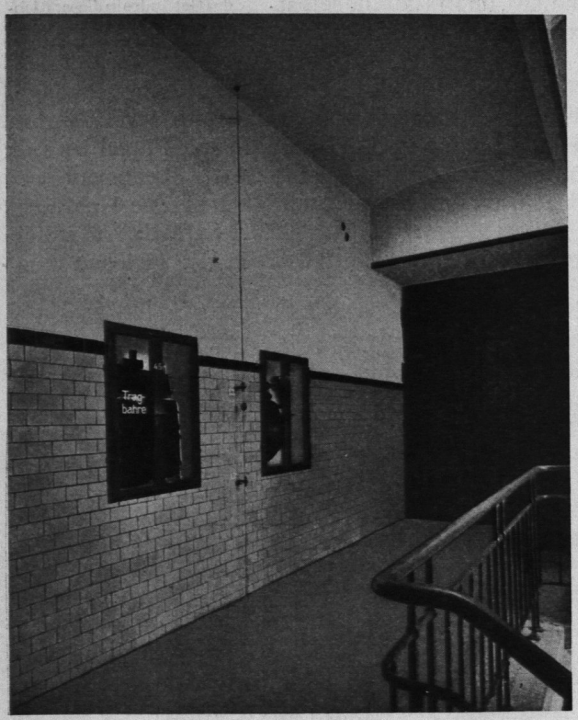
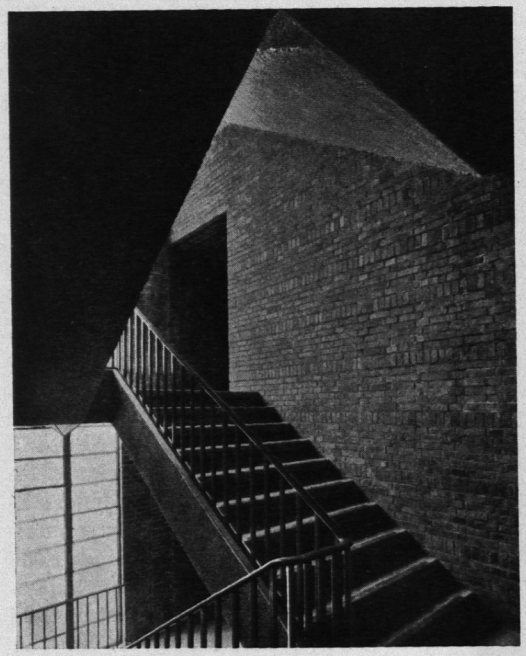


Abb. 174. Verblendung aus Glasursteinen für das Paneel eines Treppenhauses.

Jede Treppenanlage muß vom Tageslicht gut erhellt werden. Die Treppenhausfenster sind mit zweckmäßig angeordneten Putzflügeln zu versehen, durch die eine leichte Reinigung der Scheiben erfolgen kann. Durchgehende Fenster sind auf jedem Podest durch abnehmbare Gitter von 1 m Höhe zu schützen. Die Mindestentfernung dieser Gitter vom Fenster soll 200 mm betragen, andernfalls ein Fußblech von 100 mm Höhe am Gitter anzubringen ist.

Die Treppenhauswände müssen der mindestzulässigen Ausführung feuerbeständiger Wände entsprechen. Schon mit Rücksicht auf Wärmeschutz sind sie nicht schwächer als 250 mm, auch bei Stahlskelettbauten, auszuführen, es sei denn, daß besondere Gründe für die Ausführung in Fachwerkkonstruktion mit ½ Stein starker Ausfachung sprechen. Letztgenannte Ausführung kommt verhältnismäßig wenig

vor und wird fast ausschließlich bei maschinellen Anlagen angewandt. Die Innenseiten stark begangener Treppenhäuser sind zweckmäßig in 1,60 m Höhe über den Stufen und Podesten mit getönten und abwaschbaren, gebrannten oder besser noch glasierten Tonfliesen oder mit getönten Glassteinen zu verblenden. Über der Verblendung können die Wände geputzt werden. Eine ausgezeichnete Verkleidung stellt auch eine bis unter die Läufe und Podeste reichende Verblendung aus dunkelroten, dunkelbraunen oder ähnlich gefärbten Verblend-



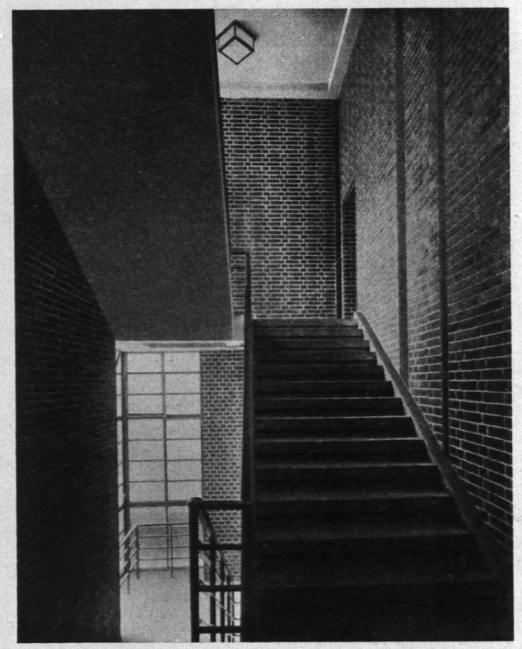


Abb. 175 u. 176. Dunkelfarbige Verblendung in der ganzen Höhe der Treppenhäuser.

steinen, besser noch Verblendklinkern in Reichs- oder Oldenburgerformat in verschiedenster Anordnung, auch mit Profilstäben durchzogen, dar (Abb. 174 bis 176[1]).

Die Stufen, Lauf- und Podestplatten müssen feuerbeständig sein. Freitragende Granitstufen sind unzulässig. Wenn die eingeschlossenen Treppen maschineller Anlagen nur von wenigen Personen begangen werden, können die Tritt- und Setzstufen aus Blech zwischen eisernen Wangen ausgeführt werden. Bei den massiven Treppen erhält jeder Lauf zwei Wangenträger mit eingelegter Steineisen- oder Eisenbetonplatte und aufgelegten Granit-, Kunstgranit- oder Betonstufen. Das sichtbare Profil des äußeren Wangenträgers ist auszumauern, alle Unterflanschen sowohl der Lauf- als auch der Podestträger sind mit Drahtgewebe zu bespannen und mit verlängertem Zementmörtel zu putzen. Das Putzen der Deckenplatten wird baupolizeilich nicht verlangt, ist aber im allgemeinen üblich. Jede aus Kunstmaterial hergestellte Stufe soll eine eingelassene, geriefte, eiserne oder messingne Vorstoßschiene erhalten, um ein Ausrutschen von Personen und auch Beschädigungen der Vorderkante zu verhindern. Bei Betonstufen ist die Trittfläche mit einer mindestens 7 mm starken Härteschicht zu versehen oder durch Aufstreumittel zu härten. Als Belag der Podeste sind ebenfalls Zementestrich mit gehärteter Oberfläche, Terrazzo, Platten aus natürlichen Gesteinen, Spezialsteinholzplatten, gebrannte Tonfliesen mit genarbter Oberfläche oder dgl. zu verwenden.

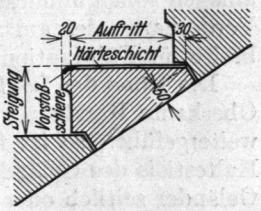


Abb. 177.
Aufgelegte Trägerstufe.

In besonderen Fällen können an Stelle der aufgelegten fabrikmäßig hergestellten Massivstufen aufgemauerte Stufen mit eichenem oder buchenem Trittbelag angewandt werden. Die vorderen Kanten sind durch eingelassene Vorstoßschienen zu schützen.

[1] Entwurf: Architekt B. D. A. Ernst Ziesel, Berlin.

Alle Konstruktionen eingeschlossener, d. h. in Treppenhäusern befindlicher Treppen sind mit der amtlich vorgeschriebenen Nutzlast von 500 kg/m² zu berechnen.

Nach der Grundrißanordnung unterscheidet man geradläufige, gewundene, gemischte (zum Teil gewundene, zum Teil geradläufige) und Wendeltreppen. In Fabrikationsgebäuden sollten nur geradläufige Treppen Anwendung finden. Wenn es aus Konstruktionsgründen nicht anders möglich ist, sollte jeder Lauf nur an einem Ende einige Stufen in gewundener Anordnung erhalten. Die geradläufigen Treppen können zwei- und dreiarmig sein. Bei letztgenannter Ausführung ist der Einbau eines Aufzuges in der Treppenanlage möglich. Wendeltreppen sind nur in Ausnahmefällen auszuführen; mitunter werden sie zur Verbindung von Galerien und Bühnen in maschinellen Anlagen angewendet.

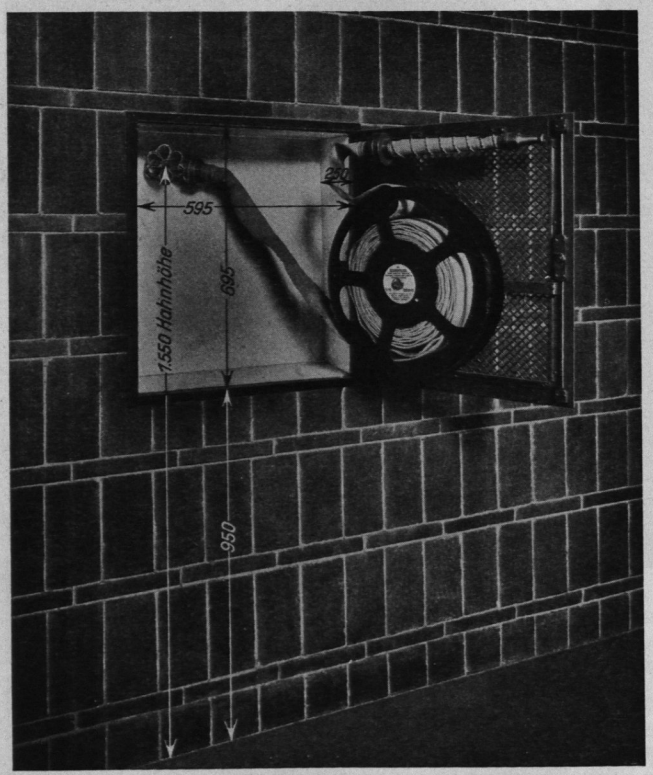


Abb. 178. Hydrantennische.

Die Steigung einer Treppe soll nicht kleiner als 15 cm und nicht größer als 18 cm sein. Ein gutes Steigungsverhältnis ergibt die Formel: 2 × Steigung + Auftritt = 63 cm. Hiernach ist

Steigung in cm . .	15	16	17	18
Auftritt in cm . .	33	31	29	27

Über Treppenstufen ist das DIN-Blatt Nr. 489 entwickelt worden, aus dem auch die im Fabrikbau übliche, vorstehend beschriebene, aufgelegte Trägerstufe zu ersehen ist. Abb. 177 zeigt eine aufgelegte Trägerstufe im Querschnitt. Stufen in gewundener Anordnung sollen 15 cm von der schmalsten Stelle entfernt noch mindestens 10 cm Auftrittsbreite haben. Das gewählte Steigungsverhältnis ist in allen Stockwerken beizubehalten. In der Regel soll jeder Lauf 10 bis 15 Steigungen haben, jedoch nicht mehr als 18, Zwischenläufe nicht weniger als 3 Steigungen.

Die geringste Breite von Treppen für Fabrikationsgebäude ist 1,25 m, gemessen von Mitte Handlauf bis Treppenhauswand. Die Podestbreite und die Zugänge derartiger Treppenanlagen sollen mindestens gleich der Treppenbreite sein, gemessen von der Senkrechten auf der Vorderkante der am weitesten in das Podest einspringenden Stufe. Als geeignete Treppenbreite für Fabrikationsgebäude mit fünf Vollgeschossen können 1,65 m angenommen werden.

Die Höhe der Laufgeländer beträgt 0,90 m, senkrecht von der Vorderkante jeder Stufe bis Oberkante Handlauf gemessen. Wird ein Geländer als Podest- oder Bühnenabschluß horizontal weitergeführt, so ist für diesen Teil 1 m Höhe anzunehmen. Bei massiven Treppen sind die Haltestiele des Geländers meist in den Stufen befestigt. Bei offenen, eisernen Treppen wird das Geländer seitlich oder auf den Wangen- oder Randträgern befestigt. Gemäß den ministeriellen Bestimmungen ist für Abschlußgeländer von Treppen, Bühnen und Laufstegen eine in Handlauf- bzw. Holmhöhe nach außen wirkende, waagerechte Kraft von 40 kg/m, in Fällen von Menschengedränge von 100 kg/m anzunehmen.

Auf jedem Stockwerkspodest ist an bau- und feuerwehrtechnisch günstiger Stelle eine Hydrantennische vorzusehen, die durch eine im Winkeleisenrahmen befindliche, gelochte Blechtür zu verschließen ist. An der Innenseite der Blechtür befindet sich eine Schlauchtrommel mit 20 m langem Schlauch nebst Strahlrohr. Die Nischen sind nach den Türrahmen anzulegen. Die Lichtmaße des Türrahmens, die Tiefe der Nische und die Höhe derselben über dem Fußboden sind aus Abb. 178 ersichtlich. An Stelle der vorbeschriebenen Ausstattung einer Hydrantennische kann selbstverständlich auch eine andere Art der Ausrüstung, Aufhängung des Schlauches usw. gewählt werden.

Es ist ferner ratsam, in jedem Treppenhaus ein oder zwei Nischen zur Aufbewahrung von zusammenlegbaren Tragbahren anzulegen. Diese Nischen sind durch zweiflüglige, im Winkeleisenrahmen befindliche Türen mit Spiegeldrahtglasverglasung zu verschließen. Durch unter und über dem Türrahmen angeordnete Löcher ist für eine Luftzirkulation in der Nische zu sorgen. Die Lichtmaße des Türrahmens, die Tiefe der Nische und die Höhe derselben über Fußboden sind aus Abb. 179 ersichtlich.

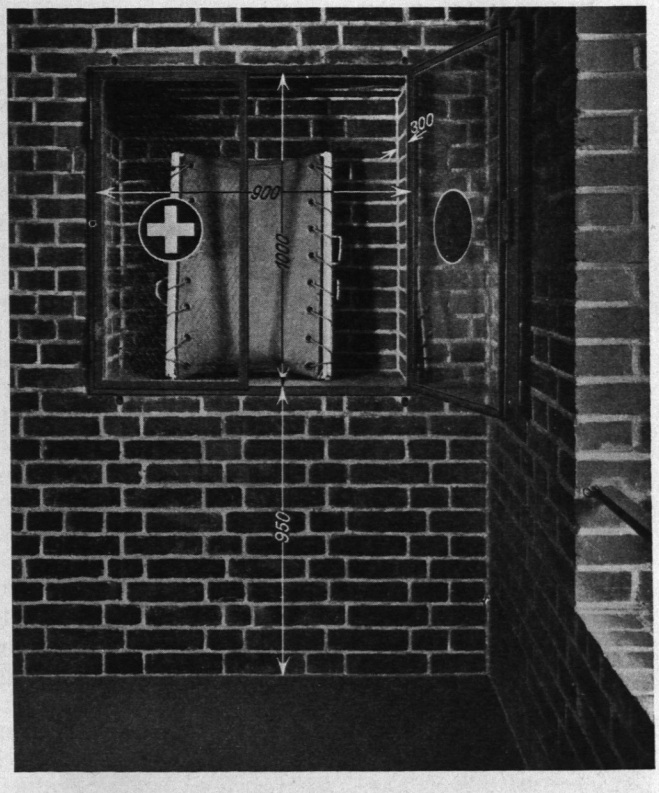


Abb. 179. Tragbahrennische.

Bei Gebäuden, die über einer Höhe von 20 m noch weitere Vollgeschosse haben, reichen im allgemeinen die zur Verfügung stehenden ausziehbaren Leitern nicht mehr aus, um bei eintretender Verqualmung der Treppenhäuser Personen zu retten, die sich in diesen höher gelegenen Stockwerken befinden. Aus diesem Grunde dürfen die Treppenhäuser derartiger Gebäude mit den einzelnen Stockwerken (auch Erdgeschoß) nicht direkt in Verbindung stehen. Der Zugang zu den einzelnen Stockwerken soll vielmehr über offene Balkone erfolgen. Die Balkone brauchen nicht übermäßig groß zu sein, müssen vielmehr nur ein ungehindertes Durchströmen von Menschenmassen gestatten. Bei der Anordnung solcher Balkone kann das Treppenhaus unter keinen Umständen verqualmen, so daß es im Gefahrenfalle der Feuerwehr immer möglich sein wird, über das Treppenhaus in jede Etage einzudringen. Aus Abb. 180 ist ein solches Treppenhaus zu ersehen.

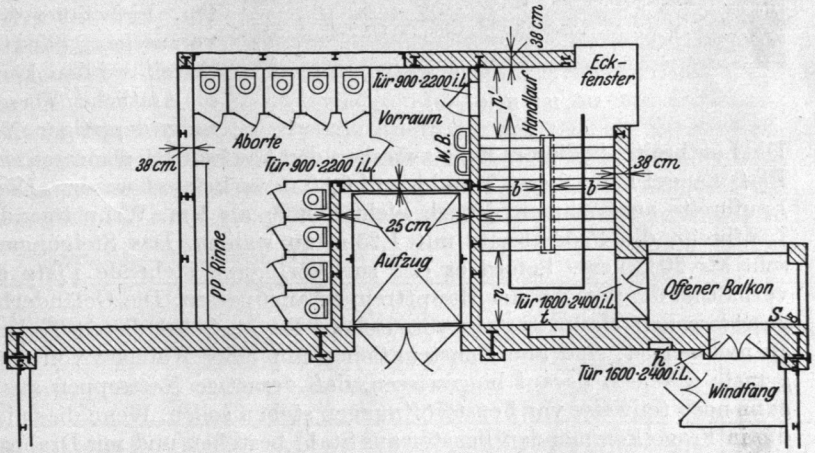


Abb. 180. Treppenhaus eines Hochhauses mit Zugang zu den Geschossen über offene Balkone. *b* Treppenbreite, *p*, *p'* Podestbreiten, *h* Hydrantennische, *t* Tragbahrennische, *S* Trockener Steigestrang für Feuerlöschzwecke.

Keller in Fabrikgebäuden dürfen unter keinen Umständen vom Treppenhaus aus zugänglich sein. Jeder Ausgang muß direkt auf den Hof führen. Entweder sind offene Hoftreppen anzulegen, oder der Ausgang ist unter dem ersten Lauf einer eingeschlossenen Treppenanlage anzuordnen. Im letztgenannten Falle wird im allgemeinen die Tür neben der Treppenhauseingangstür zu liegen kommen, wodurch auch ein geschlossenes architektonisches Aussehen erzielt wird. Derartige zwischen zwei Wänden liegende Kellertreppen müssen mindestens einen Handlauf erhalten. Die offenen Hoftreppen sind mindestens 0,90 m breit, gemessen zwischen den Treppenwangen, anzulegen. Das Steigungsverhältnis soll nicht steiler sein als 18:27 cm. Die Keller-

hälse erhalten eine allseitige eiserne Umwehrung von 1 m Höhe, gemessen von der Oberkante des umgebenden Hofes oder Bürgersteiges, und eine selbsttätig zufallende Tür. Zweckmäßig ist jeder Kellerhals mit einer Rollschicht ½ Stein hoch oder mit Granit- oder Kunststeinschwellen in gleicher Höhe einzufassen. Die Austrittsstufe ist 2 bis 3 cm höher als die umgebende Hof- oder Bürgersteigfläche anzuordnen; das Pflaster ist entsprechend anzuschließen. Bei Regenfällen wird durch diese Kellerhalseinfriedigung das Eindringen von Regenwasser vermieden. Am tiefsten Punkt derartiger Treppen ist eine Regenwassersickergrube mit eisernem Abdeckrost anzulegen, wenn nicht ein ordnungsmäßiger Anschluß an die Regenwasserleitung möglich ist. Jede offene Hoftreppe muß mindestens einen Handlauf erhalten. Gehen Fenster auf die Treppe, so ist der Handlauf auf dieser Seite anzuordnen. Diese Fenster dürfen nicht öffenbar sein und sind mit Drahtglas zu verglasen. Jede Kellerraumgruppe von 500 m² soll zwei entgegengesetzt liegende Ausgänge haben, von denen einer direkt ins Freie führt. Auch Heizungsanlagen sowie feuergefährliche Betriebs- und Lagerstätten sind mit zwei entgegengesetzt liegenden Ausgängen zu versehen, von denen einer direkt ins Freie führen muß. Sind diese Räume erheblich kleiner als 500 m², so kann die Treppe durch einen leicht zu erreichenden, bequemen Notausstieg ersetzt werden.

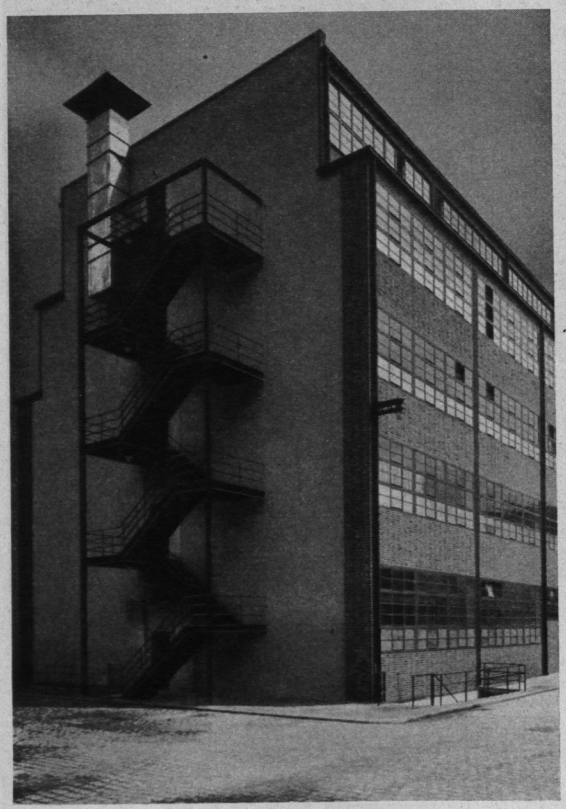


Abb. 181. Nottreppe.

Aus besonderen Gründen kann sich auch die Errichtung einer außerhalb des Gebäudes liegenden offenen Nottreppe ergeben, die in den meisten Fällen zweckmäßig in Stahlkonstruktion auszuführen ist. Eine solche Treppe erhält Trittstufen und gegen die leicht gebogenen Vorderkanten derselben etwas zurückspringende Setzstufen zwischen Wangen aus Profileisen, meistens aus U-Eisen bestehend. Als Material für die Abdeckung der Podeste und für die Trittstufen ist Riffel- oder Warzenblech zu verwenden. Für den Wasserablauf müssen die Podestabdeckungen Löcher erhalten. Fußwinkel für die Podeste sind nicht vorzusehen, damit diese leicht vom Schnee befreit werden können.

Amtliche Vorschriften über die Ausführung derartiger Nottreppen bestehen nicht. Die Laufbreite, in diesem Falle zwischen den Laufwangen gemessen, ist mit 1 m anzunehmen. Bei Platzmangel kann dieses Maß bis auf 0,80 m verkleinert werden. Die Podestbreite ist gleich der Laufbreite anzunehmen, jedoch nicht kleiner als 1 m. Wenn irgend möglich, ist auch bei 1 m Laufbreite die Podestbreite mit 1,25 m zu wählen. Das Steigungsverhältnis soll nicht steiler sein als 20:25 cm. Sofern es der zur Verfügung stehende Platz erlaubt, ist das Steigungsverhältnis demjenigen der Haupttreppen anzupassen. Die Geländerhöhen sind wie bei den eingeschlossenen Haupttreppen vorzusehen. Da auch bei diesen Treppen mit Menschengedränge zu rechnen ist, sind alle Konstruktionen mit einer Nutzlast von 500 kg/m² zu berechnen. Allgemein sei noch darauf hingewiesen, daß derartige Nottreppen aus Sicherheitsgründen weder ganz noch teilweise vor Fensteröffnungen stehen sollen. Wenn dies nicht zu umgehen ist, müssen die in Frage kommenden Fenster aus Stahl bestehen und mit Drahtglas verglast sein; sie sollen sich nicht öffnen lassen. Vor den Fensteröffnungen sind in Richtung und Höhe des Geländers Handlauf und Knieleiste anzuordnen. Abb. 181 zeigt eine an dem Giebel eines Fabrikgebäudes angeordnete eiserne Nottreppe[1].

Für offene Treppen in maschinellen Anlagen (siehe Abb. 182) bestehen ebenfalls keine amtlichen Bestimmungen. Abmessungen und Belastungen sind ebenso anzunehmen wie für Not-

[1] Entwurf: Architekt B. D. A. Ernst Ziesel, Berlin.

treppen. Setzstufen sind nicht erforderlich. Für die Trittstufen und als Belag für die Podeste sind am besten Riffel- oder Warzenblech oder auch Gitterroste zu verwenden. Das Geländer kann aus Profilseisen oder aus Gasrohr bestehen.

Für Bühnen und Laufstege in maschinellen Anlagen nach Abb. 182 sind die Nutzlasten den Betriebsverhältnissen entsprechend anzunehmen. Wenn ein Abstellen von Maschinenteilen nicht in Frage kommt, kann mit einer Nutzlast von 250 kg/m² gerechnet werden. Werden leichtere Maschinenteile abgestellt, so ist eine Nutzlast von 500 kg/m², und bei schwereren abzustellenden Maschinenteilen 1000 kg/m² anzunehmen. Als Abdeckung kann Riffel-, Warzen-, Waffel- oder gelochtes Blech benutzt werden. Die gebräuchlichste Abdeckung stellen Gitterroste dar, die infolge ihrer Lichtdurchlässigkeit keine verdunkelnde Wirkung auf den Gesamtraum ausüben. Solche Gitterroste werden unter den verschiedensten Bezeichnungen handelsüblich hergestellt. Aus Zahlentafel 17 sind als Beispiel die Auflagerbreiten und Nutzlasten der handelsüblichen Wema-Gitterroste zu ersehen. Die größte Auflagerbreite soll nicht mehr als 1,50 m betragen mit Rücksicht auf die bei größeren Breiten auftretende Durchbiegung. Es ist ratsam, in einem Betrieb gleichhohe Roste zu verwenden. Alle Bühnen und Laufgänge müssen am Geländer einen Randwinkel erhalten, der die Lauffläche um 100 mm überragt. Das Geländer, das 1 m hoch sein muß, bezogen auf die Lauffläche, kann aus leichten Profileisen oder aus Gasrohr bestehen. Ein gutes Aussehen hat ein Rohrgeländer mit einem Handlauf von 34 mm, einer Knieleiste von 27 mm und Stielen von 34 mm äußerem Durchmesser. Die Verbindung erfolgt durch Kugelfittings oder durch Schweißen. Die Stielteilung kann mit 1250 bis 1400 mm angenommen werden (Abb. 183).



Abb. 182. Offene Treppe in einem Kraftwerk.

Leitern sind die in einem Winkel von mehr als 60° geneigten und alle senkrechten Aufstiege. Je größer das Neigungsverhältnis ist, desto kleiner wird die Breite der Trittflächen. Werden die Trittflächen zu schmal, so können die Riffelblechstufen durch zwei in der Trittebene nebeneinander angeordnete Rundeisensprossen ersetzt werden. Abb. 184 zeigt einen unter 60° geneigten Aufstieg mit Riffelblechstufen, Abb. 185 einen unter 75° geneigten Aufstieg mit Sprossenstufen.

Zahlentafel 17. Wema-Gitterroste.

Maße der Flacheisen in mm	Nutzlasten in kg/m² bei einer Spannweite in cm											Gewicht in kg/m²
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
26 × 2	> 1200	> 1200	> 1200	1030	800	650	535	450	375	320	275	24,3
30 × 2	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	1100	875	720	600	510	435	375	27,5
36 × 2	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	1050	875	750	640	550	30,6
40 × 2	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	> 1200	1090	925	790	685	33,9

Bemerkung: Die Maschen sind quadratisch; lichte Maschenweite 30 mm; Ausführung verzinkt und unverzinkt. Die angegebenen Höhen beziehen sich auf lagermäßiges Material. Bei 3 mm starkem Flacheisen erhöhen sich die Nutzlasten auf den 1,5fachen Wert. Gitterroste werden auch mit kleinerer Maschenweite (etwa 23 mm) hergestellt. Die Nutzlasten erhöhen sich hierbei in jedem Falle auf den 1,3fachen Wert.

Die Breite von Aufstiegen mit Riffelblechstufen ist mit 600 bis 800 mm, gemessen zwischen den Wangen, anzunehmen. Aufstiege mit Sprossenstufen sind jedoch nur bis zu 600 mm Breite auszuführen. Auf beiden Seiten eines geneigten Aufstieges sind Geländer anzuordnen, die aus leichten Profileisen oder aus zusammengeschweißten Rohren bestehen können. Von einer gleichmäßig verteilten Nutzlast für die Berechnung der Stufen und Wangen kann bei derartigen Aufstiegen nicht gesprochen werden. Es sind vielmehr Einzellasten von je 100 kg anzunehmen. Bei kürzeren Aufstiegen wird für die Berechnung der Wangen nur eine Einzellast von 100 kg, in der Mitte der Treppe angreifend, in Frage kommen. Bei längeren Aufstiegen muß untersucht werden, ob nicht mehrere Personen gleichzeitig den Aufstieg benutzen können, so daß mit Einzellasten von je 100 kg in den Drittel- oder Viertelpunkten zu rechnen ist. Der jeweils größte Wert ist für die Bestimmung der Abmessungen der Wangen entscheidend. Steile Aufstiege kommen hauptsächlich in maschinellen Anlagen vor.

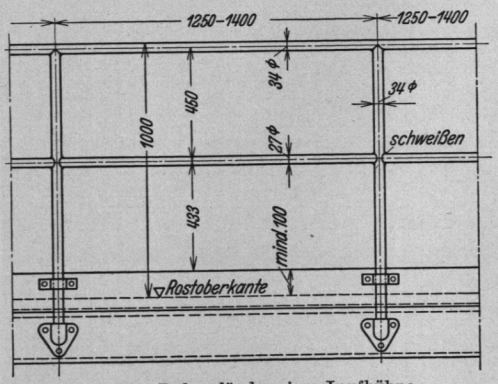


Abb. 183. Rohrgeländer einer Laufbühne.

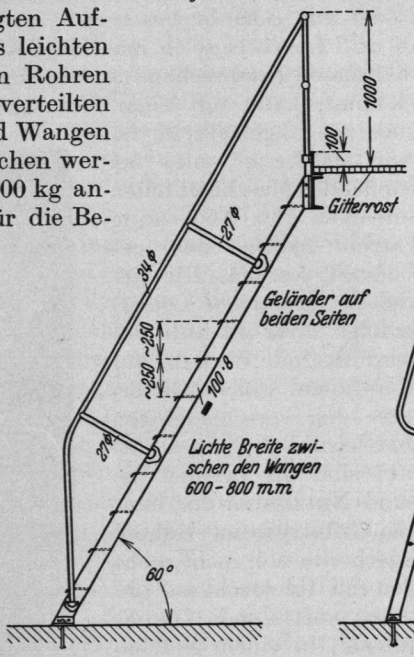


Abb. 184. Aufstieg mit Riffelblechstufen.

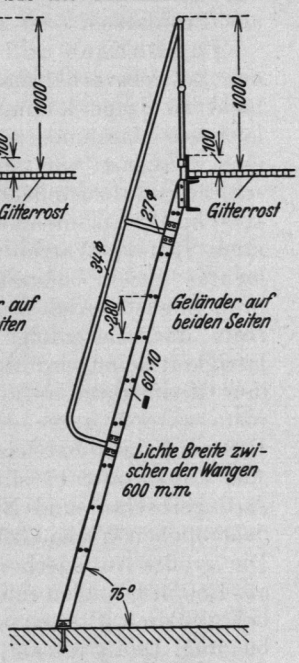


Abb. 185. Aufstieg mit Sprossenstufen.

Von den senkrechten Aufstiegen stellen die Steigeeisen die primitivste Art einer Leiter dar. Abmessungen und Einmauerungsmaße gehen aus Abb. 186 hervor. Die Entfernung der Steigeeisen voneinander soll 300 mm betragen.

Um bei Stockwerksbauten ein Betreten des Daches, z. B. zur Ausführung von Reparaturen, zu ermöglichen, ist zu empfehlen, mindestens in einem Treppenhaus einen festeingebauten, geneigten, von dem letzten Geschoß bis zum Dach führenden Aufstieg vorzusehen. Wenn ein solcher Aufstieg aus irgendeinem Grunde unausführbar oder unerwünscht ist, so bietet die in der Dachdecke des Treppenhauses befindliche Rauchklappe die Möglichkeit, auf das Dach zu gelangen. Bei Hallenbauten ist das Besteigen des Daches in den meisten Fällen nur von außen möglich. In diesem Falle sind an zweckmäßigen Stellen senkrechte eiserne Leitern mit Schutzkorb anzuordnen. Die Holme derartiger Leitern können aus Flacheisen 50×10 mm bestehen. Am besten sind bei höheren Gebäuden Holme aus Winkeleisen zu verwenden. Die lichte Weite zwischen den Holmen muß 400 mm betragen. Der Schutzkorb soll von der Straßenoberkante an in einer größtzulässigen Entfernung von 5 m beginnen. Falls keine besonderen Gründe für die Einhaltung dieses größtzulässigen Maßes sprechen, so

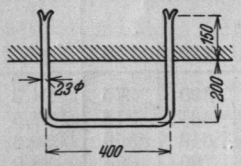


Abb. 186. Steigeisen.

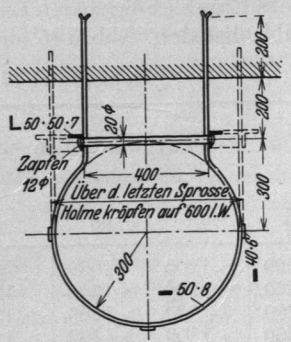


Abb. 187.

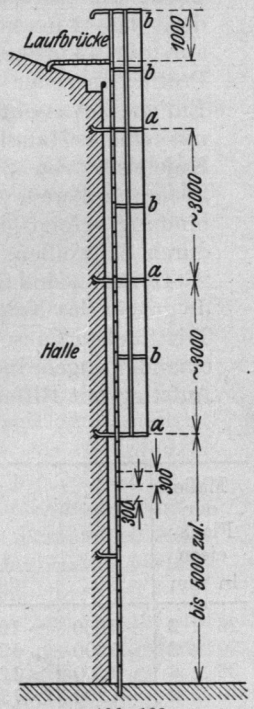


Abb. 188.

Abb. 187 u. 188. Aufstieg zu einem Hallendach.

ist er zur Erhöhung der Sicherheit der das Dach besteigenden Personen bis auf 2,50 bis 3 m von der Straßenoberkante entfernt herabzuführen. Wenn das Bauwerk eine aufgelegte Rinne hat, die mit der Front bündig liegt, so muß der Abstand von der Mitte der Sprossen bis zur

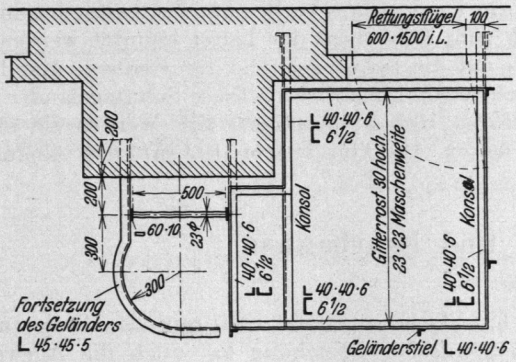


Abb. 189.

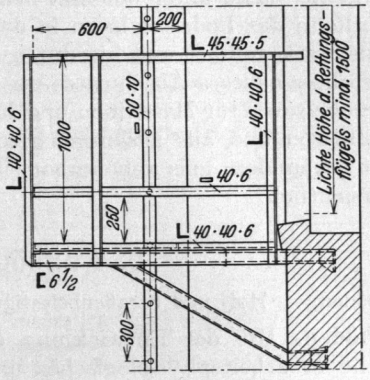


Abb. 190.

Abb. 189 u. 190. Rettungsleiter mit Austrittspodesten an Stockwerksbauten.

Wand 200 mm betragen, im anderen Falle richtet sich die Entfernung nach der Rinne. Die Entfernung der Sprossen voneinander muß 300 mm betragen. Zum Schutz der Rinne beim Auftritt auf das Dach ist eine kurze Laufbrücke aus Flacheisen mit zwischengenieteten Sprossen anzuordnen. Abb. 187 zeigt den Querschnitt einer Leiter und die Einmauerungsmaße, Abb. 188 das Schema der Anordnung eines derartigen Aufstieges.

In gleicher oder ähnlicher Weise können auch die Kranaufstiege ausgeführt werden.

Für senkrechte Leitern an Stockwerksbauten für die Rettung von Menschen sind von der Baupolizei der Stadt Berlin nachstehende Grundsätze aufgestellt worden:

a) Jede Leiter ist dicht neben einer Fensterreihe anzubringen. Die Sprossen müssen gleichlaufend zur Gebäudefront liegen. Mindestabstand von Mitte Sprosse bis zur Gebäudewand 200 mm. Hierbei ist auf die Dachtraufe Rücksicht zu nehmen, falls die Leiter bis zu dieser geführt werden soll.

b) Die Leitern sind herzustellen aus Flacheisenholmen von mindestens 40 × 8 mm und Rundeisensprossen von mindestens 20 mm ∅. Die Holme müssen etwa 500 mm, die Sprossen 300 mm voneinander entfernt sein. Die Holme sind in Abständen von höchstens 2,50 m mittels kräftiger Steinschrauben am Mauerwerk zu befestigen.

c) Die Leiter muß etwa 1,50 m über Terrain beginnen; die oberste Sprosse soll in Höhe der Dachtraufe bzw. Balustrade liegen. Die Holme sind noch 1 m weiter als Geländer zu führen und über dem Dachgesims nach der Dachfläche hin zu neigen.

d) Vor jedem Obergeschoß ist ein eisernes Podest von etwa 1 m Breite so anzubringen, daß es von der Leiter und vom Fenster aus leicht bestiegen werden kann. Es ist an der Längs- und an der einen Schmalseite mit festem Geländer von 1 m Höhe und einer 250 mm über der Trittfläche befindlichen Querstange zu versehen.

e) Die neben den Leitern liegenden Fenster dürfen nicht vergittert oder mit Drahtgewebe verschlossen sein. Sie müssen einen von innen leicht zu öffnenden Flügel haben, der einer erwachsenen Person bequemen Durchgang gestattet. Durch den geöffneten Flügel darf der Zugang zum Podest und zur Leiter nicht behindert sein. Die Unterkante des Flügels muß mit der Fensterbrüstung auf gleicher Höhe liegen.

f) Diese Fenster dürfen nicht verstellt werden und müssen leicht zugänglich sein. Neben oder über ihnen ist groß und deutlich in roter Schrift anzuschreiben „Notleiter".

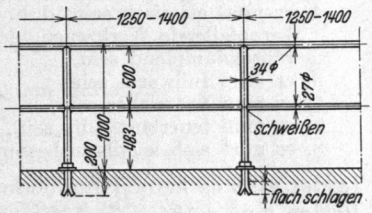


Abb. 191.

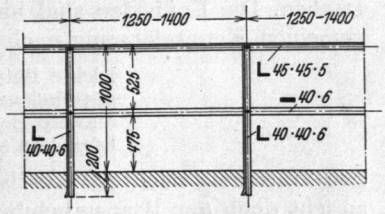


Abb. 192.

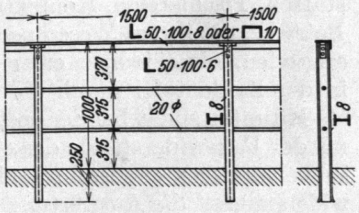


Abb. 193.

Abb. 191 bis 193. Schutzgeländer für Maschinen, Gruben u. Deckendurchbrüche.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß Leitern ohne Podeste weder für die Rettung von Menschen, noch für den Angriff der Feuerwehr viel Wert haben. Ganz zu verwerfen sind Leitern, bei denen die Sprossen nicht parallel, sondern rechtwinklig zur Gebäudefront stehen. Aus den Abb. 189 und 190 sind Anordnung und Ausbildung einer Rettungsleiter und eines Podestes zu er-

sehen. Die Abdeckung kann durch Gitterroste erfolgen, die aber nicht mehr als 23 mm Maschenweite haben dürfen, da bei einer größeren Maschenweite für weibliche Personen die Gefahr besteht, daß sie mit schlanken Absätzen in den Maschen hängen bleiben. Die Rettungsflügel in den Fenstern sind nicht unter 600 mm lichter Breite und 1500 mm lichter Höhe auszuführen. Der Geländerholm des Podestes kann in der Form eines Schutzkorbes um die Leiter herum bis in das Mauerwerk geführt und hierdurch noch zum Befestigen der Leiter benutzt werden.

Im Rahmen dieses Abschnittes sei noch auf die Schutzgeländer für Gruben- und Deckendurchbrüche sowie für Maschinen und Einrichtungen hingewiesen. Diese Schutzgeländer können aus Profileisen und aus zusammengeschweißten Rohren bestehen; teils werden sie mit dem Bau fest verbunden, teils abnehmbar eingerichtet. Aus Abb. 191 bis 193 sind drei Ausführungsarten ersichtlich.

9. Fußböden und Fahrbahnen.

Fußböden. — Hof- und Straßenbefestigungen.

Fußböden. Mit der Entwicklung der Fabrikationstechnik und mit der Steigerung der Ansprüche in arbeitsphysiologischer und hygienischer Beziehung hat auch die Auswahl des Fußbodens immer mehr an Bedeutung gewonnen. Bei der großen Zahl der angebotenen Fußbodenbeläge ist es zur Bildung eines Urteils zunächst notwendig, festzustellen, welchen Ansprüchen ein Fußboden genügen muß. Ein idealer Fußboden müßte alle nachstehend aufgeführten Eigenschaften besitzen:

1. er muß fest sein, d. h. unempfindlich gegen mechanische Einflüsse,
2. er muß eben sein und den Transportfahrzeugen den geringsten Fahrwiderstand bieten,
3. er muß staubfrei sein, d. h. er darf keine wesentlichen Schleifverluste zeigen,
4. er muß elastisch sein, d. h. er darf bei den Arbeitern keine Ermüdungserscheinungen hervorrufen; herabfallende Werkzeuge oder Fabrikate sollen nach Möglichkeit nicht beschädigt werden; er soll geräuschdämpfend sein,
5. er muß fußwarm sein,
6. er muß trittsicher sein,
7. er muß feuerbeständig sein,
8. er muß sich leicht ausbessern lassen.

Leider gibt es keinen Fußboden, der alle diese Eigenschaften besitzt, wohl aber erfüllen viele Beläge den größten Teil dieser Anforderungen.

Aus der Zahlentafel 18 sind die gebräuchlichsten Fußbodenbeläge sowie ihre Gewichte zu ersehen. Die Fußböden sind hierin mangels einer ihrer Eigenart besser gerechtwerdenden, allgemeinen Kennzeichnung nach den Nutzlasten folgendermaßen eingeteilt:

leichte Betriebe	500— 750 kg/m²	Nutzlast
mittelschwere Betriebe	1000—1500 „	„
schwere Betriebe	2000—3000 „	„
besonders schwere Betriebe . . .	über 3000 „	„

Die Einteilung nach der Nutzlast, die vielleicht auf den ersten Blick äußerlich erscheint, entspricht doch der Beanspruchung des Fußbodens im Betrieb wenigstens annähernd, da in Gebäuden mit niedrigen Nutzlasten wohl meist auch feinere Betriebe (z. B. feinmechanische Werkstätten, Tischlereien, Konfektionswerkstätten u. dgl.) untergebracht werden. Ausnahmen bilden Betriebe, die ihrem Wesen nach den Fußbodenbelag chemisch oder physikalisch besonders stark angreifen, ohne jedoch einer höheren Nutzlastkategorie anzugehören. Diese Ausnahmen sind in der Zahlentafel durch die Aufzählung von Sonderausführungen (Pos. 6 bis 11) behandelt.

Mitunter spielt bei der gesteigerten Verwendung von gleislosen Flurfördermitteln die Kenntnis der Fahrwiderstände der einzelnen Fußbodenarten eine Rolle. Miksits hat eingehende Versuche hierüber angestellt und in seiner Doktordissertation „Beitrag zur Kenntnis der Fahrwiderstände“ die Auswertung derselben niedergelegt[1]. Abb. 194 zeigt die Fahrwiderstände verschiedener Fußbodenbeläge bei Verwendung von Elektrokarren.

Um einen Betrieb übersichtlich zu gestalten und die Bewegungsfreiheit über den Maschinen zu erhalten, sollen die Leitungen für die verschiedenen Betriebsmittel zu den Maschinen möglichst im Fußboden verlegt werden. Der Fußbodenbelag selbst darf nicht geschwächt werden, da

[1] Nähere Untersuchungsergebnisse siehe AWF-Merkheft: Fußböden und Fahrbahnen in gewerblichen und industriellen Betrieben, bearbeitet von H. Hellmich, E. Heideck, R. Miksits. Berlin: Beuth-Verlag 1931.

Zahlentafel 18. Fußböden.

Verwendet für	Belag	Gewicht des fertigen Belages in kg/m²
1. Untergeordnete Betriebsräume (Schuppen, Keller)	a) Klinkersteine, flach in Sand verlegt, die Fugen mit Zementmörtel ausgegossen. b) Klinkersteine, hochkant in Sand verlegt, die Fugen mit Zementmörtel ausgegossen. c) Zementestrich i. M. 1 : 2½, 25 mm stark, auf Unterbeton i. M. 1 : 8, 12 cm stark.	
2. Leichte Betriebe: 500—750 kg Nutzlast je m²	a) Zementestrich i. M. 1 : 2½, 30 mm stark	66
	Die Oberfläche behandelt mit	
	Fluaten, zusätzlich	—
	Aufstreuhärtemitteln, zusätzlich	1,0—2,5
	b) Zementestrich mit Härteschicht:	
	Ausgleichschicht i. M. 1 : 3, 15 mm stark, mit Härteschicht, 7 mm stark	49
	c) Hartgesteinplatten aus Beton, 30 mm stark	93
	d) Steinholz, zweischichtig, 20 mm Gesamtstärke	36
	e) Dermas-Belag, Ausführung wie vor	36
	f) Xylolithplatten, 18—20 mm stark	60
	g) Spezialkaltasphaltbelag, 15 mm stark	24
	h) Stampfasphaltplatten, 25 mm stark	82
	i) Imprägnierte, kieferne Stirnholzplatten, 40 mm stark . .	36
3. Mittelschwere Betriebe: 1000 bis 1500 kg Nutzlast je m²	a) Zementestrich mit Härteschicht:	
	Ausgleichschicht i. M. 1 : 3, 20 mm stark, mit Härteschicht, 10 mm stark	66
	b) Hartgesteinplatten aus Beton, 30 mm stark	93
	c) Xylolithplatten, 24—26 mm stark	70
	d) Stampfasphaltplatten, 30 mm stark	93
	e) Imprägnierte, kieferne Stirnholzplatten, 50 mm stark . .	44
	f) Ahornriemen von 23 mm Stärke, auf kiefernem Bohlenbelag von 50 mm Stärke und Lagerbohlen mit Schlackenausfüllung	107
	g) Metallpanzerplatten in Betonbettung	96
4. Schwere Betriebe: 2000 bis 3000 kg Nutzlast je m²	a) Zementestrich mit Härteschicht:	
	Ausgleichschicht i. M. 1 : 3, 20 mm stark, mit Härteschicht, 12 mm stark	70
	b) Hartgesteinplatten aus Beton, 40 mm stark	115
	c) Stampfasphaltplatten, 40 mm stark	115
	d) Imprägnierte, kieferne Stirnholzplatten, 60 mm stark . .	51
	e) Imprägniertes, kiefernes Holzklotzpflaster aus 80 mm hohen Klötzen	66
	f) Metallpanzerplatten in Betonbettung	96
5. Besonders schwere Betriebe: über 3000 kg Nutzlast je m²	a) Zementestrich mit Härteschicht:	
	Ausgleichschicht i. M. 1 : 3, 20—25 mm stark, mit Härteschicht, 15 mm stark	77—88
	b) Hartgesteinplatten aus Beton, 50 mm stark	137
	60 mm stark	159
	(nur in nicht unterkellerten Räumen anzuwenden).	
	c) Imprägniertes Holzklotzpflaster	
	aus 80 mm hohen Klötzen (deutsche Kiefer)	66
	aus 100 mm hohen Klötzen (deutsche Kiefer)	81
	aus 100 mm hohen Klötzen (schwedische Kiefer) . . .	91
	d) Metallpanzerplatten in Betonbettung	96
6. Rauhe Betriebe (Beanspruchung durch Stoß, Schlag, schwere, eisenbereifte Fahrzeuge, strahlende Hitze u. dgl.), wie Hammerschmieden, Kesselschmieden, Hüttenbetriebe, Gießereien usw.	a) Lehm oder Lehm mit Eisenspänen, lagenweise gestampft	
	b) Gußeiserne Platten, 500/500 mm, 20 mm stark	204
	c) Gußeiserne Platten mit Randrippen	185
	d) Gußeiserne Platten nach Abb. 200	152
	e) Metallpanzerplatten in Betonbettung	96
	f) Großsteinpflaster } siehe unter Hof- und Straßenbefestigungen	
	g) Kleinsteinpflaster }	

Zahlentafel 18 (Fortsetzung).

Verwendet für	Belag	Gewicht des fertigen Belages in kg/m²
7. Naß-Betriebe	a) Guß-(Hartguß-)Asphalt, zweischichtig, 30—40 mm Gesamtstärke	42—56
	b) Zementestrich i. M. 1 : 2½, 20 mm stark, auf 40 mm starkem Schutzbeton, darunter zweilagige Asphaltisolierpappe	154
	c) Steinzeugplatten, sonst wie vor	162
	d) Klinkerplatten, 30 mm stark, sonst wie vor	189
	e) Klinkerplatten, 40 mm stark, sonst wie vor (Platten unter c bis e auf dem Schutzbeton engfugig in Zementmörtel verlegt.)	208
	f) Steinzeugplatten, in Gußasphalt verlegt, ohne Isolierung	51
	mit zweilagiger Asphaltisolierpappe	73
	g) Klinkerplatten, 30 mm stark, in Gußasphalt verlegt, ohne Isolierung	78
	mit zweilagiger Asphaltisolierpappe	100
	h) Klinkerplatten, 40 mm stark, in Gußasphalt verlegt, ohne Isolierung	97
	mit zweilagiger Asphaltisolierpappe	119
8. Betriebe, in denen aggressive Stoffe hergestellt bzw. verarbeitet werden	I. Bei Säuren, Laugen, Salzen, deren Gasen und Dämpfen:	
	a) Säurefester Gußasphalt (Trinidadasphalt), zweischichtig, 30—40 mm Gesamtstärke	54—72
	b) Steinzeugplatten, in kalkarmem Zementmörtel i. M. 1 : 3 verlegt, die 8—10 mm breiten Fugen mit Trinidadasphalt ausgegossen	
	ohne Isolierung	57
	mit dreilagiger Asphaltisolierpappe, darüber 40 mm starker Schutzbeton aus kalkarmem Zement	167
	in Trinidadasphalt verlegt wie vor	
	ohne Isolierung	57
	mit dreilagiger Asphaltisolierpappe	79
	c) Klinkerplatten, 30 mm stark, in kalkarmem Zementmörtel verlegt wie vor	
	ohne Isolierung	84
	mit dreilagiger Asphaltisolierpappe, darüber 40 mm starker Schutzbeton aus kalkarmem Zement	194
	in Trinidadasphalt verlegt wie vor	
	ohne Isolierung	84
	mit dreilagiger Asphaltisolierpappe	106
	d) Klinkerplatten, 40 mm stark, in kalkarmem Zementmörtel verlegt wie vor	
	ohne Isolierung	103
	mit dreilagiger Asphaltisolierpappe, darüber 40 mm starker Schutzbeton aus kalkarmem Zement	213
	in Trinidadasphalt verlegt wie vor	
	ohne Isolierung	103
	mit dreilagiger Asphaltisolierpappe	125
	e) Belag nach Abb. 201	
	mit Steinzeugplatten	89
	mit Klinkerplatten, 30 mm stark	116
	mit Klinkerplatten, 40 mm stark	135
	II. Bei Fetten, Ölen, organischen Lösungsmitteln, wie Benzol, Toluol, Xylol, Benzin, Likroin, Chloroform u. a.: Steinzeug- und Klinkerplatten wie bei I. b bis e, an Stelle des Asphaltes jedoch ein fett- und benzolunlösliches Harz.	
9. Kesselhäuser und leichte Ofenbetriebe, wie Härtereien, Glühereien usw.	a) Klinkerplatten, 30 mm stark, engfugig in Zementmörtel i. M. 1 : 3 verlegt, die Fugen eingeschlämmt	84
	b) Klinkerplatten, 40 mm stark, wie vor	103

Zahlentafel 18 (Fortsetzung).

Verwendet für	Belag	Gewicht des fertigen Belages in kg/m²
10. Maschinen-, Apparate- und Schalträume in Kraftanlagen	a) Steinzeugplatten, engfugig in Zementmörtel i. M. 1 : 3 verlegt, die Fugen eingeschlämmt	57
	b) Terrazzo, 20 mm stark	40
	c) Linoleum, 3,6 mm stark	6
	d) Gummi, 5 mm stark	9
	Unterlage aus Zementestrich i. M. 1 : 3, 25 mm stark	55
	Unterlage aus Guß-(Hartguß-)Asphalt, einschichtig, 20 mm stark	28
11. Laboratorien	Je nach der Betriebseigenschaft:	
	a) Beläge wie unter 7. und 8.	
	b) Steinzeugplatten wie unter 10a.	
	c) Steinholz, zweischichtig, 20 mm Gesamtstärke	36
	d) Dermas-Belag, Ausführung wie vor	36
	e) Xylolithplatten, 15—17 mm stark	52
	18—20 mm stark	60
	f) Spezialkaltasphaltbelag, 15 mm stark	24
	g) Linoleum, 3,6 mm stark, gegebenenfalls auf den Belägen unter c bis f oder auf Guß-(Hartguß-)Asphalt, Zementestrich sowie auf besonderer Unterlage verlegt	6
	Unterlage aus Asphalt, einschichtig, 20 mm stark	28
	Unterlage aus Kork-(Lederkork-)Estrich, 20 mm stark	14
	h) Gummi, 5 mm stark	9
	Unterlagen wie bei 10d und 11g.	
12. Feinbetriebe und Büroräume	a) Eichener oder buchener Stabfußboden, 24 mm stark, auf 30 mm starkem Blindboden verlegt, einschl. Lagerbohlen und Schlackenausfüllung	94
	b) Desgl., in Asphalt verlegt	42
	c) Steinholz, zweischichtig, 20 mm Gesamtstärke	36
	d) Dermas-Belag, Ausführung wie vor	36
	e) Xylolithplatten, 15—17 mm stark	52
	18—20 mm stark	60
	f) Linoleum, 3,6 mm stark, gegebenenfalls auf den Belägen unter c bis e oder auf besonderer Unterlage verlegt	6
	Unterlagen wie bei 11g.	
13. Eingänge, Treppenpodeste, Vorflure	a) Zementestrich mit Härteschicht: Ausgleichschicht i. M. 1 : 3, 15 mm stark, mit Härteschicht, 7—10 mm stark	55
	b) Hartgesteinplatten aus Beton, 30 mm stark	93
	c) Xylolithplatten, 18—20 mm stark	60
	d) Stampfasphaltplatten, 25 mm stark	82
	e) Terrazzo, 20 mm stark	40
	f) Steinzeugplatten wie unter 10a	57
	g) Platten aus edlen natürlichen Gesteinen, Stärke etwa 20 mm	67
	h) Linoleum, 3,6 mm stark	6
	Unterlagen wie bei 10c und d und 11g. (Beläge unter g und h kommen nur bei Bürogebäuden in Frage.)	
14. Nebenanlagen, wie Abortanlagen, Wasch- und Garderobeanlagen, Küchenanlagen usw.	a) Terrazzo, 20 mm stark	40
	b) Hartgußasphalt, einschichtig, 20 mm stark	28
	c) Desgl., zweischichtig, 30 mm Gesamtstärke	42
	d) Steinzeugplatten wie unter 10a, gegebenenfalls wie unter 7c und f	57

Bemerkung: 1. Die Gewichte verstehen sich für die fertig verlegten Beläge, also einschließlich Bettung, Klebemasse, Isolierung, Schutzbeton usw. 2. Die Zwischenschicht auf Decken (siehe S. 112) kann wie folgt ausgeführt werden: a) Magerbeton i. M. 1 : 10 bis 1 : 12, 45 mm stark, mit Glattstrich i. M. 1 : 6, 5 mm stark, mit einem Gewicht des fertigen Belages von 100 kg/m²; b) Schlackenbeton i. M. 1 : 5 bis 1 : 6, sonst wie vor, mit Glattstrich aus Kiesbeton wie vor, mit einem Gewicht des fertigen Belages von 74 kg/m².

er sonst an den betreffenden Stellen zuerst der Zerstörung preisgegeben ist. Die Leitungen in die Deckenplatte zu verlegen und die Deckenplatte dadurch zu schwächen, ist aus statischen Gründen unzulässig. Deshalb wird in Stockwerksbauten zwischen Deckenplatte und Fußbodenbelag eine Zwischenschicht aus Schlacken- oder Magerbeton vorgesehen. Eine solche Zwischenschicht, deren Stärke sich nach den voraussichtlich notwendigen Anschlußleitungen richtet (in 5 cm Stärke meist ausreichend), ist bei zahlreichen Stockwerksbauten mit Erfolg angewandt worden. Sie hat außerdem noch den Vorteil, daß sie schallisolierend und bei Hohlsteindecken druckverteilend wirkt (siehe Abb. 195).

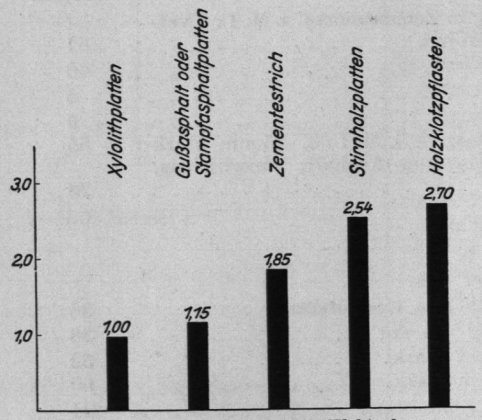


Abb. 194. Fahrwiderstände von Elektrokarren für verschiedene Fußbodenbeläge.

Für die Herstellung bzw. Verlegung jedes Fußbodens ist Voraussetzung, daß die Decke bzw. die Zwischenschicht oder der Unterbeton bei nicht unterkellerten Räumen von Kalk, Staub, Farbe und sonstigen Fremdkörpern sorgfältig gereinigt und entsprechend dem Fußbodenbelag aufbereitet wird. Andernfalls ist eine innige Verbindung in Frage gestellt und somit die Möglichkeit der Zerstörung gegeben. Für Beläge, die aus fabrikmäßig hergestellten Einzelteilen (Platten, Holzklötzen usw.) bestehen, ist der Unterboden sauber und eben abzuziehen. Soll der Fußboden Gefälle erhalten, so ist dieses schon bei der Herstellung des Unterbodens anzulegen.

Die Fußbodenbeläge können unterteilt werden in

1. Betonfußböden,
2. Steinholzfußböden,
3. Asphaltfußböden,
4. Holzfußböden,
5. Eisenfußböden,
6. Fußböden aus keramischen Erzeugnissen,
7. Linoleum- und Gummibeläge.

1. Betonfußböden. Von allen fugenlosen Fußböden finden im Fabrikbau die Betonfußböden die größte Verwendung. Sie haben jedoch den Nachteil, daß sie weder elastisch noch fußwarm sind. Die Ausführung erfolgt als einfacher Zementestrich oder mit Oberflächenhärtung. Der einfache Zementestrich erhält zweckmäßig eine Stärke von 2½ bis 3 cm bei einem Mischungsverhältnis von 1 : 2½. Bei einer fetteren Mischung wird die Oberfläche beim Erhärten leicht rissig. Ein restloses Erhärten findet erst nach etwa vier Wochen statt; während dieser Zeit ist der Fußboden schonend zu behandeln.

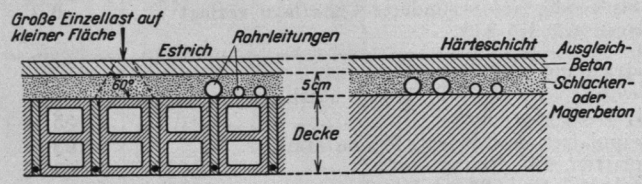


Abb. 195. Tragende Massivdecke mit Zwischenschicht.

Bei allen fugenlosen Betonfußböden, ob ohne oder mit Härteschicht, sind in Abständen von etwa 10 m nach beiden Seiten Dehnungsfugen von 5 bis 10 mm Breite anzulegen, um ein Reißen der Fußbodenfläche zu verhindern. Die Lage richtet sich meist nach der Achsen- bzw. Stützenteilung des Gebäudes. Die Dehnungsfugen werden mit Asphalt oder einer ähnlichen plastischen Masse ausgegossen, manchmal auch mit Fugeneisen eingefaßt.

Trotz bester Ausführung nutzt sich aber ein einfacher Betonfußboden leicht ab und hat mehr oder weniger starke Staubentwicklung zur Folge. Der scharfkantige Staub kann leicht zu unliebsamen Beschädigungen von Maschinenteilen und Fabrikaten führen. Zur Milderung der Schleifverluste werden deshalb die Oberflächen gehärtet und bei denjenigen Verfahren, die mit einer besonders aufzubringenden Härteschicht arbeiten, auch noch widerstandsfähiger gegen mechanische Einflüsse gemacht.

Zur Härtung bestehender, einfacher Betonfußböden gibt es verschiedene chemische Mittel, hauptsächlich Fluate. Die Mittel sind farblos und dringen in die Oberfläche ein, bilden also keinen Überzug. Sollen neuhergestellte Fußböden auf diese Weise gehärtet werden, so müssen sie mindestens 14 Tage alt sein.

Die einfachste Methode zur Härtung neuhergestellter Betonfußböden besteht im Aufstreuen

von Spezialhärtepulvern. Die Pulver werden mittels Sieb gleichmäßig auf den noch frischen Estrich gestreut, verrieben und geglättet. Ein besonders wirkungsvolles Aufstreumittel stellt Siliziumkarbid (Karborundum) dar. Siliziumkarbid besitzt nahezu Diamanthärte.

Die wirksamste Art der Oberflächenhärtung von Betonfußböden ist die Ausführung des Estrichs in zwei Arbeitsgängen, wobei auf eine Ausgleichschicht noch eine Deckschicht aufgebracht wird, die durch bestimmte Zusätze eine besondere Härte erhält. Diese Zusätze können metallischer oder mineralischer Art sein. Betonfußböden mit solchen harten Deckschichten haben sich in Betriebsräumen, in denen große Ansprüche an ihre Widerstandsfähigkeit gestellt werden, gut bewährt. Auch die Schleifverluste sind auf ein Mindestmaß gesunken. Werden jedoch Ausbesserungsarbeiten nicht mit größter Sorgfalt ausgeführt, so treten an den Rändern der ausgebesserten Stellen leicht neue Beschädigungen auf.

Die Härteschichten auf Betonfußböden werden nach verschiedenen Verfahren (Wahl und Zusammensetzung des Härtematerials, Korngrößen usw.) hergestellt. Das älteste auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Verfahren ist dasjenige nach Prof. Kleinlogel; es ist unter dem Namen Stahlbeton bekannt. Die Ausgleichschicht im Mischungsverhältnis 1 : 3 wird in einer Stärke von 15 bis 20 mm, in besonderen Fällen von 25 mm, die Deckschicht in einer Stärke von 5 bis 10 mm, in besonderen Fällen bis 20 mm ausgeführt. Der frische Belag ist vor starker Sonnenbestrahlung, Zugwind und Kälte zu schützen. Er kann nach etwa einer Woche begangen und befahren werden, ist aber, wie der einfache Betonfußboden, in den ersten vier Wochen schonend zu behandeln. Das gleiche gilt auch von den übrigen Betonfußböden mit gehärteter Deckschicht. Vor einer vorzeitigen Benutzung ist zu warnen, da hierin vielfach der Grund baldiger Zerstörung zu suchen ist.

Der Diamantbeton nach Prof. Kleinlogel hat eine noch etwas größere Härte. Infolge anderer Zusammensetzung seiner Hartkornmischung fällt auch die leichte Braunfärbung an der Oberfläche fort.

Bei den übrigen in Deutschland gebräuchlichen Verfahren zur Herstellung harter Deckschichten auf Betonfußböden werden ebenfalls Zusätze teils metallischer, teils mineralischer Art verwandt. Für die Ausführung gelten die vorstehenden Angaben. Diese Verfahren werden mit verschiedenen Namen, wie Duromitbeton, Panzerbeton, Stahlestrich, Durabet, Diademit usw. bezeichnet.

Die verschiedenen Spezialbetonarten und -härtemittel werden auch bei Treppenpodesten und Treppenstufen angewandt.

Mit dem fugenlosen Betonfußboden ist der Terrazzofußboden verwandt. Größere Flächen sind durch senkrecht gestellte Asphaltpapp-, Weichblei- oder Messingstreifen in geeignete Felder zur Vermeidung von Schwind-, Setz- oder Dehnungsrissen einzuteilen. Die fertige Terrazzoschicht soll nicht unter 1,5 cm stark sein. Wenn notwendig, ist ein Ausgleichbeton i. M. 1 : 3 vorzusehen. Eine gute Terrazzomasse muß aus 1 Teil normalbindenden Zementes und 1,5 Teilen Steinkörnung, d. h. Bruchstücken aus edlen Gesteinsarten, wie farbigem Marmor usw., bestehen. Die angesetzte Masse wird aufgewalzt und nach mehrtägigem Erhärten mit einer Spezialmaschine sauber geschliffen. Meistens wird dann später noch ein Feinschliff vorgenommen.

An Stelle der fugenlosen Betonfußböden können auch Beläge aus fabrikmäßig hergestellten Beton- oder Kunststeinplatten (sog. Hartgesteinplatten) Verwendung finden. Alle auf kaltem Wege hergestellten, entweder gegossenen, gestampften, gerüttelten oder gepreßten Platten müssen ein gleichmäßig dichtes, von Hohlräumen freies Gefüge, vollkommen gleichmäßige Abnutzung, scharfe Ecken, gerade, nicht bröckelnde Kanten und gleichmäßige Stärken haben. An ihren Unterflächen soll der Mörtel gut haften. Die Platten sind in verschiedenen Größen und in Stärken von 2 bis 6 cm erhältlich. Als Fußbodenbelag in Stockwerksbauten kommen sie infolge des verhältnismäßig großen Eigengewichtes des fertigen Belages nur bis 4 cm Stärke in Frage. Platten größerer Stärke können in nicht unterkellerten Erdgeschoßräumen Verwendung finden. Mit Rücksicht auf eine gute Verlegung, d. h. eine vollständige Einbettung in das Bindematerial, ist die Plattengröße höchstens 25 × 25 cm zu wählen. Die Verlegung erfolgt engfugig (Fugenbreite höchstens 2 mm) in Zementmörtel i. M. 1 : 3; das Mörtelbett hat eine Stärke von 1 bis 1½ cm. Die Fugen müssen sorgfältig mit Zementbrei ausgegossen werden. Durch strahlende Hitze, z. B. vor Öfen, wird der Belag leicht zerstört.

2. Steinholzfußböden. Eine Abart des Betonfußbodens ist der Steinholzfußboden, der unter verschiedenen Namen, wie Doloment, Kronoment, Kontrasonit, Euböolit, Torgament, Konit, Fama usw., erscheint. Der Baustoff ist eine Verbindung aus gemahlener kaustischer

Magnesia (Magnesit), Chlor-Magnesiumlauge, sowie organischen und anorganischen Füllstoffen, wie Holzmehl, Asbest, Kieselgur, Kork, Kreide, Farbe. Je nach der Wahl und Mischungsart der Bestandteile können verschiedene Grade von Haltbarkeit und Elastizität erzielt werden. Der Steinholzfußboden ist fußwarm und trittsicher, wird aber vielfach nach einer Reihe von Jahren stellenweise rissig und lose. Bei Reparaturen läßt sich an den Rändern nicht immer eine innige Verbindung mit dem alten Belag erzielen. Ungeeignet ist der Steinholzfußboden, wenn er dauernd dem Einfluß von Nässe und Dämpfen ausgesetzt ist. Der Deutsche Normenausschuß hat über diesen Fußbodenbelag die Normblätter DIN 272 und 273 entwickelt. Nach DIN 272 soll die Mindeststärke bei einschichtigem Steinholzfußboden 12 mm und in zweischichtiger Ausführung je 8 mm für die Nutz- und Unterschicht betragen. Besser ist jedoch ein zweischichtiger Belag von 20 mm Gesamtstärke, d. h. je 10 mm für Nutz- und Unterschicht. Eine vorzeitige Benutzung des Fußbodens ist zu vermeiden. Ein Steinholzfußboden muß auch genau nach Vorschrift gepflegt werden, da sonst die Lebensdauer und Haltbarkeit leidet. Wenn die Deckenträger nicht mit genügender Betondeckung versehen sind, müssen die Oberflanschen der Träger mit Drahtgewebe überspannt werden, um Rißbildungen im Steinholz zu vermeiden. Alle mit dem Steinholz in Berührung stehenden Metallteile, wie Träger, Leitungen usw., sind vor der aggressiven Wirkung der Chlor-Magnesiumlauge durch einen sorgfältig ausgeführten Asphaltschutzanstrich zu sichern. Ebenso sind auch die Wände gegen aufsteigende Chlor-Magnesiumlauge zu schützen.

Die seit einiger Zeit auch in Deutschland hergestellten „Dermas"-Beläge haben als Grundstoffe die Rohmaterialien des Steinholzgemisches, jedoch mit einem Zusatz von sog. „Dermas-Brand-Emulsionen" (handelsübliche Bezeichnung für helle und dunkle Asphaltspezialemulsionen). Hierdurch tritt eine Verbesserung der Eigenschaften des Steinholzmörtels ein. Da die Emulsion mit Chlor-Magnesiumlauge mischbar ist, werden die Asphaltteilchen der Emulsion gleichmäßig in dem Steinholzmörtel verteilt, wodurch die Mischung in allen Teilen fettreich wird. Diese Verbesserung verleiht dem fertigen Belag die Vorteile der geringen Wasser- und Ölaufnahmefähigkeit, einer wesentlichen Verringerung der bei dem üblichen Steinholzfußboden häufig zu beobachtenden Schwindneigung und eines größeren Schleifwiderstandes. Der Belag ist fußwarm und trittsicher und braucht nur eine geringe Pflege. Die Herstellung erfolgt in der gleichen Weise wie bei dem üblichen Steinholzfußboden.

Einen Steinholzbelag aus fabrikmäßig hergestellten Teilen stellen die Spezialsteinholzplatten (Xylolithplatten) dar. Diese bestehen aus den gleichen Materialien wie der fugenlose Steinholzbelag, werden aber unter einem Druck von 400 at hydraulisch gepreßt. Durch ein besonderes Verfahren wird dann die Chlor-Magnesiumlauge entzogen. Die gepreßten Platten werden auf Spezialschneide- und Schleifmaschinen rechteckig und scharfkantig bearbeitet, und zwar auf die Größen 160 × 160 und 195 × 195 mm. Die Stärken sind 12 bis 14, 15 bis 17, 18 bis 20 und 24 bis 26 mm. Die Platten besitzen einen erheblich höheren Grad von Festigkeit als der gewöhnliche Steinholzfußboden, wobei ihre Elastizität nicht geringer ist. Sie sind ebenfalls fußwarm und trittsicher. Infolge der maschinellen Bearbeitung können die Stoßfugen dicht geschlossen werden. Die Platten werden in Magnesiamörtel eingebettet; das Mörtelbett hat eine Stärke von etwa 10 mm.

3. Asphaltfußböden. Die Güte der in der Natur vorkommenden Asphalte und Asphaltgesteine richtet sich nach dem Gehalt an Bitumen. Man spricht deshalb auch von einem mehr oder weniger bituminösen Asphalt.

Als Fußbodenbelag in Fabrikanlagen kommen nur Gußasphalt und Stampfasphaltplatten in Betracht. Stampfasphalt in fugenloser Ausführung findet keine Verwendung.

Gußasphalt besteht aus einem Gemisch von gemahlenem Asphaltkalkstein oder gewöhnlichem Kalkstein mit Asphalt unter Zusatz von Kiessand und hat den Vorzug, daß er wenige Stunden nach Fertigstellung erhärtet und benutzbar ist; ferner ist er elastisch und angenehm zu begehen, hat aber den großen Nachteil, daß bei steigender Lufttemperatur eine immer größer werdende Erweichung eintritt. Bei über 35° C hinterlassen die auf ihm stehenden Gegenstände bleibende Eindrücke. Durch den sogenannten Hartgußasphalt kann dieser Übelstand wesentlich gemildert werden. An Stelle des Kiessandes tritt dann Gesteinsgrus von Grauwacke, Basalt, Granit, Grünstein usw. Die Härte richtet sich nach der Menge des Zusatzes und kann so gesteigert werden, daß die angedeutete Erweichung erst bei einer Lufttemperatur von etwa 70° C eintritt. Guß- und Hartgußasphalt sind ebenso wie Stampfasphalt bzw. Stampfasphaltplatten nicht öl-, säure- und laugenbeständig. Die Ausführung erfolgt bis 2½ cm Stärke einschichtig, darüber bis 4 cm Gesamtstärke zweischichtig. Ein zweischichtiger Belag garantiert Wasserundurchlässigkeit.

Säurefester Gußasphalt besteht aus einem Gemisch von einem in Säuren unlöslichen Steinmehl (an Stelle des kohlensauren Kalkes bei gewöhnlichem Gußasphalt oder Hartgußasphalt) mit Trinidadasphalt, einer auf der Insel Trinidad gewonnenen, hierzu besonders geeigneten Asphaltart, unter Zusatz von Kiessand bei geringerer und Gesteinsgrus bei größerer Härte. Kiessand oder Grus sollen zur Ausfüllung der Hohlräume stets von möglichst verschiedener Körnung sein, und zwar nicht unter 0,6 und nicht über 7 mm. Die Ausführung erfolgt in zwei Lagen von zusammen 3 bis 4 cm Stärke. Die erste Lage ist mit geringerer, die zweite Lage mit größerer Härte herzustellen. Besondere Sorgfalt ist auf die Ausführung der Wandanschlüsse und auf die Eindichtung von Abflußrohren zu legen. Ein erhöhter Schutz der Baukonstruktionen kann noch durch eine vorher verlegte zwei- oder dreilagige Asphaltpappisolierung herbeigeführt werden.

Stampfasphaltplatten haben den Vorzug relativer Billigkeit, sind verhältnismäßig elastisch, fußwarm, trittsicher und staubbindend; heißes Wasser und heißer Leim wirken zerstörend. Das Material besteht aus dem in Deutschland vorkommenden Asphaltrohstein, einem bituminösen Kalkstein, der bis zur Körnung des Mörtelsandes gebrochen bzw. gemahlen wird. Dieses Asphaltmehl erhält dann noch einen Zusatz von Trinidadasphalt, gemischt mit Paraffinöl oder mit einem asphaltischen Erweiterungsmittel. Die Platten werden in eisernen Formen unter einem Druck von 250 at hydraulisch gepreßt und haben bei rechteckiger und scharfkantiger Ausführung eine Größe von 25 × 25 cm bei 2½, 3 und 4 cm Stärke. Die Verlegung erfolgt engfugig in Zementmörtel i. M. 1 : 3; das Mörtelbett hat eine Stärke von 1 bis 1½ cm. Entweder werden die Kanten vorher mit heißer Asphaltmasse bestrichen oder die Fugen werden nachher mit einer Zementmischung ausgefegt.

4. Holzfußböden. Einen fast idealen Fußboden, der sich für den größten Teil aller Fabrikationsstätten, sowohl für leichte als auch für schwerste Betriebe, besonders für schwerste Metallbearbeitungsbetriebe, eignet, stellen die Hirnholzbeläge dar. Ein solcher Fußboden ist verhältnismäßig teuer, macht sich aber im Laufe der Zeit durch seine unbegrenzte Haltbarkeit bezahlt. Hirnholzbeläge liegen immer besser, je mehr sie benutzt werden; sie verfilzen mit der Zeit an der Oberfläche und bilden so einen außerordentlich widerstandsfähigen, staubfreien, ebenen, elastischen, fußwarmen und trittsicheren Fußboden, der auch leicht ausgebessert werden kann. Die Verlegung der einzelnen Klötze erfolgt mit der Hirnseite nach oben und meistens quer zur Längsachse des Gebäudes.

Der Hirnholzbelag besteht aus im Querschnitt erzeugten Klötzen von verschiedener Höhe. Die geeignetste Holzart ist die engringige, kienreiche, langfaserige Kiefer, die langsam und gleichmäßig auf magerem Sand- oder Felsenboden gewachsen ist. Bäume, die auf gutem, fettem oder nassem Boden gewachsen sind, haben weite und weiche Jahresringe; das Holz arbeitet sehr stark, d. h. es quillt und schwindet heftig. Nach Möglichkeit sollen die zusammenhängenden Flächen eines Fußbodenbelages nur aus gleich altem und auf gleichem Boden gewachsenem Material bestehen. Bei einem guten Hirnholzbelag sollen nur Klötze Verwendung finden, die aus Stammblöcken mit über 32 cm Zopf, ohne Rinde gemessen, geschnitten werden, da bei diesen Stärken mindestens ¾ Kern und nur ¼ Splint sind, der beim scharfkantigen Besäumen meistens noch fortfällt. Bei mittelstarken Stämmen mit mindestens 23 cm Zopf sind die Klötze halb Kern, halb Splint und können allenfalls noch als Fußbodenbelag benutzt werden. Zu verwerfen sind Klötze, die aus schwachen Rundhölzern mit ⅓ Kern und ⅔ Splint eingeschnitten werden. Bei diesen Klötzen wird stets der sogenannte Herzriß eintreten; die Haltbarkeit ist daher nur sehr gering.

Den an der Luft getrockneten Bohlen wird in Trockenkammern vor der weiteren Verarbeitung der Wassergehalt entzogen. Dann werden die Bohlen auf gleiche Stärke gehobelt und hierauf die Klötze eingeschnitten. Nach erfolgtem Einschnitt werden die Klötze entweder getaucht oder unter Vakuum und Druck imprägniert. In beiden Fällen wird reines Steinkohlenteeröl benutzt. Bei der Behandlung unter Vakuum und Druck soll die Teerölaufnahme durchschnittlich 80 bis 90 kg/m³ betragen. Die Imprägnierung geht etwa 2 bis 2½ cm tief. Ein größeres Eindringen ist nicht möglich und unnötig, da die zerstörenden Einflüsse von außen kommen und dieser Schutz genügt.

Für Fabrikfußböden kommen 4 bis 10 cm hohe Holzklötze in Frage; die den einzelnen Betriebsarten entsprechenden Stärken gehen aus Zahlentafel 18 hervor. Die Klötze von 4 bis 6 cm Höhe, die als sogenannte „Stirnholzplatten" (Spezialausführung) im Handel sind, werden fabrikmäßig durch Wellklammern oder durch eine Spezialklebemasse miteinander zu Platten vereinigt,

deren Verlegung dann außerordentlich schnell geht. An Ort und Stelle werden die Randklötze der einzelnen Platten ebenfalls miteinander verbunden. Die Klötze sind etwa 6 cm breit und 16½ cm lang. Die Platten haben eine Breite von etwa 32 cm und eine Länge von 50 oder 100 cm und werden unter Verwendung einer Spezialklebemasse verlegt. Der Belag ist als fastfugenlos anzusprechen. Die Stirnholzplatten und ihre Verlegung gehen aus Abb. 196 und 197 hervor. Die 8 und 10 cm hohen Klötze haben eine Breite von 8 cm und eine Länge von 12 bis 25 cm. Die Verlegung erfolgt einzeln, indem die Klötze zur Hälfte in heißes Bitumen getaucht und in regelrechtem Verband engfugig aneinandergereiht werden. Die entstehenden kleinen Fugen werden dann mit geglühtem Sand ausgefegt. Aus Abb. 198 ist ein fertiger Fußboden aus Holzklotzpflaster ersichtlich. Für jede Art von Hirnholzbelag muß der Unterboden eine vollkommen ebene, glattgeriebene Oberfläche erhalten, da die Verlegung ohne eine ausgleichende Zwischenlage erfolgt. Die Holzpflasterklötze von 8 bis 10 cm Stärke haben noch den Vorteil, daß in der Verlegungsrichtung Rohrleitungen in dem Belag untergebracht werden können. Die Klötze werden dann an diesen Stellen in geringerer Stärke verlegt. Zweckmäßig soll aber die verbleibende Stärke nicht kleiner sein als 4 cm.

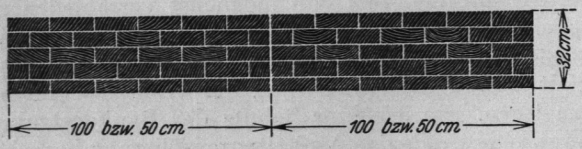


Abb. 196.

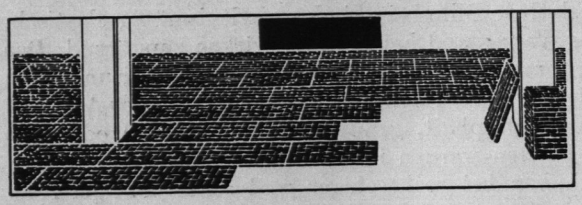


Abb. 197.

Abb. 196 u. 197. Stirnholzplatten; oben Ausführung, darunter Verlegung der Platten.

Ein guter Fußboden für leichte Betriebe, in denen besonderer Wert auf Sauberkeit gelegt wird, z. B. feinmechanische Werkstätten, und vor allen Dingen für Büroräume ist der eichene oder buchene Stabfußboden in Asphalt verlegt. Bedingung ist, daß der Fußboden trocken bleibt. Die gänzlich ast-, riß- und splintfreien Stäbe müssen 24 mm stark sein; sie sollen in 6 bis 9 cm Breite und in 40 bis 50 cm Länge gewählt werden und mit allseitigen schwalbenschwanzförmigen Nuten versehen sein. Eine größere Breite als 9 cm ist nicht zu empfehlen, da sich die Stäbe infolge der Wärme des Asphalts beim Verlegen leicht rund ziehen. Die Stäbe werden derart in eine etwa 1½ cm starke Asphaltschicht gedrückt, daß sich die schwalbenschwanzförmigen Nuten mit Asphalt füllen und hierdurch Tragrippen entstehen. Die Verlegung erfolgt entweder als Fischgrätenmuster oder in versetzten Reihen quer zur Längsachse des Gebäudes.



Abb. 198. Fußboden aus Holzklopfpflaster.

Ein sehr guter Holzfußboden, der auch für mittelschwere Betriebe geeignet ist, ist aus Abb. 199 ersichtlich. Hier sind Ahornriemen auf einem kiefernen Bohlenbelag, der auf Lagerbohlen ruht, verlegt. Zwischen die Lagerbohlen wird Schlackenschüttung gebracht. An Stelle des Ahorns kann auch die heimische Buche benutzt werden. Buche ist zwar nicht so hochwertig wie Ahorn, hat aber den Vorzug der Billigkeit.

5. Eisenfußböden. In rauhen Betrieben sowie bei Beanspruchung durch Stoß, Schlag, strahlende Hitze und besonders durch schwere eisenbereifte Fahrzeuge bietet nur ein eiserner Fußboden einen wirksamen Schutz gegen die Zerstörung der Oberfläche. Vielfach werden einfach 20 mm starke, gußeiserne, an der Oberfläche geriffelte Platten in Zementmörtel verlegt. Da aber derartige Platten, besonders wenn sie größere Abmessungen haben, durch das Fehlen von Versteifungsrippen beim Gießen leicht windschief werden, so besteht die Gefahr, daß sie sich nach kurzer Benutzungszeit lockern, durch die fortgesetzten Bewegungen den Unterbeton zermürben und unter Umständen brechen. Außerdem sind die Platten unnötig schwer und deshalb nur für nicht unterkellerte Räume geeignet. Eine gesetzlich geschützte Fußbodenplatte in Sondergußeisen, die sogenannte „Mammutplatte", geht aus Abb. 200 hervor. Infolge des geringeren Gewichtes eignet sie sich auch zur Verlegung in Stockwerksbauten. Das Material der Platte bietet Obst-, Milch- und ähnlichen Säuren erheblichen Widerstand. Die Fugen zwischen den verlegten Platten werden glatt gestrichen oder im Bedarfsfalle ausgekratzt und mit einem säurefesten Kitt gedichtet.

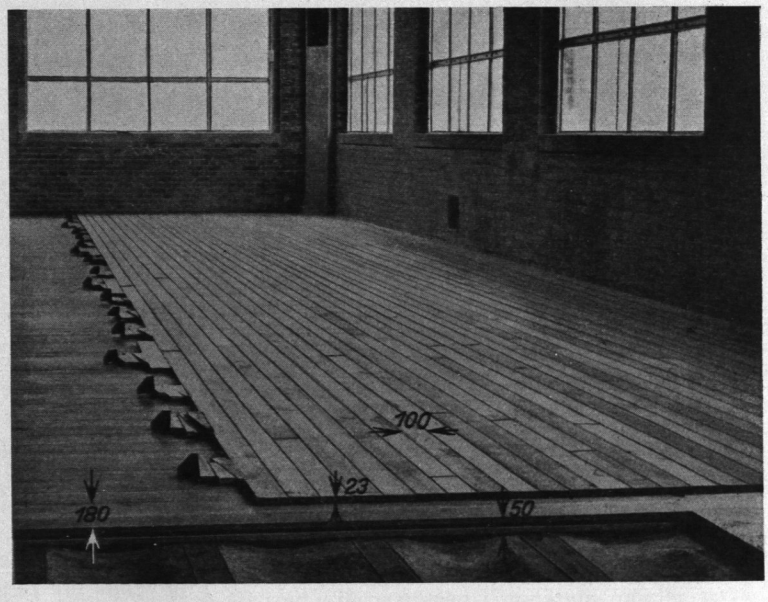


Abb. 199. Fußboden aus Ahornriemen.

Zum Panzern von Betonfußböden werden mit Erfolg die gesetzlich geschützten, sogenannten Metallpanzerplatten angewandt. Diese bestehen aus Stahlblech von 3 mm Stärke und haben eine Größe von $30 \times 30 \times 2\frac{1}{2}$ cm. In der Lauffläche und in den umgebördelten Seitenwänden sind Zungen eingestanzt und nach innen gebogen. Hierdurch wird eine innige Verbindung der Platte mit dem Betonboden herbeigeführt.



6. Fußböden aus keramischen Erzeugnissen. Schon bei der Planung des Bauwerkes ist festzulegen, welche Bauteile eines Schutzes gegen aggressive Stoffe bedürfen. In der Praxis hat sich gezeigt, daß Undichtigkeiten des Fußbodens und der Isolierschichten nicht immer auf das Versagen derselben zurückzuführen sind. Vielmehr werden die Schutzausführungen bei technisch nicht einwandfreier Herstellung der Rohbauwerke Beanspruchungen ausgesetzt, denen sie ihrer Natur nach nicht standhalten können.

Der Unterbeton oder der Abgleichbeton auf Massivdecken muß eine sorgfältige Behandlung erfahren. Das Aufbringen dünner Ausgleichschichten ist zu vermeiden, da sich solche dünnen Aufträge häufig nicht mit dem Unterbeton verbinden und eine Gefahr für die etwa vorzusehenden Dichtungen darstellen.

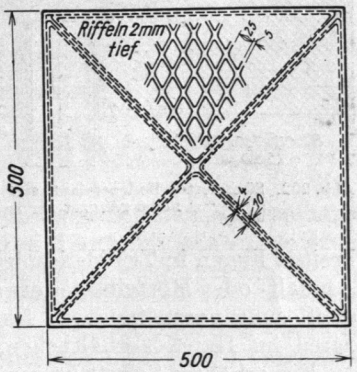


Abb. 200. Fußbodenplatte in Sondergußeisen, sog. Mammutplatte.

Wenn Böden, die schon mit Säuren oder Salzen durchtränkt sind, nachträglich geschützt werden sollen, so ist besonders aufmerksame Behandlung notwendig. Soweit der Beton mürbe oder bröckelig ist, ist er bis zum gesunden Beton zu entfernen. Von aggressiven Stoffen durchtränkter Beton, der aber noch gesund und fest ist, kann unter Umständen erhalten bleiben,

wenn er mehrmals mit heißer Natronlauge neutralisiert und mit kaltem Wasser des öfteren abgespritzt wird. Größte Vorsicht ist am Platze, wenn es sich um Salze handelt, die im Beton Sprengwirkungen verursachen können. In diesem Falle muß der durchseuchte Beton restlos erneuert werden, da die Salze unter der Isolierung weitertreiben und den Schutz abdrücken.

Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Wege, Fußböden aus Zementbeton vor der Einwirkung von Säuren, Laugen oder Salzlösungen zu schützen. Der eine Weg, den man als den chemischen bezeichnen kann, besteht darin, den freien Kalk des Betons in säureunlösliche oder sonstwie unangreifbare Verbindungen umzuwandeln, bevor der Fußboden seiner Bestimmung übergeben wird. Der andere Weg, den man als den physikalischen bezeichnen kann, sieht einen Schutz des Betons durch Abschluß vor den aggressiven Stoffen vor. In der Praxis hat sich der zweite Weg als der gangbarere und erfolgreichere erwiesen.

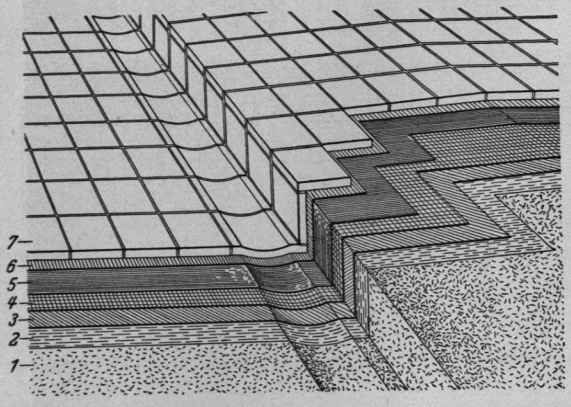


Abb. 201. Säurefester Spezialfußboden.

1 Unterbeton oder Decke, *2* Imprägnierlösung, *3* Klebemasse, *4* Gewebe, *5* Asphaltschicht, *6* Masse zum Verlegen des Plattenbelages, *7* Plattenbelag.

Die Mittel zur Erzielung eines Abschlusses sind nach Lage des Falles verschieden. Die einfachste Art stellt ein Belag aus säurefestem Gußasphalt (Trinidadasphalt), wie er bei den Asphaltfußböden beschrieben ist, dar.

Die hauptsächlichste Verwendung finden im Fabrikbau aber gesinterte Klinker- und Steinzeugplatten, und zwar bei der Herstellung von Fußböden für Betriebe, in denen mit Säuren, Laugen, Salzen, deren Gasen und Dämpfen, sowie mit Ölen und Fetten gearbeitet wird und in Fabriken, wo derartige aggressive Stoffe hergestellt werden. Die Anwendungsgebiete solcher Fußböden sind außerordentlich zahlreich. Es seien nur die chemische Industrie, Metallbearbeitungsbetriebe (Brennen, Galvanisieranlagen), die Nahrungsmittelindustrie, wie Molkereien, Konservenfabriken, Fischpackhallen der Hochseefischereibetriebe, ferner Färbereien, Bleichereien, Gerbereien, die Seifenindustrie, die Sulfitzellstoffindustrie, die Düngemittelindustrie, die Kaliindustrie, die Sprengstoffindustrie und Akkumulatorenräume in fast allen Betrieben, genannt.

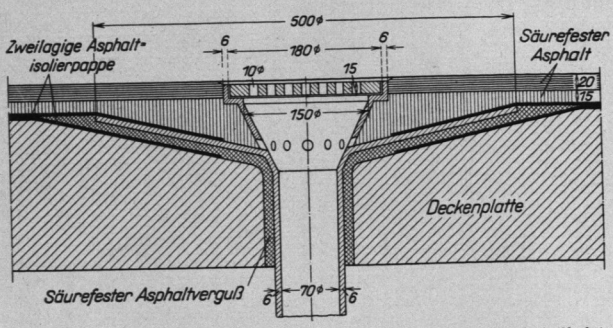


Abb. 202. Säurefester Bodeneinlauf aus Blei; dieser Werkstoff ist nicht geeignet für Salpetersäure.

Die besonders bevorzugten Klinkerplatten haben eine Größe von $25 \times 12 \times 4$ und $20 \times 10 \times 3$ cm. Die Steinzeugplatten werden in vier-, sechs- und achteckiger Form und in verschiedenen Größen hergestellt.

Bei den Klinkerplatten ist darauf zu achten, daß sie keine Haarrisse aufweisen. Die Verlegung sowohl der Klinkerplatten als auch der Steinzeugplatten, meist in viereckiger Form, erfolgt mit 8 bis 10 mm breiten Fugen in Trinidadasphalt oder in einem kalkarmen Zementmörtel i. M. 1 : 3. Stärke des Asphalt- oder Mörtelbettes etwa 1,5 cm. Vor dem Verlegen sind die Kanten mit Schwefelkohlenstofflösung vorzustreichen. Die Fugen werden mit heißem säurefesten Asphalt oder einer anderen im Handel erhältlichen, plastischen und säurefesten Masse ausgegossen.

Ein erhöhter Schutz ist gegeben, wenn außer den angeführten Belägen eine zwei-, noch besser eine dreilagige Dichtung aus Asphaltisolierpappe vorgesehen wird. An den Wänden, Stützen oder Pfeilern ist die Dichtung gut hochzuführen. Werden die Platten in kalkarmem Zementmörtel verlegt, so ist vorher ein Schutzbeton aus dem gleichen Material, 4 cm stark, aufzubringen.

Ein besonderes Verfahren, das den wirksamsten Schutz der Baukonstruktionen auch in schwierigen Fällen, in denen der Fußboden dauernd einer starken Beanspruchung durch Säuren

ausgesetzt ist, gewährleistet, ist von der Firma Keramchemie-Berggarten G. m. b. H. in Siershahn im Westerwald entwickelt worden. Der Unterbeton wird mit einer Imprägnierlösung, die den Asphalt gelöst enthält, getränkt. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels, also nach dem Trocknen des Anstriches wird der Boden mit einer oder mehreren Lagen eines reißfesten Gewebes beklebt. Die Klebemasse wird heiß aufgetragen und das Gewebe in die heiße, flüssige Masse eingerollt. Die Verwendung des Gewebes ist als außerordentlich nützlich zu bezeichnen; in vielen Fällen ist es unumgänglich, besonders bei größeren zusammenhängenden Flächen, wo der Unterbeton durch Wärmeeinwirkungen andere Veränderungen erleiden kann wie die Schutzschichten. Auf das Gewebe wird nun eine dünne Trinidadasphaltschicht heiß aufgetragen und mit Hilfe von Kelle und Lötlampe glattgezogen. Es entsteht dadurch schon ein fugenloser, säurefester Belag mit der nötigen Elastizität, Dehnungen mitzumachen und Spannungen aufzunehmen, ohne rissig zu werden. Als Schutz dieser Asphaltschicht wird zuletzt eine Lage verschleißfester, säurebeständiger Klinker oder Platten verlegt; die Fugen werden mit heißer Asphaltmasse ausgegossen. Abb. 201 stellt einen solchen Fußboden dar.

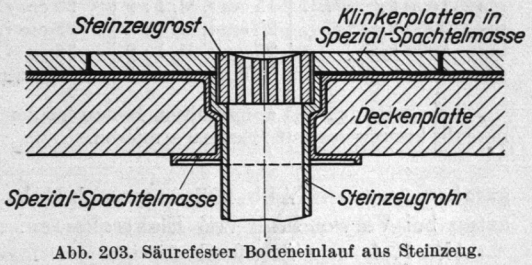


Abb. 203. Säurefester Bodeneinlauf aus Steinzeug.

Naturgemäß sind die beschriebenen Methoden nicht überall anwendbar, da Asphalte in Fetten, Ölen, organischen Lösungsmitteln, wie Benzol, Toluol, Xylol, Benzin, Likroin, Chloroform u. a., löslich sind. Man kann in solchen Fällen den Beton nicht durch Asphalt vor dem Angriff derartiger Stoffe schützen. Vielmehr wird dann eine Klinker- oder Plattenlage auf einer Schicht eines fett- und benzolunlöslichen Harzes verlegt. Das Fugenmaterial muß ebenfalls so gewählt werden, daß ein Angriff durch die in Betracht kommenden Stoffe ausgeschlossen ist. Es ist wichtig, daß in jedem Falle die Zusammensetzung des aggressiven Stoffes, die Temperaturverhältnisse, die mechanischen Beanspruchungen und alle weiteren Umstände möglichst weitgehend von Anfang an bekannt sind, um das geeignete Material feststellen zu können.

Von besonderer Wichtigkeit ist auch die Eindichtung von Abflußleitungen in den Fußbodenbelag. Aus den Abb. 202 bis 204 gehen einige Ausführungsformen hervor.

Ergänzend sei noch gesagt, daß Steinzeugplatten in normaler Verlegung im Fabrikbau als Fußbodenbelag von Abortanlagen, Waschanlagen, Küchen und Speiseräumen und gelegentlich auch als Belag von Treppenpodesten und Vorfluren in Frage kommen. Eine größere Verwendung finden Steinzeugplatten auch in Maschinen- und Apparateräumen von Kraftanlagen.

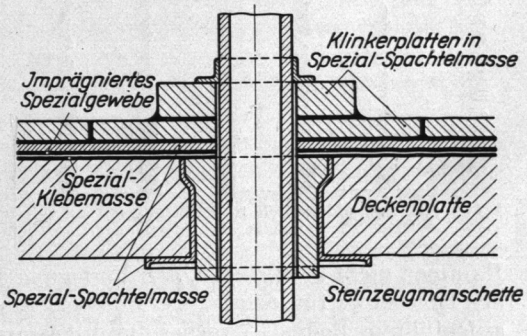


Abb. 204. Durchführung eines Rohres durch eine säurefest abgeschlossene Decke.

7. Linoleum- und Gummibeläge. Im allgemeinen bleibt die Verwendung des Linoleums nur auf Büroräume beschränkt. Nur in besonderen Fällen kommt es auch in Werkstätten zur Anwendung, z. B. in einzelnen Laboratorien, in Räumen, in denen Messungen vorgenommen werden und peinlichste Sauberkeit herrschen muß u. dgl. Die Breite der Bahnen beträgt 2 m, die Stärken sind verschieden. Für die angedeuteten Verwendungszwecke kann Linoleum von 3,6 mm Stärke gewählt werden. Die Verlegung kann auf Beton, Steinholz, Asphalt erfolgen. Bei Verwaltungsgebäuden und Bürohäusern wird zweckmäßig von vornherein eine besondere Unterlage, z. B. Lederkorkestrich, vorgesehen.

Ein ähnlich verwendbarer Belag wie Linoleum ist Gummi, der sich in der Hauptsache für Büroräume eignet. Über diesen Verwendungszweck hinaus stellt er im Fabrik- und Industriebau infolge seiner isolierenden Wirkung einen ausgezeichneten Fußbodenbelag für elektrische Laboratorien, Schaltwarten u. dgl. dar. Gummi ist wesentlich teuerer als Linoleum, dafür aber von einer fast unbegrenzten Haltbarkeit. Die Normalstärke beträgt 5 mm. Die Verlegung erfolgt mittels einer Spezialklebemasse auf Zementestrich oder Guß-(Hartguß-)Asphalt.

Unterbeton. Über Ausführung und Stärke des Unterbetons der Fußböden in nicht unterkellerten Räumen gibt Zahlentafel 19 (S. 120) Auskunft.

Hof- und Straßenbefestigungen. Die Art der Hof- und Straßenbefestigungen ist bei neuzeitlichen Fabrikanlagen nicht mehr allein von dem zu erwartenden Lastfuhrwerksverkehr, sondern in weit höherem Maße von der heute weitverbreiteten gleislosen Flurförderung innerhalb des Werkes abhängig. Die Befestigungen müssen daher so gewählt werden, daß sie nicht nur den Beanspruchungen des Fuhrwerksverkehrs standhalten, sondern auch den gleislosen Fördermitteln den geringsten Fahrwiderstand bieten. Eine unebene Fahrbahn, ein schlechtes Pflaster bedingen einen unnötig hohen Fahrwiderstand infolge der durch die Unebenheiten zu leistenden Hubarbeit und durch die Stoßverluste, abgesehen davon, daß die zu bewegenden Güter evtl. gefährdet werden. Abb. 205 zeigt nach Miksits die Fahrwiderstände verschiedener Befestigungsarten bei Verwendung von Elektrokarren.

Zahlentafel 19. Unterbeton.

Nutzlast/m²	bei gewachsenem Boden	bei aufgefülltem Boden
bis 1500 kg . . .	15 cm i. M. 1 : 8	20 cm i. M. 1 : 6 bis 1 : 8
bis 3000 kg . . .	20 cm i. M. 1 : 8	25 cm i. M. 1 : 6 bis 1 : 8
bis 5000 kg . . .	25 cm i. M. 1 : 8	35 cm i. M. 1 : 6 bis 1 : 8
über 5000 kg . . .	30 cm i. M. 1 : 8	nach näheren Überlegungen

Bemerkung: Bei aufgefülltem Boden ist der Unterbeton gegebenenfalls kreuzweise mit Eisen zu armieren.

Alle Hof- und Straßenbefestigungen lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen:

1. Befestigungen aus natürlichen Steinen,
2. Befestigungen aus Kunstprodukten.

1. Befestigungen aus natürlichen Steinen. Als Material kommen die verschiedenen Sorten des Basalts, Granits und Porphyrs in Frage, die als harte Gesteine gelten. Daneben werden aber auch Grünstein, Grauwacke, Melaphyr usw. benutzt, die zwar nicht die Härte der erstgenannten Materialien besitzen, aber immer noch brauchbare Pflastersteine abgeben. Nach der Steingröße werden unterschieden:

a) Mosaikpflaster,
b) Kleinsteinpflaster,
c) Großsteinpflaster.

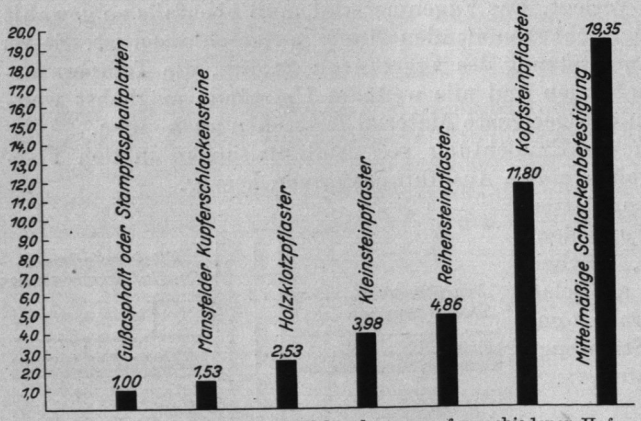


Abb. 205. Fahrwiderstände für Elektrokarren auf verschiedenen Hof- und Straßenbefestigungen.

In manchen Gegenden werden noch Pflastersteine verwandt, deren Abmessungen zwischen denjenigen des Kleinsteinpflasters und des Großsteinpflasters liegen. Die für das gleiche Pflaster zu verwendenden Steine sollen gleichmäßig hart und frostbeständig sein, dürfen keine Einsprengungen aufweisen und beim Rammen nicht zerspringen. Bei Verlegung auf Kiesbettung versteht sich die angegebene Stärke des Kiesbettes für das fertige Pflaster. Der Untergrund für jedes Pflaster ist — besonders bei aufgefülltem Boden — vorher durch Stampfen oder Walzen, gegebenenfalls unter fortgesetztem Nässen gut zu befestigen, damit spätere Setzungen vermieden werden.

Mosaikpflaster kommt nur als Befestigung von Gehsteigen in Frage. Die Kantenlänge der einzelnen Steine beträgt 3 bis 7 cm. Steine in einer Schlagung von 5 bis 7 cm stellen ein gutes Pflaster dar. Das Pflaster erhält entweder eine 10 cm starke Kiessandbettung, oder es wird in einer 8 cm starken, trockenen Zementmischung 1 : 8 versetzt und nach dem Rammen mit einer Zementmischung 1 : 3 eingeschlämmt.

Die Kleinpflastersteine sind in Kantenlängen von 7 bis 12 cm erhältlich. Eine ausgezeichnete Hof- und Straßenbefestigung für Fabrikanlagen ergeben Kleinpflastersteine von 8 bis 10 cm Kantenlänge, wenn sie auf einem vorher hergestellten Unterbeton versetzt werden. Für leichteren Fuhrwerksverkehr, d. h. für Lastkraftwagen bis 3 t Ladegewicht oder entsprechendes Pferdefuhrwerk, genügt es, den Unterbeton 15 cm stark im Mischungsverhältnis 1 : 8 herzustellen. Bei schwererem Lastfuhrwerksverkehr ist die Stärke mit 20 cm zu wählen. Auf den Unterbeton wird eine trockene Zementmischung 1 : 8 aufgebracht, in der die Steine versetzt werden. Nach erfolgtem Abrammen wird das Pflaster mit einer Zementmischung 1 : 3 eingeschlämmt. Klein-

steinpflaster wird in sehr vielen industriellen Großbetrieben ausschließlich als Hof- und Straßenbefestigung benutzt, sofern es sich um Fahrwege handelt. Bei aufgefülltem Boden ist der Unterbeton in jedem Falle etwas stärker auszuführen und gegebenenfalls mit Eisen zu armieren.

Das Großsteinpflaster kann aus würfelförmig oder rechteckig bearbeiteten Steinen oder aus vielseitigen (ungleichmäßig behauenen) Kopfsteinen bestehen. Die würfelförmig bearbeiteten Steine haben meist 25 cm Kantenlänge. Die rechteckig bearbeiteten Steine, auch Reihensteine genannt, haben eine Länge von 18 bis 25 cm, eine Breite von 14 bis 18 cm und eine Höhe von 18 bis 20 cm. Die vielseitigen Kopfsteine sind 16 bis 20 cm hoch und haben eine Kopffläche von 220 bis 350 cm^2. Das Großsteinpflaster erhält meist eine 15 bis 20 cm starke Kiesbettung, seltener eine Chausseeunterbettung aus Packlage. Die Fugen werden nach dem Abrammen teils mit Kies eingeschlämmt, teils mit dünnflüssigem Zementmörtel im Mischungsverhältnis 1 : 3 oder mit heißem Asphalt ausgegossen. In letztgenanntem Falle werden die Fugen bis auf 5 cm von der Steinoberfläche entfernt zuerst mit Kies gefüllt.

2. Befestigungen aus Kunstprodukten. Ein ausgezeichnetes Pflaster, das dem Großsteinpflaster aus natürlichem Material gleichkommt, gibt der Mansfelder Kupferschlackenstein ab, der aus Hochofenschlacke als Würfel mit 16 cm Kantenlänge, fast scharfkantig, hergestellt wird. Die Kopfoberfläche ist vollkommen eben und griffig; der Stein nützt sich auch bei schwerster Beanspruchung kaum ab. Die Verlegung erfolgt hauptsächlich auf 15 bis 20 cm starker Kiesbettung nach dem gleichen Verfahren wie bei dem Großsteinpflaster. Gelegentlich kommt auch eine Verlegung auf einem 10 bis 15 cm starken Unterbeton in Frage, und zwar in der Art des Kleinsteinpflasters.

Sehr verbreitet als Hof- und Straßenbefestigung in Fabrikanlagen ist auch die Stampfasphaltplatte. Sie eignet sich aber nur in den Fällen, in denen Lastkraftwagen bis höchstens 3 t Ladegewicht oder entsprechendes Pferdefuhrwerk in Frage kommen. Die Platten haben eine Größe von 25 × 25 cm bei einer Stärke von 4 cm. Das Herstellungsverfahren ist unter Asphaltfußböden bereits kurz beschrieben. Die Verlegung erfolgt engfugig in Zementmörtel im Mischungsverhältnis 1 : 3 auf einem vorher herzustellenden Unterbeton im Mischungsverhältnis 1 : 8, 15 cm stark. Entweder werden die Kanten vorher mit heißer Asphaltmasse bestrichen oder die Fugen werden nachher mit einer Zementmischung ausgefegt. Bei aufgefülltem Boden ist der Unterbeton stärker auszuführen und gegebenenfalls mit Eisen zu armieren.

Stampfasphaltbeläge in fugenloser Ausführung finden als Hof- und Straßenbefestigung im Fabrikbau kaum Anwendung. Auch Gußasphaltbeläge sollten vermieden werden. Selbst bei Hartgußasphalt tritt bei einer hohen Lufttemperatur und starker Sonnenstrahlung leicht eine Erweichung des Materials ein, wobei dann Eindrücke zurückbleiben, der Belag uneben wird und unter Umständen schwer zu befahren ist.

Eine Möglichkeit, den Asphalt unempfindlicher gegen mechanische Einflüsse, besonders bei hohen Lufttemperaturen, zu machen, besteht darin, ihn mit Steinschlag, Feinschlag, Steinsplitt, Steingrus, Sand oder Steinstaub zu mischen. Befestigungen dieser Art sind jedoch bei Fabrikanlagen nicht sonderlich verbreitet, dienen vielmehr nur als Decke öffentlicher Fahrstraßen. Auch die Verwendung von Zementbeton zu Hof- und Straßenbefestigungen ist nicht zu empfehlen, da eine Decke aus diesem Material den an eine gute Befestigung im Fabrikbetrieb zu stellenden Ansprüchen nicht gerecht wird und leicht Zerstörungen ausgesetzt ist. Es sei nur an die Beanspruchung durch Pferdefuhrwerk, durch die Stöße und Schläge beim Entladen von Fuhrwerken und durch eisenbereifte Transportfahrzeuge erinnert.

Eine Hofbefestigung, die auch für schwersten Lastfuhrwerksverkehr geeignet ist, stellt das imprägnierte Holzklotzpflaster von 13 cm Höhe, auf 20 cm starkem Unterbeton im Mischungsverhältnis 1 : 8 verlegt, dar. Diese Befestigungsart ist jedoch sehr teuer und wird deshalb fast nur in Durchfahrten und an solchen Stellen angewandt, an denen Geräusche und Erschütterungen gemildert werden sollen. Gegebenenfalls ist auch noch eine elastische Zwischenlage zu verwenden. Bei aufgefülltem Boden ist der Unterbeton stärker zu wählen und unter Umständen durch Eisen zu armieren.

Eine neuzeitliche Befestigungsart ist eine Decke aus den sogenannten „Bitukasadsteinen". Die Steine bestehen aus Bitumen, Kalk und Sand und haben die Abmessungen eines normalen Ziegelsteines (25 × 12 × 6 cm). Als Unterbau ist ein Unterbeton im Mischungsverhältnis 1 : 8 von 15 bis 20 cm Stärke, der im Profil des Hofes bzw. der Straße hergestellt sein muß, erforderlich. Bei aufgefülltem Boden ist der Unterbeton stärker zu wählen. Auf den Unterbeton wird dann eine abgesiebte Sandschicht von 10 mm Stärke aufgebracht. Die Steine werden hierauf flachseitig und

engfugig im Verband verlegt, nachdem sie zweiseitig mit Spezialklebemasse bestrichen worden sind. Die Verlegungsrichtung soll möglichst quer zur Fahrtrichtung sein. Eine Bitukasadsteindecke ist für Lastkraftfuhrwerke bis 3 t Ladegewicht und für entsprechendes Pferdefuhrwerk ohne weiteres geeignet und kann nach der Herstellung sofort befahren werden. Durch die Benutzung schließen sich die engen Fugen bald, so daß der Belag eine geschlossene Decke bildet. Die Oberfläche ist rauh und griffig und gewährleistet Verkehrssicherheit. Infolge der Elastizität des Materials ist der Belag geräuschdämpfend; auch die Übertragung der Erschütterungen auf die Gebäude wird erheblich gemildert. Diese Befestigungsart zeichnet sich durch relative Billig-

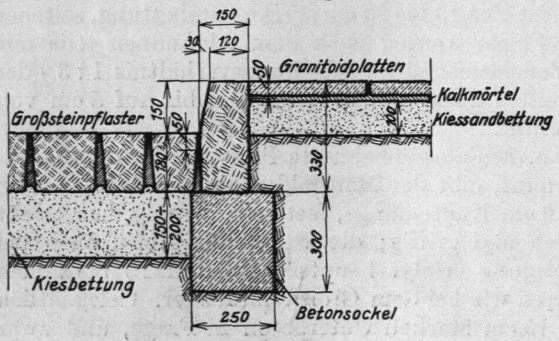


Abb. 206.

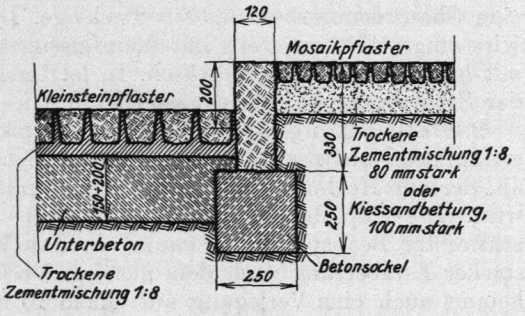


Abb. 207.

Abb. 206 u. 207. Straßenschnitte; links Bordschwelle aus Naturstein, rechts Bordstein aus Naturstein.

keit aus und kann auch für Gehsteige, Laderampen, Auffahrten sowie als Fußboden für Lagerräume usw. benutzt werden.

Wohl in den meisten Fällen werden um die Gebäude Schutzstreifen in Gestalt von Gehsteigen angeordnet, die gegen die Fahrstraße mit Bordschwellen oder Bordsteinen abgeschlossen sind. Als Material für Bordschwellen und Bordsteine ist Naturstein zu empfehlen, da Kunststein oder Beton oft der mehr oder weniger rauhen Benutzung der Fahrstraßen nicht gewachsen ist. Abb. 206 zeigt einen Schnitt durch eine Straße mit einer Bordschwelle und Abb. 207 einen Schnitt mit einem Bordstein. Die Gehsteige können durch Schlacke, besser aber hart befestigt werden. Wie aus den Abbildungen hervorgeht, kann die Befestigung aus Mosaikpflaster oder aus Granitoidplatten, das sind Hartgesteinplatten aus Beton, bestehen. Die Ausführung des Mosaikpflasters ist schon vorher beschrieben worden. Die Hartgesteinplatten aus Beton gibt es in verschiedenen Größen und Stärken. Die Verlegung erfolgt in einer Kalkmörtelschicht auf einer 10 cm starken Kiessandbettung.

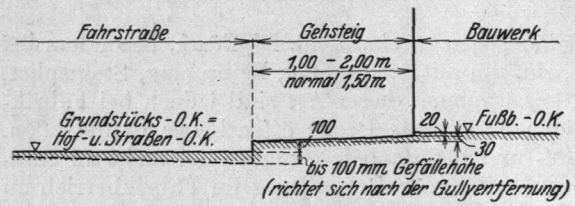


Abb. 208. Profil einer Fabrikstraße.

Unerläßlich ist es, von vornherein die Hof- und Straßenprofile festzulegen, um die geringsten Erdbewegungen bei der Herstellung der Hof- und Straßenbefestigungen zu erhalten, und besonders um die Höhen der Erdgeschoß- und Hallenfußböden zu bestimmen. Im Gegensatz zu den gewölbten öffentlichen Fahrstraßen sind die Hof- und Straßenflächen von Fabrikanlagen mit Rücksicht auf Gleisanlagen und Drehscheiben, auf den Übergang von schmalen auf breite Straßen oder Höfe bei ebenen Grundstücken ohne Wölbung anzuordnen. Die Oberkante der Befestigung (Hof- und Straßenoberkante) ist dann Terrainoberkante. Nach den auf den Höfen und in den Fahrstraßen liegenden Gullys zu erhält die Befestigung Gefälle. Aus der Abb. 208 ist das schematische Profil einer Fabrikstraße zu ersehen. Nach diesem Profil liegt die Oberkante der Erdgeschoß- und Hallenfußböden 150 mm über der Grundstücksoberkante.

Sollen auf den Höfen und in den Straßen nur Fahrbahnen vorgesehen werden, so muß sich ihre Breite nach der Art und Stärke des Verkehrs richten. Findet der Verkehr nur in einer Richtung statt, so sind die Fahrbahnen mindestens 3,50 m, im anderen Falle mindestens 6 m breit anzulegen. Kommt nur Elektrokarrenverkehr in Frage, so sind die Mindestbreiten mit 2,50 m und 4,50 m anzunehmen. Bei starkem Verkehr werden sich größere Breiten als notwendig erweisen.

Stellen die Gehsteige in der Hauptsache den Schutz eines Bauwerkes dar, so genügt es, sie 1 m breit anzulegen. Diese Breite gestattet einzelnen Personen, sich vor dem Fahrverkehr in Sicherheit zu bringen. Als normale Gehsteigbreite sind 1,50 m anzunehmen. Eine Breite über 1,50 m kommt meist nur in Frage, wenn sich im Gehsteig ein Kellerhals befindet.

Bauwerke, die sich inmitten einer Fahrstraße oder eines Hofes erheben, z. B. Stützen von Krananlagen, Zapfsäulen von Tankanlagen usw., müssen durch eine Schutzinsel vor Beschädigungen durch den Verkehr gesichert werden. Nach Abb. 209 müssen die Borde mindestens 500 mm von jedem Punkt des Bauwerkes entfernt angelegt werden. Die geringste Höhe der Borde über Straßenoberkante soll 150 mm betragen. Für Geländer von Kellerhälsen in Gehsteigen und für Überflurhydranten auf Gehsteigen kann das Schutzmaß bis auf 300 mm verkleinert werden.

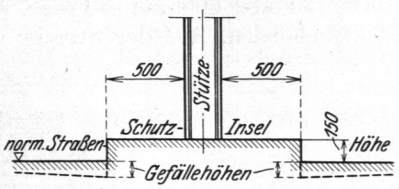


Abb. 209. Profil einer Schutzinsel.

Liegt ein Fabrikgrundstück abseits einer Hauptstraße, so ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, eine besondere Zufahrtsstraße zu bauen. Abb. 210 zeigt zwei Ausführungsvorschläge. Die Straße nach I kann später noch durch ein Kleinsteinpflaster auf Kiesbettung gemäß II vervollständigt werden oder eine besondere Decke aus Asphaltbeton oder aus Steinschlagasphalt erhalten. Die Mindestbreite derartiger Straßen soll 6 m sein. Besser ist jedoch eine Breite von 8 m, da sonst die Randsteine umgefahren oder die Ränder abgefahren werden und von hier aus dann leicht eine Zerstörung der Straße einsetzt.

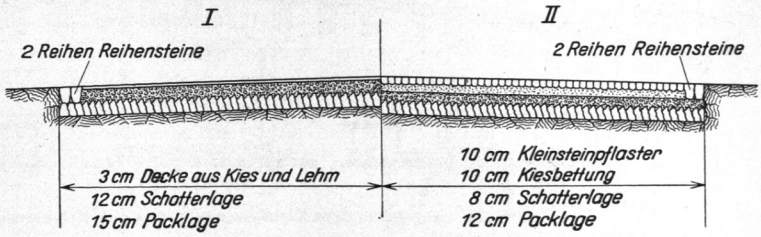


Abb. 210. Querschnitte werkseigener Zufahrtstraßen.

10. Förderanlagen.

Gleisanlagen. — Gleislose Fördermittel. — Krane. — Aufzüge. — Stetige Förderer.

Die Förderanlagen in ihrer mannigfaltigen Gestalt nehmen im Fabrikbau eine hervorragende Stellung ein. Abgesehen von der wirtschaftlichen Bedeutung zweckentsprechender Fördereinrichtungen sind auch in technischer Hinsicht die Transportmittel oft ausschlaggebend für die Anordnung und räumliche Gestaltung der Baulichkeiten. Bestimmen doch Gleisanlagen Lage und Richtung der Fabrikgebäude auf dem Grundstück, gleislose Fördermittel die Tragfähigkeit von Decken und Aufzügen, Krane die Querschnittsform von Montage- und Werkstatthallen. Von diesem Standpunkt aus sollen nachstehend die einzelnen Fördereinrichtungen betrachtet werden; daneben wird ihre zweckmäßige Anwendung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit gestreift. Eine erschöpfende Behandlung des Stoffes — besonders nach der konstruktiven Seite — ist in dem zur Verfügung stehenden Rahmen unmöglich. Eine derart eingehende Betrachtung ist aber auch überflüssig, da die einschlägige Fachliteratur alle erforderlichen Angaben enthält; besonders sei auf die ausführliche Darstellung des gesamten Gebietes in den Werken von H. Aumund und C. Michenfelder[1] verwiesen. Die Erläuterung konstruktiver Einzelheiten wird daher bewußt auf diejenigen Punkte beschränkt, die bei der Planung von Fabrikanlagen oder bei der Beschaffung von Förderanlagen interessieren.

Die **Gleisanlagen** dienen neben den Straßen und Wasserläufen in erster Linie dem Außenverkehr der Werke, daneben innerhalb der Fabrik auch dem Transport schwerer Werkstücke von einer Werkstatt zu anderen. Die Stammbahnen, von denen die Fabrikanschlußgleise abzweigen, sind meist im Besitz der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft (DRG), so daß die Vorschriften dieser Gesellschaft bei der Anlegung und Unterhaltung der Gleisanlagen beachtet werden müssen. Im übrigen hat aber die DRG auch für alle Privatbahnen und Kleinbahnen

[1] Aumund, H.: Hebe- und Förderanlagen. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1926 und C. Michenfelder: Kran- und Transportanlagen für Hütten-, Hafen-, Werft- und Werkstattbetriebe. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1926.

das Aufsichtsrecht; daher sind auch beim Anschluß an solche Bahnen die einschlägigen Bestimmungen zu beachten.

Für Gleisanlagen kommen neben der Normalspur von 1435 mm nur die Spurweiten von 1000, 750 oder 600 mm in Frage. Ausnahmen bedürfen einer besonderen Genehmigung der Aufsichtsbehörden. Auf der Strecke soll die Längsneigung der Gleise das Verhältnis 1 : 25 nicht

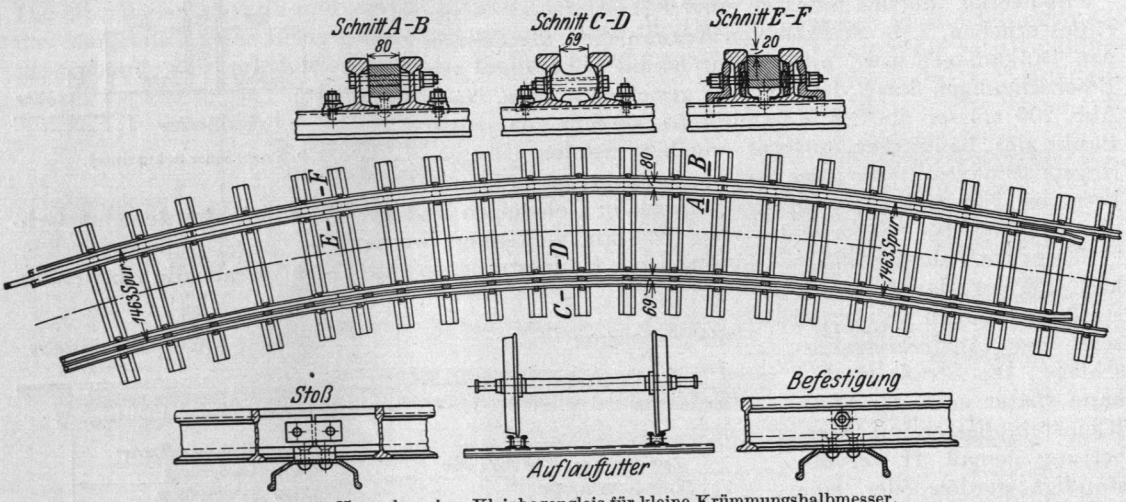


Abb. 211. Normalspuriges Kleinbogengleis für kleine Krümmungshalbmesser.

überschreiten. Solche Gleise, auf denen Wagen abgestellt werden, dürfen höchstens eine Neigung von 1 : 400 aufweisen. Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser für Normalspur beträgt 180 m, sofern Hauptbahnlokomotiven auf den betreffenden Gleisen verkehren, sonst 140 m. Wenn nur Lokomotiven mit einem festen Radstand bis zu 3 m und Wagen mit einem solchen bis zu 4,5 m auf den Gleisen verkehren — was aber selten der Fall ist —, darf der Krümmungshalbmesser bis auf 100 m verringert werden. Diesem Wert entspricht bei Schmalspur-

Zahlentafel 20. Schienenformen für Anschlußgleise.

Die Strecken werden befahren von	Für das Gleis sind mindestens zu verwenden						
	Schienenform[1]	Gewicht der Schiene kg/m	Schienenhöhe mm	Schwellenzahl auf einer Schienenlänge von 12 m	Schwellenzahl auf einer Schienenlänge von 15 m	Zulässiger Raddruck t	Geringster zulässiger Halbmesser m
Reichsbahnlokomotiven	Preußen 6	33,40	134	20	25	8,5	180
	Preußen 8	41,00	138	18	22	9,0	
	Preußen 15	45,05	144	18	22	9,0	
Großraumgüterwagen mit Raddrücken bis 10 t	Preußen 8 und 15 mit festem Stoß oder DRG S 45	41,00 bzw. 45,05	138 bzw. 144	2 + 17	2 + 21	10,0	180
				2 + 17	2 + 21	10,0	
	S 49	45,25	142	2 + 17	2 + 21	10,0	
		48,89	148	2 + 17	2 + 21	10,0	
ausschließlich von Wagen mit weniger als 8,5 t Raddruck und Privatlokomotiven mit weniger als 8 t Raddruck	Preußen 6	33,40	134	17	22	8,5 bzw. 8	140[2]

Bemerkung: [1] Der Schienenform „Preußen 6" entsprechen etwa die Formen „Bayern I und IX", „Sachsen IV und V", „Württemberg D", „Baden 129", während den Formen Preußen 8 und 15 etwa die Formen „Bayern X", „Sachsen VI", „Württemberg E", „Baden 140", „Oldenburg D" entsprechen.

[2] Wenn ausschließlich Wagen mit nicht mehr als 4,5 m Radstand verkehren, kann der Halbmesser verringert werden bis 100 m.

bahnen bei 1000 mm Spurweite ein Halbmesser von 50 m, bei 750 mm 40 m, bei 600 mm 25 m. Kleinere Halbmesser sind bei normalspurigen Bahnen nur dann zulässig, wenn sog. Kleinbogenschienen verwendet werden, bei denen die äußeren Räder auf dem Spurkranz laufen (siehe Abb. 211). Im allgemeinen bestehen bei der Verwendung von Kleinbogengleisen Beschränkungen derart, daß nur zweiachsige Fahrzeuge mit einem festen Radstand bis 4,50 m, bei Lenkachsen bis zu 6 m, zum Übergang auf solche Gleise zugelassen werden. Dreiachsige Fahrzeuge sind von der Überführung auf Kleinbogengleise ausgeschlossen. Für den Rangierverkehr ist bemerkenswert, daß die Geschwindigkeit beim Ziehen der Wagen über die Kleinbogengleise höchstens 6 km/h betragen darf, beim Drükken dagegen höchstens 3 km/h. Auch darf jeweils nur ein Wagen über derartige Kurven gedrückt werden, während die Anzahl der gezogenen Wagen nicht beschränkt ist.

Die Schienenprofile der Anschlußgleise müssen je nach dem Raddruck gewählt werden (siehe Zahlentafel 20). An Überfahrten und Übergängen oder auf befestigten Höfen und in Gebäuden werden am besten Rillenschienen Form Phönix 37 oder 37a oder Ri 1 verwendet. Der Billigkeit halber werden für Anschlußgleise meistens altbrauchbare Oberbaustoffe verarbeitet, da sie wesentlich billiger als neue sind und bei guter Beschaffenheit eine genügende Lebensdauer besitzen. Lediglich Holzschwellen sollen stets neu beschafft werden. Für gerade Gleise sollen Schienen von mindestens 9 m, für Kurven solche von mindestens 12 m, besser von 15 m Länge, benutzt werden. Je weniger Stöße eine Gleisanlage besitzt, um so geringer sind die Unterhaltungskosten. Als Schwellen kommen vorwiegend Holzschwellen, und zwar in Kurven Hartholzschwellen (Eiche oder Buche), in der Geraden kieferne Schwellen in Frage. Die Schwellen dürfen niemals roh verlegt werden, sondern müssen nach Vorschrift der DRG imprägniert sein. Zur Befestigung der Schienen auf den Schwellen dienen nur Schwellenschrauben; die Befestigung mit Nägeln ist veraltet. In der Geraden sind offene Unterlagsplatten, in Kurven Hakenplatten zu verwenden. Bei Verlegung der Gleise im Pflaster oder im Fußboden von Gebäuden werden die Gleise am besten auf einem Betonunterbau von 30 bis 40 cm Stärke und etwa 2,20 m Breite verlegt. Die Gleise erhalten hierbei keine Schwellen, vielmehr wird der Schienenabstand durch Spurstangen in Entfernungen von 2 bis 2,50 m gewährleistet.

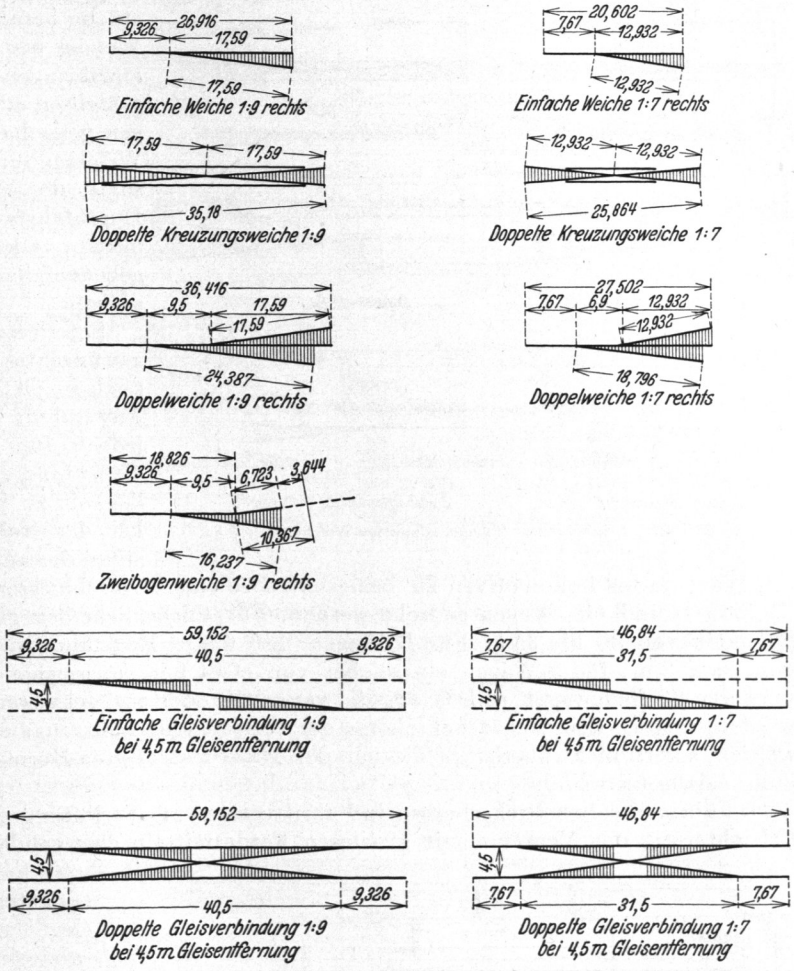


Abb. 212. Absteckmasse für normalspurige Weichen Form 6d.

Nach der Schienenform bestimmt sich auch die Form der Weiche. Für Anschlußgleise sind die Formen 6d, entsprechend der Schienenform 6, 8a, entsprechend den Schienenformen 8 und 15, und S 49, entsprechend den Schienenformen S 45 und S 49, zu verwenden. Die Bau-

maße und Ausführungsformen der Weichen sind aus Abb. 212 bis 214 ersichtlich. Zu beachten ist bei der Ausarbeitung von Gleisplänen, daß der Anfangspunkt einer Weiche nicht mit dem geometrischen Schnittpunkt der durch die Weiche verbundenen Gleisstränge zusammenfällt, sondern daß dieser Anfangspunkt stets einige Meter vor dem geometrischen Schnittpunkt liegt.

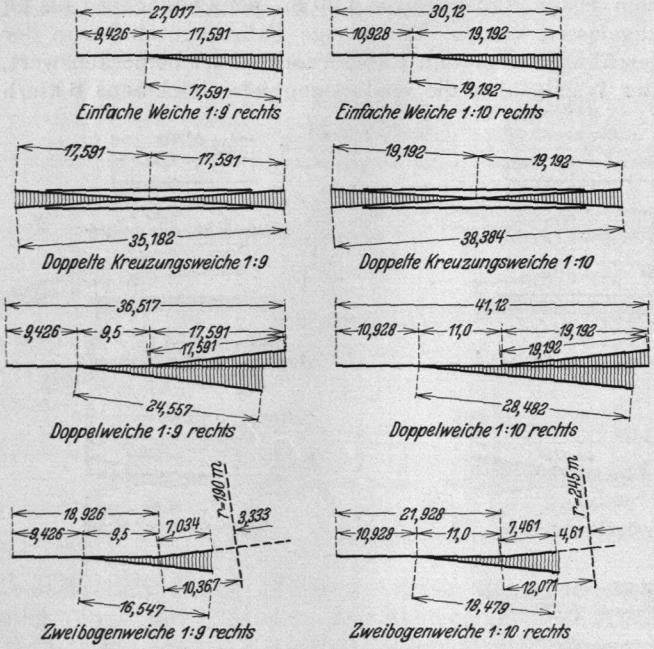


Abb. 213. Absteckmasse für normalspurige Weichen Form 8a.

Die genauen Maße sind aus den Abbildungen zu erkennen. Weiter ist zu beachten, daß die für die Abstellung und Entladung verfügbaren Gleislängen nicht bis an die Weichenherzstücke heranreichen, sondern daß jede Weiche bis zu den an Ort und Stelle anzubringenden Merkzeichen von abgestellten oder laderecht gestellten Wagen freigehalten werden muß. Müssen Weichen durch Wagen bestellt werden, so ist der Verschiebeverkehr oder der Durchfahrtsverkehr für diese Weichen durch Gleissperreinrichtungen, gegebenenfalls auch durch Signale, zu sperren.

Sofern mit Weichen und Kurven die gewünschte Gleisführung nicht zu erreichen ist, können Drehscheiben Anwendung finden. Drehscheiben sind jedoch für einen flotten Verschiebedienst hinderlich und darum nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Tragfähigkeit der Drehscheibe ist nach dem Radstand der auf die Gleisanlage überführten Wagen oder Lokomotiven zu bemessen. Bei einem Durchmesser von 6 m können alle G-, K-, V-, O- und Om-Wagen gedreht werden. Für solche Scheiben genügt meistens eine Tragfähigkeit von 30 bis 35 t. Für R-Wagen mit 6,5 m Radstand ist ein Scheibendurchmesser von etwa 8 m, für S-Wagen ein solcher von etwa 9 m, ausreichend[1]. Drehscheiben, die von schweren Tiefladewagen, von Großgüterwagen OO oder von schwereren Lokomotiven befahren werden, müssen dem Achsdruckschema der betreffenden Fahrzeuge entsprechend dimensioniert werden, sofern nicht überhaupt die von der DRG festgelegten Normallastenzüge in die Berechnung einzusetzen sind.

Im übrigen sollen Drehscheiben in Fabrikanlagen zur Verhütung von Unglücksfällen und zur Erleichterung des Verkehrs mit gleislosen Fördermitteln eine solide Abdeckung erhalten, die zweckmäßig mit Holzklotzpflaster oder starken Bohlen belegt wird. Die Drehscheibenabdeckung ist für das Befahren mit schweren Lastwagen, evtl. für das Befahren mit Feuerwehrfahrzeugen, zu bemessen. Die Belastungsangaben hierfür sind aus den Zahlentafeln 23 und 24 bei der Beschreibung der gleislosen Förderung ersichtlich. Abb. 215 zeigt den Schnitt durch eine Drehscheibe von 8,5 m Durchmesser und 60 t Tragfähigkeit mit schwerer, befahrbarer Abdeckung. Die gebräuchlichsten Bauarten von Drehscheiben sind schematisch in Abb. 216 dargestellt. Die Drehscheiben werden zweckmäßig durch elektrischen Antrieb bewegt, der am besten unterirdisch oder unter der Scheibe anzuordnen ist. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt normal

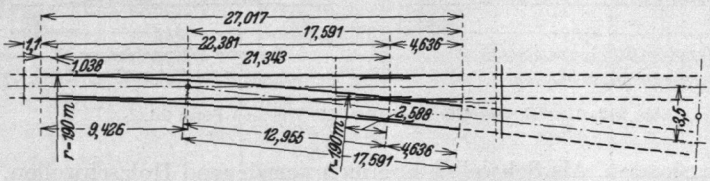


Abb. 214. Einfache Weiche Form 8a, 1:9 rechts.

[1] Die genauen Maße aller Güterwagen der DRG und die gebräuchlichsten Lademaße für deutsche Verhältnisse und die hauptsächlichsten europäischen Bahnen sind zu ersehen aus der Druckschrift: Die Güterwagen der Deutschen Reichsbahn, ihre Bauart, Bestellung und Verwendung und die gebräuchlichsten Lademaße. Berlin: VDI-Verlag 1928.

etwa 0,5 m/sek. Die Antriebsgrube und die Drehscheibengrube sind in jedem Falle sorgfältig zu entwässern. An Stelle des elektrischen Antriebes kann die Scheibe auch durch Handkurbelantrieb oder durch Drehbäume bewegt werden, was jedoch bei Scheiben, die mehr als 5 bis 10 Drehbewegungen um 180° am Tage auszuführen haben, unwirtschaftlich ist. Außer diesen Antriebsarten kann die Drehscheibe auch durch eine etwa vorhandene Rangierwinde herumgezogen werden. Die Drehscheibenkonstruktion soll zur Pflege und Instandhaltung möglichst von unten zugänglich sein, worauf bei der Festlegung der Höhenmaße für die Drehscheibengrube zu achten ist. Bei dem Entwurf der Gleisanlage ist zu berücksichtigen, daß zwischen den Anfang einer etwaigen Kurve und die Drehscheibe eine Gerade von mindestens 2 m Länge einzuschalten ist.

Zur Verbindung parallel liegender Gleise dienen Schiebebühnen, die entweder als Einschnittschiebebühnen in entsprechenden, durchgehenden Gruben laufen oder als Auflaufschiebebühnen arbeiten (siehe Abb. 217). Die Schiebebühnen erhalten ebenfalls elektrischen Antrieb, der auf der Schiebebühne untergebracht wird. Sie arbeiten meist mit einer Fahrgeschwindigkeit von 0,5 bis 1 m/sek.

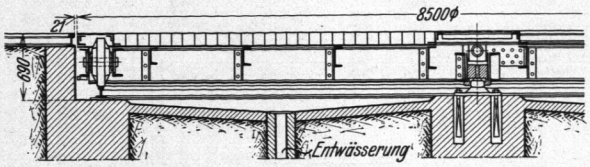


Abb. 215. Schnitt durch eine Drehscheibe von 60 t Tragkraft mit schwerer, befahrbarer Abdeckung.

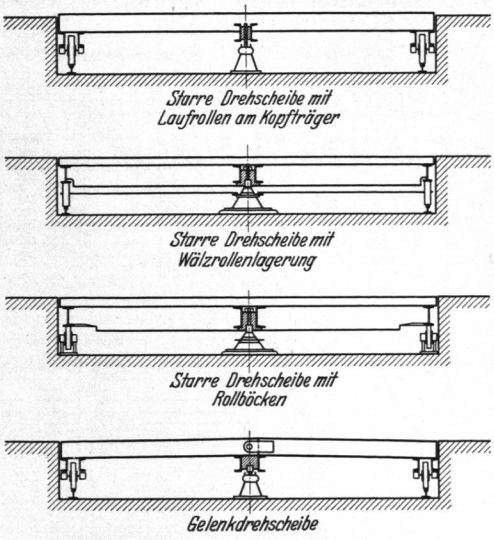


Abb. 216. Bauarten von Drehscheiben.

Alle Gleisstummel sollen als Abschluß Prellböcke erhalten; für Anschlußgleise genügen wohl immer feststehende Prellböcke, deren gesamte Baulänge vom Schienenstoß ab 4,50 m beträgt. In Gebäuden werden derartige Prellböcke als störend empfunden, weshalb hier besser feststehende Prellschuhe Anwendung finden.

Der Abstand der Gleise von festen Gegenständen (Gebäuden, Gebäudeteilen, Masten u. dgl.) soll 2,20 m, gemessen von Mitte Gleis, in der Geraden betragen. Einfahrtstore müssen demgemäß eine lichte Breite von 4,40 m, besser 4,50 m, erhalten. Vielfach werden auch Tore von 4 m Breite zugelassen, wobei jedoch die Profilbeschränkung durch Farbanstriche und Warnungstafeln besonders zu kennzeichnen ist. Für Lokomotiv- und Wagenschuppen genügt eine Breite von 4 m. Als Abstand zwischen zwei parallelen Gleisen wird meist das Maß von 4,50 m gefordert; auf freien Zuführungsstrecken mit besonderem Bahnkörper genügt ein Abstand von 3,50 m. Im übrigen sind für den Abstand von Gebäuden und sonstigen festen Konstruktionen die vorgeschriebenen Lichtraumprofile zu beachten, die sich in der Kurve erweitern (siehe Abb. 218)[1]. Für Schmalspurbahnen bleibt die Festsetzung des Lichtraumprofils den Aufsichtsbehörden vorbehalten; im allgemeinen genügen Umgrenzungsprofile nach Abb. 219. In allen Fällen ist zu prüfen, ob elektrische Lokomotiven mit Oberleitung auf den Anschlußgleisen verkehren sollen, wobei sich die Umgrenzung des lichten Raumes entsprechend den Vorschriften ändert.

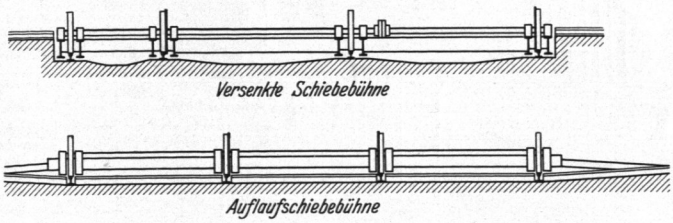


Abb. 217. Schiebebühnen.

Die Stromzuführung für elektrische Lokomotiven wird meistens als Oberleitung mit einem

[1] Genaue Umgrenzungsprofile für den lichten Raum enthalten die auch für Anschlußgleise gültigen Vorläufigen Vorschriften für die Umgrenzung des lichten Raumes für Normalspurbahnen der DRG vom Juni 1928. Köln: Dumont-Schauberg 1928.

Fahrdraht ausgeführt. Stromzuführung durch eine dritte Schiene kommt für Anschlußgleise nicht in Frage. Unter besonderen Umständen kann die Stromzuführung auch durch einen kleinen Stromabnehmerwagen erfolgen; der Stromabnehmerwagen ist in diesem Falle mit der Lokomotive durch ein Schleppkabel verbunden. Die Oberleitungen kann man auch bei elektrischen Lokomotiven vermeiden, wenn man Akkumulatorenlokomotiven wählt. Mitunter wird auch gemischter Betrieb angewandt, wobei die Gleise so weit wie möglich mit Oberleitung aus-

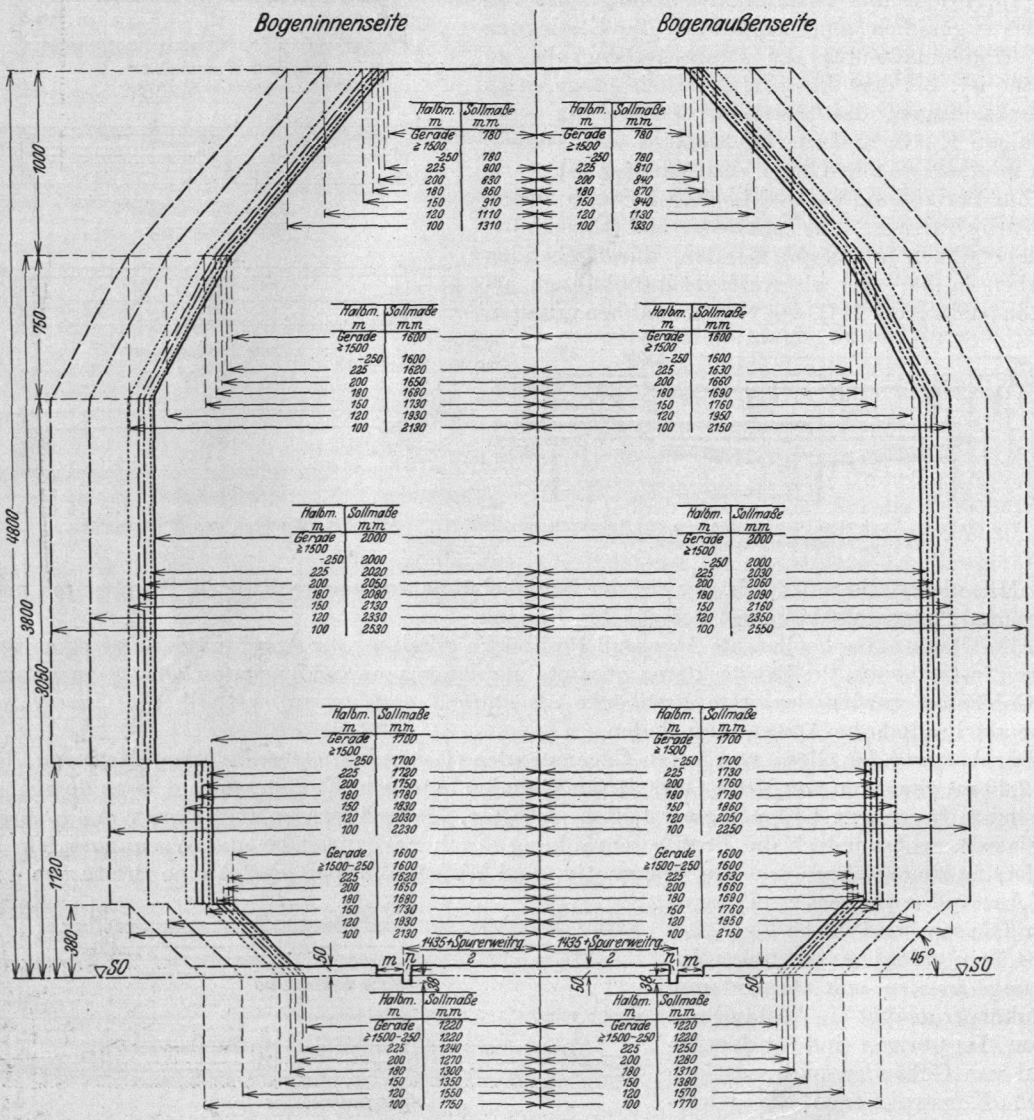


Abb. 218. Lichtraumprofile für normalspurige Gleisanlagen in der Geraden und in Krümmungen.

gerüstet und nur diejenigen Strecken mit Batterie befahren werden, die von Kranen oder Verladeanlagen bestrichen werden. Für Werkbahnen ist die vorteilhafteste Stromart Gleichstrom mit 220 oder 550 V Spannung.

Für den Verschiebedienst werden auch vielfach Dampflokomotiven und feuerlose Lokomotiven, seltener Druckluftlokomotiven verwendet.

An Stelle von Lokomotiven können die Wagen durch Rangierwinden (Spills) verholt werden. Rangierwinden werden mit verschiedener Zugkraft (siehe Zahlentafel 21) ausgeführt. Die Seilgeschwindigkeit beträgt 10 bis 60 m/min. Die Rangierwinden werden entweder oberirdisch oder unterirdisch angeordnet, mitunter auch mit Antriebsmaschinen von Dreh-

scheiben kombiniert. Bei Seillängen über 120 m empfiehlt sich eine automatische Seilaufwicklung, wobei das vom Spillkopf ablaufende Seil selbsttätig auf eine kleinere Trommel aufgewickelt wird (siehe Abb. 220). Je nach den örtlichen Verhältnissen sind mehr oder weniger Umlenkrollen und Leitrollen anzuordnen; da diese vielfach als Verkehrshindernis wirken, werden auch versenkbare Umlenkrollen ausgeführt.

Für die Entladung von geschlossenen Güterwagen werden bei Stückgütern Rampen angeordnet. Die Entfernung von Vorderkante Rampe bis Mitte Gleis beträgt in der Geraden 1,65 m, in Krümmungen je nach dem Krümmungshalbmesser mehr; das genaue Maß ist aus den Angaben über Lichtraumprofile in Krümmungen (Abb. 218) bzw. aus den Vorschriften der DRG für die Umgrenzung des lichten Raumes zu ersehen. Die Oberkante der Laderampe soll 1 bis 1,10 m über Schienenoberkante liegen.

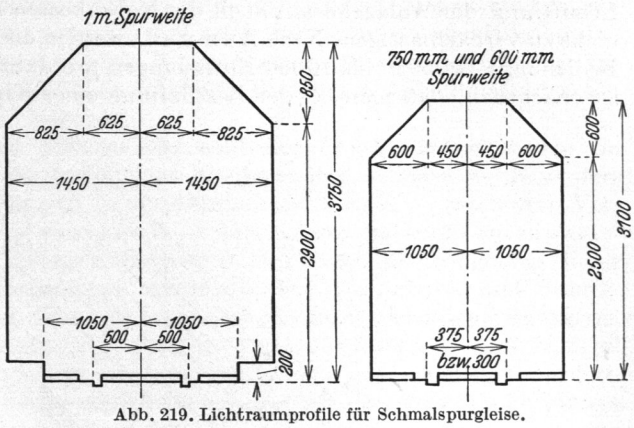


Abb. 219. Lichtraumprofile für Schmalspurgleise.

Zahlentafel 21. Rangierwinden.

Größe	Mittlere Zugkraft in kg	Seilstärke in mm	Ungefähre Motorleistung in PS bei Seilgeschwindigkeit 30 m/min	bei 45 m/min	Mittlere Schleppkraft in Güterwagen auf ebener gerader Bahn
I	500	8	7	10	3
II	1000	9	10	15	5
III	1500	11	15	23	8
IV	2500	14	24	36	13

Offene Wagen werden bei Stückgütern durch normale Krane entladen. Unterkante Kranbrücke bzw. Unterkante Krankonstruktion soll mindestens 5 m über Gleisoberkante liegen, damit zwischen der größten Höhe des Lichtraumprofils (4,80 m) und der Krankonstruktion noch ein genügender Spielraum (u. a. für das Hakengeschirr) verbleibt. Schüttgüter werden aus offenen Wagen von Hand, durch Greifer oder Wagenkipper entladen. Die Greifer werden zweckmäßig durch Laufkrane, Verladebrücken oder Laufkatzen derart bewegt, daß die Greiferachse parallel oder rechtwinklig zur Wagenachse steht. Bei Verwendung von Drehkranen werden die Wagen durch Schiefstellung der Greifer leicht beschädigt. Zur Vermeidung von Beschädigungen sollen keine zu schweren Greifer Anwendung finden, auch sollen die Greifer nur glatte Greifkanten erhalten; gebräuchlich sind Greifer bis 1,5 m³ Inhalt.

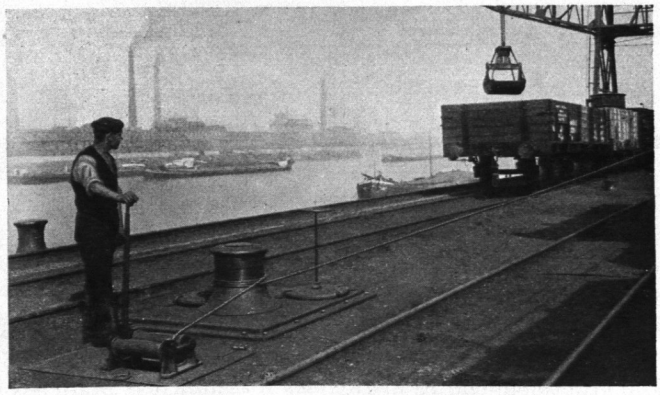


Abb. 220. Rangierwinde (Spill).

Eine besonders vorteilhafte Entladung von Schüttgütern läßt sich durch Wagenkipper erzielen, wenn der Güterumschlag immer nur in derselben Richtung vor sich geht. In Anbetracht

der verhältnismäßig hohen Anlagekosten ist Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des Kipperbetriebes, daß jährlich eine genügende Anzahl von Wagen zu entladen ist. Vor allem sind bei der Ermittlung der Anlagekosten auch die Nebenkosten für Entladegruben, Hochbahnen oder dgl. nicht zu vernachlässigen. Nach Aumund[1] werden die Gesamtkosten (für Kapitaldienst, Betrieb, Bedienung) bei 5000 bis 10000 Entladungen pro Jahr niedriger als bei Handentladung. Hieraus ist ersichtlich, daß man bei der Beschaffung eines Kippers nach weitgehender Verringerung der Anlagekosten streben muß. Eine verhältnismäßig leichte und billige Kipperbauart (System Aumund) ist in Abb. 221 wiedergegeben. Zur Entladung von Werkbahnfahrzeugen kommen auch Kreiselkipper in Frage; ihre Anwendung ist meistens auf schmalspurige Fahrzeuge beschränkt.

Bei starker Wagenausnutzung und kürzeren Förderwegen sind

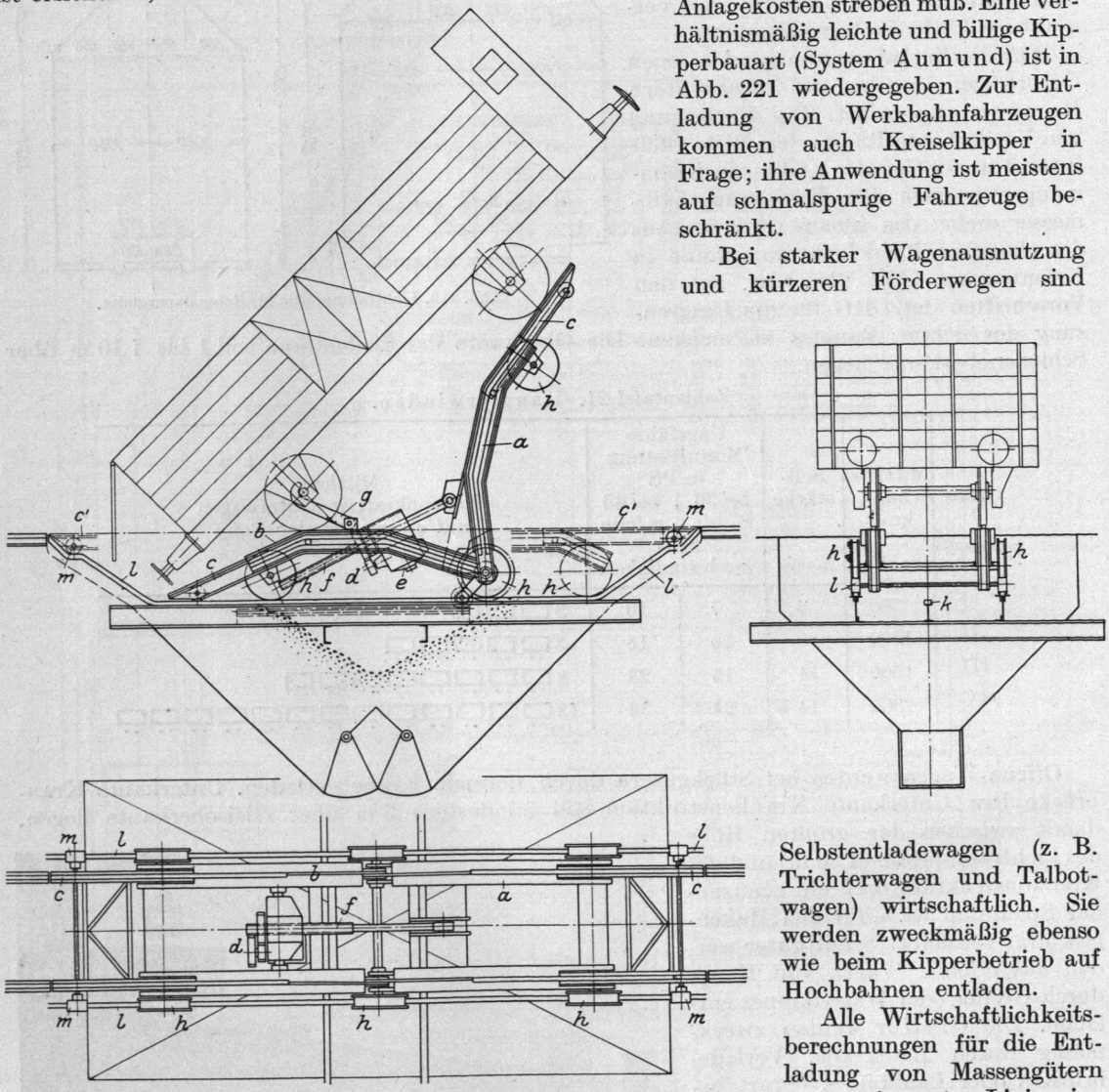


Abb. 221. Wagenkipper (System Aumund).

Selbstentladewagen (z. B. Trichterwagen und Talbotwagen) wirtschaftlich. Sie werden zweckmäßig ebenso wie beim Kipperbetrieb auf Hochbahnen entladen.

Alle Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Entladung von Massengütern müssen in erster Linie eine eventuelle Wertminderung des Fördergutes bei maschineller Entladung berücksichtigen. Nach Untersuchungen von Aumund[1] macht die Entwertung bei empfindlichen Stoffen oftmals erheblich mehr aus als die größtmögliche Ersparnis des maschinellen Betriebes gegenüber Handentladung.

Die Anlagen zum Beladen der Eisenbahnwagen sind bei Stückgütern die gleichen wie für das Entladen. Für Schüttgüter werden ebenfalls vielfach die gleichen Einrichtungen wie zum Entladen benutzt; besonders gilt dies für Greiferkrane und Verladebrücken. Auch kann man mit Vorteil für die Beladung offener Wagen Hochbunker anwenden; Abb. 222 zeigt die wichtigsten Maße für die Ausführung solcher Hochbunker zur Beladung vollspuriger Eisenbahn-

[1] a. a. O.

wagen[1]. Der Auslauf von Ladeschurren soll ca. 250 mm über dem höchsten Punkt der Ladung, unter Berücksichtigung der natürlichen Böschung des Gutes, liegen.

Der Entwurf einer vollständigen Anschlußgleisanlage muß nicht nur auf alle vorstehend behandelten Einzelheiten Rücksicht nehmen, sondern sich auch den jeweils verschiedenen Bedürfnissen des Betriebes weitgehend anpassen. Eine Normallösung läßt sich deshalb für Anschlußgleisanlagen nicht geben. Beispiele ausgeführter Anlagen sind in den Abbildungen des Abschnittes „Entwurf des Bebauungsplanes" gegeben.

Durch die Entwicklung der **gleislosen Fördermittel** sind der Gleisförderung sowohl im inneren als auch im äußeren Werksverkehr beachtliche Konkurrenten entstanden. Besonders die Elektrokarren — daneben auch Handkarren in verschiedenster Gestalt — geben dem Verkehr von den Lägern zu den Werkstätten und von einer Werkstatt zur anderen heute ein charakteristisches Bild, das sich im Fabrikbau insofern widerspiegelt, als durch den Siegeszug dieser gleislosen Fördermittel die Schmalspurgleisanlagen innerhalb der Werkstätten und Fabrikräume fast ganz überflüssig geworden sind. Dies gilt besonders für die verarbeitende Industrie, während in den Schlüsselindustrien — Baustoffindustrie und Schwerindustrie — entsprechend der rauhen Betriebsform der Schmalspurgleisbetrieb noch immer eine gewisse Bedeutung hat.

Die zahlreichen Formen der gleislosen Fördermittel, die in negativer Richtung den Fabrikbau durch Verdrängung der Schmalspurgleise beeinflußt haben, interessieren in diesem Zusammenhang in positiver Beziehung nur so weit, als durch ihre Abmessungen und Gewichte die Wahl gewisser Baumaße und Belastungsannahmen berührt wird. Dies trifft in erster Linie für die Elektrokarren zu. In Zahlentafel 22 sind daher die Hauptabmessungen und Gewichte der gebräuchlichsten Elektrokarrentypen angegeben. Hieraus geht auch der Platzbedarf eines Elektrokarrens beim Wenden hervor. Diese Angaben sind beim Entwurf des Fabrikgebäudes wertvoll für die Festlegung der Stützenentfernungen bei Anordnung von Mittelgängen, für die Bestimmung von Aufzugsmaßen, Türhöhen, Aufzugs- und Deckentragfähigkeiten.

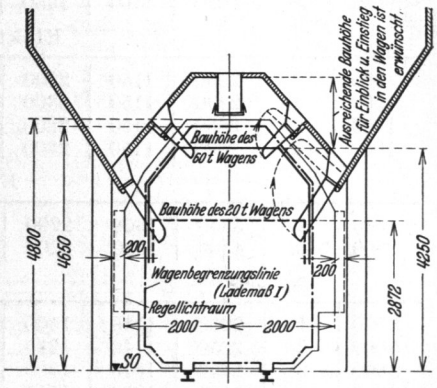


Abb. 222. Anordnung von Hochbunkern über normalspurigen Gleisen.

Weiter sind die Elektrokarren für den Fabrikbauer insofern von Interesse, als besondere Anlagen für die Aufladung der elektrischen Akkumulatoren dieser Fahrzeuge vorgesehen werden müssen. Im Kapitel „Energieversorgung" sind die hierzu erforderlichen Einrichtungen beschrieben.

Wie die vorstehend erwähnten Fördermittel die innere Ausgestaltung der Fabrikbauten beeinflussen, so sind in bezug auf Ausbildung der Höfe, Fabrikstraßen, Durchfahrten usw. die Kraftwagen für den Entwurf der Fabrikanlagen von Wichtigkeit. Aus diesem Grunde sind in Zahlentafel 23 normale Hauptmaße und Raddruckschemata für Lastwagen angegeben. Auch sind in Zahlentafel 24 Feuerwehrfahrzeuge aufgeführt, die wegen ihrer höheren Gewichte und Raddrücke Bedeutung für den vorliegenden Zweck besitzen. Hierbei sind solche Feuerwehrfahrzeuge zu unterscheiden, die bei werkseigenen Wehren Anwendung finden, und solche, die hauptsächlich für öffentliche Wehren in Frage kommen. Es ist von Fall zu Fall zu prüfen, ob nur die erstgenannten, naturgemäß meist leichteren Fahrzeuge oder auch die schweren Fahrzeuge öffentlicher Wehren zu berücksichtigen sind.

Für die Anlegung von Unterstellräumen und Garagen sind die einschlägigen Abschnitte unter „Wasserversorgung und Abwasserableitung" und „Werksicherheitsanlagen" zu beachten. Ferner sei auf den Abschnitt „Fußböden und Fahrbahnen" verwiesen, wo die Ausführung der Fahrbahnen für gleislose Fördermittel beschrieben ist.

Während die vorstehend beschriebenen Fördermittel vorwiegend für horizontale Förderung bestimmt sind, dienen die **Krane** neben dem waagerechten Transport immer auch der senkrechten Bewegung von Lasten. Wenn auch alle gebräuchlichen Kranbauarten im Fabrikbetrieb Anwendung finden können, so sind doch am verbreitetsten und in diesem Rahmen am wichtigsten die eigentlichen Werkstattkrane und die Be- und Entladekrane für Höfe, Läger, Eisenbahn-

[1] Nach Stahl im Hochbau, 8. Aufl., Berlin.

Zahlentafel 22. Elektrokarren (Maße in mm; s. Abb. 223).

Nutzlast	Zahl der lenkb. Räder	Größte Länge	Größte Breite	Größte Höhe	Radstand			Spurweite		Gesamtgewicht	Höhe O. K. Plattf.	Kleinster Fahrkreisdurchmesser	
kg		l	b	h	l_1	l_2	l_3	b_1	b_2	kg	h_1	innen	außen
Einfache Elektrokarren.													
750	2	2530	1060	1410	1260	850	420	790	135	1650	620	1060	2650
1000	2	2500	1000	1420	1240	840	420	860	70	1900	600	1055	2650
1500	2	3350	1240	1500	1600	1110	640	1000	120	3200	740	2700	4200
1500	4	2890	1200	1500	1460	980	450	1030	85	2800	660	720	2220
2000	2	2850	1150	1415	1300	1020	530	970	90	3300	640	2285	3810
2000	4	2890	1150	1500	1460	980	450	1030	60	3350	660	1085	2510
2500	2	4200	1450	1600	1775	950	545	1200	150	3500	890	2440	4730
Elektrohubkarren.													
750	2	2330	910	1330	1120	810	400	790	60	1610	280	1140	2410
1500	4	2975	1160	1500	1375	910	690	1010	75	2900	320	1975	3320
2000	4	3030	1160	1350	1370	1065	595	1030	65	3530	290	1500	2680
Elektrokarren mit Schwenkkran.													
500	2	2850	1150	2800	1300	1015	535	970	90	2800	615	2285	3810
500	4	2890	1150	2800	1460	980	450	1030	85	2800	640	720	2220
1000	2	2850	1150	2800	1300	1020	530	970	90	3300	640	2285	3810
1000	4	2890	1150	2800	1460	980	450	1030	60	3300	660	1085	2510
Elektroführersitzkarren.													
1500	2	3850	1350	2200	2000	1200	650	980	185	3500	890	2440	4730
2000	2	4300	1500	2200	2370	1205	725	1175	163	4200	850	2920	5445
Elektroschlepper.													
3000	4	2200	1150	1500	760	980	460	1030	60	1850	650	400	1780
5000	2	2250	1140	1215	1050	570	630	910	115	1400	—	860	2460
8000	2	2390	1010	1800	1050	640	700	880	65	2000	600	1040	2460
12000	2	2200	1000	1515	1150	500	550	840	80	2500	—		3200

fahrzeuge und Schiffe. Die Werkstattkrane sind in der Hauptsache Laufkrane, ferner Konsollaufkrane, Wanddrehkrane, Deckenlaufkrane, Elektroflaschenzüge und kombinierte Drehlaufkrane. Die zahlreichen Sonderbauarten der Hüttenwerksbetriebe, wie z. B. Chargier- und Stripperkrane, müssen hier vernachlässigt werden. Die vorstehend erwähnten Kranbauarten können im wesentlichen als bekannt vorausgesetzt werden.

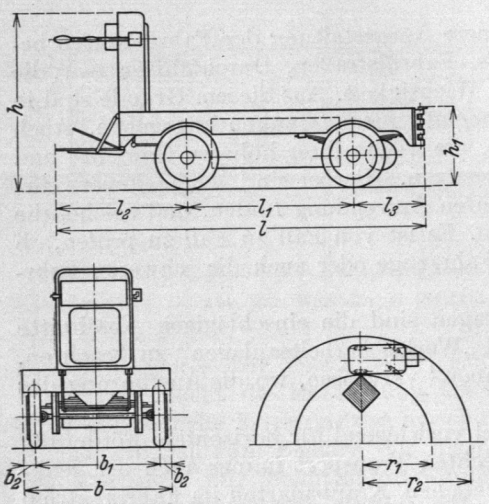


Abb. 223. Skizze zu Zahlentafel 22.

Der Entwurf von Werkstattgebäuden, Hallen, Maschinenhäusern u. dgl. wird durch Form und Abmessungen der Laufkrane weitgehend beeinflußt. Das Durchgangsprofil des Kranes wird bei der Planung des Gebäudes sehr oft zu knapp angenommen; besonders gilt dies für das Höhenmaß von Oberkante Kranschiene bis Unterkante Decken- oder Binderkonstruktion. Eine falsche Sparsamkeit in dieser Beziehung macht sich bei der Kranausführung unangenehm bemerkbar, da die Unterbringung der Hub- und Fahrwerke nun einmal ein bestimmtes Volumen beansprucht; was an der Höhe gespart wird, muß an den Breiten- oder Längenabmessungen des Kranes bzw. der Laufkatze zugegeben werden. Infolgedessen werden die nutzbaren Kran- oder Katzfahrwege verringert, d. h. die „Anfahrmaße“ werden vergrößert. Dies bedeutet aber wieder, daß der Raum unter dem Kran schlechter ausgenutzt wird, so daß also die erstrebte Ersparnis hinfällig wird. Außer-

Zahlentafel 23. Lastkraftwagen und Anhänger (Maße in mm; s. Abb. 224 bis 226).

Nutzlast	Spurweite	Größte Breite	Ganze Länge	Radstand			Höhe über Führerhaus	Größte Höhe	Gesamtgewicht	Achsdruck		Ladefläche, unbeladen	
t	b_1	b	l	l_1	l_2	l_3	h	h'	kg	P_1	P_2	h_1	b_2
Lastwagen.													
1½	1500	2000	6000	3600	450	1950	2200		3500	1500	2000	1000	250
2½	1600[1]	2100	7100	4500	650	1950	2200		6400	1660	4740	1100	250
2½	1500[2]	2100	7100	3920 + 980			2200		6400	1600	4800	1100	300
3	1600[1]	2100	6850	4500	650	1700	2200		6900	2100	4800	1200	250
3	1600[1]	2100	7450	5100	650	1700	2200		7100	2100	5000	1200	250
4	1675[1]	2400	8100	5265	835	2000	2650		9500	3500	6000	1250	363
5	1780[1]	2400	8400	5200	1200	2000	2800	3200	11700	5800	5900	1300	310
5—6	1880[1]	2450	9400	6200	1200	2000	2950		11500	4000	7500	1300	285
8	1836[2]	2400	9900	5825	1200	2875	2850		16000	6000	10000	1300	282
Anhänger.													
3	1500	2150	5500	2600	2400	800	2500		4950	2000	2950	1250	325
3	1500	2350	6000	3000	2200	800	2800		5300	2300	3000	1250	425
5	1500	2350	7000	3500	2500	1000	2800		7300	2900	4400	1300	425
7,5	1500	2350	7000	3500	2500	1000	2800		10700	4300	6400	1300	425

Bemerkungen: [1] Hinterachse: Doppelreifen. [2] Dreiachser.

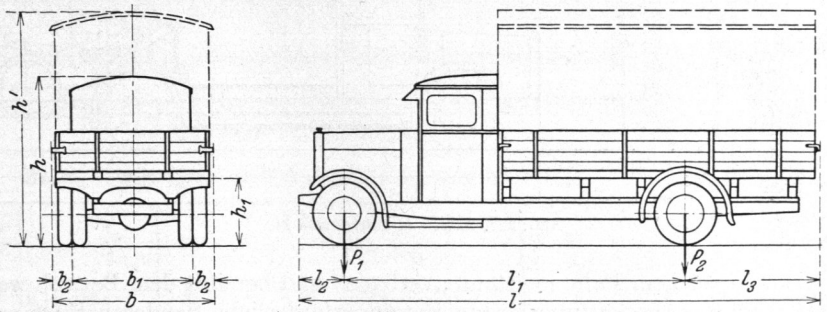


Abb. 224.

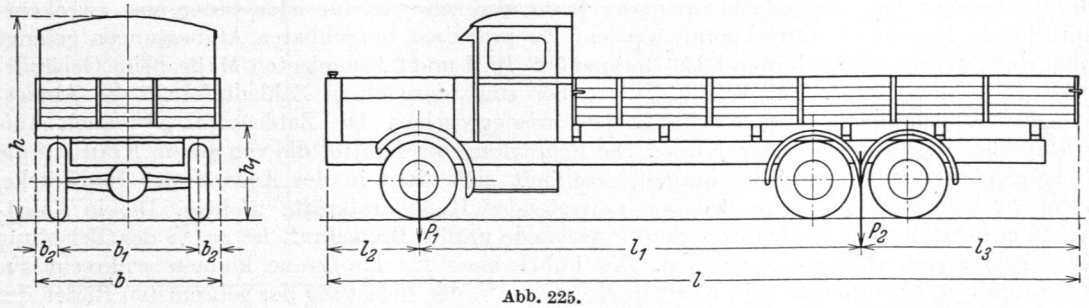


Abb. 225.

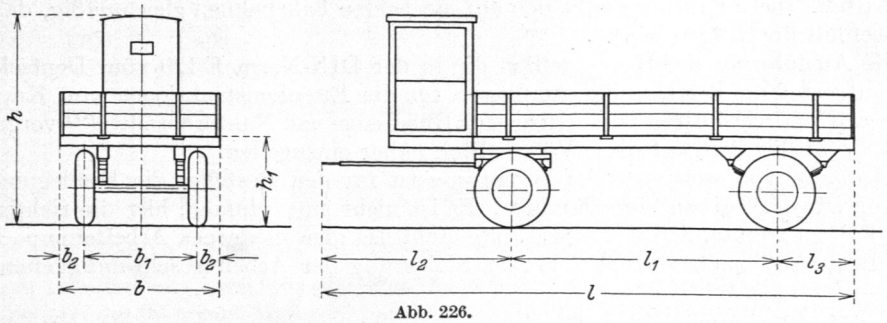


Abb. 226.

Abb. 224 bis 226. Skizze zu Zahlentafel 23.

Zahlentafel 24. Feuerwehrkraftwagen (Maße in mm; s. Abb. 227).

Pumpenleistung l/min bei 60 m Förderhöhe	Spurweite b_1	Größte Breite b	Ganze Länge	Achsabstand l_1	l_2	l_3	Größte Höhe h	Gesamtgewicht kg	b_2
Autospritzen.									
1150 od. 1650	1610	2050	6750	4000	635	2115	2350	4600—4800	220
2200	1715	2150	8000	4500	1270	2230	2600	7800	218
2400	1800	2350	8350	4800	1240	2310	2500	8600	275
Autoleiterspritze.									
2200	1715	2450	8300	4500	1270	2530	2950	7500	368
Autotankspritze.									
1150	1715	2150	8000	4500	1270	2230	2050	7800	218
Autodrehleiter.									
—	1600	2000	8350	4250	1850	2250	2800	4700	200
—	1800	2300	9600	4500	2800	2300	3000	7600	250

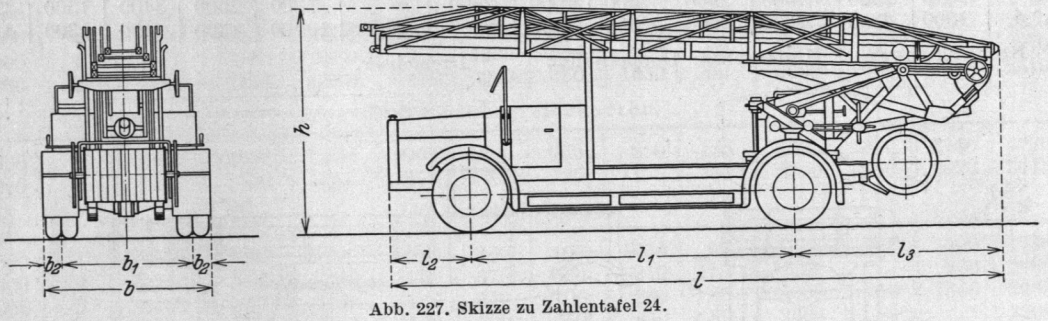


Abb. 227. Skizze zu Zahlentafel 24.

dem ist der Kran in solchem Falle meistens „verbaut" und bereitet dem Betrieb wenig Freude, abgesehen von erhöhten Anschaffungskosten für die erforderliche Sonderausführung. Schon bei der Festlegung der Gebäudeabmessungen kann also sehr viel für oder wider eine zweckentsprechende Krankonstruktion getan werden. Zu praktisch brauchbaren Abmessungen gelangt man stets, wenn man die in den DIN-Normen 698 Bl. 1 und 2 festgelegten Maße beim Gebäudeentwurf berücksichtigt. Der Wichtigkeit halber sind hiernach in Zahlentafel 25 die Abmessungen der gebräuchlichsten Laufkrantypen wiedergegeben. Die Zahlentafel gibt auch Aufschluß über die Raddrücke der Krane. Die Ermittlung der Kräfte, die von einem Kran auf die Gebäudekonstruktion ausgeübt werden, erschöpft sich nicht in der Angabe der Raddrücke, vielmehr sind auch die beim Bremsen auftretenden Horizontalkräfte wichtig. Die in Fahrtrichtung in Höhe der Schienenoberkante wirkende größte Bremskraft ist zu $^1/_7$ der Belastung aller gebremsten Räder anzunehmen. Die Fahrbahnen für Laufkrane können senkrecht zur Fahrtrichtung eine waagerechte Kraft in Höhe von $^1/_7$ der Belastung der gebremsten Räder der Katze erhalten. Diese Kraft verteilt sich auf die beiden Fahrbahnen gleichmäßig, da sie durch Reibungsschluß übertragen wird.

Für die Ausführung der Krane sollten die in der DIN-Norm E 120 vom Deutschen Kranverband aufgestellten Berechnungsgrundlagen für die Eisenkonstruktionen von Kranen sowie die „Normal-Unfallverhütungsvorschriften für Hebezeuge und Nahfördermittel"[1] vorgeschrieben werden. Es erübrigt sich, auf diese Vorschriften näher einzugehen.

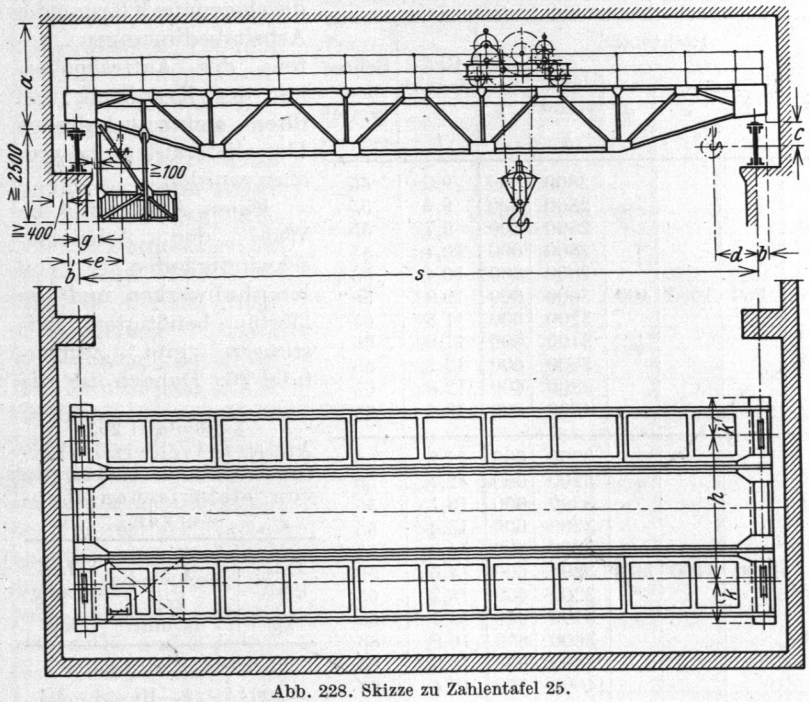
Eine Aufgabe von weittragender Bedeutung ist für den Besteller die Festlegung der Arbeitsgeschwindigkeiten des Kranes. Es ist nicht ganz einfach, hier die richtigen Werte für jeden Fall zu treffen. Auf der einen Seite steht das dem modernen Arbeitstempo Rechnung tragende Bestreben nach möglichst großer Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeiten; auf der

[1] Berlin: Karl Heymanns Verlag 1929.

Zahlentafel 25. Laufkrane für elektrischen Antrieb (DIN 698)[1].

Durchgangsprofil und äußerste Stellung des Kranhakens.

A Für Gebäude ohne Laufsteg.



B Für Gebäude mit Laufsteg

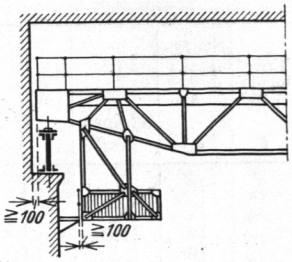


Abb. 228. Skizze zu Zahlentafel 25.

Maße, soweit nicht anders angegeben, in mm.

Tragkraft	Stützweite	a	b	Richtmaße						Raddruck[2]	Schienenbreite[2]
				c	d	e	g	Radstand[2] h	k		
t	s m	Kleinstmaß								t	
	10							2400	500	6,0	45
	12							2500	500	6,3	45
	14	1600		400				2600	500	6,5	45
	16							2700	500	6,8	45
	18							2800	500	7,1	45
5	20	——	200	——	850	750	400	3000	500	7,5	45
	22							3200	500	7,8	55
	24							3400	500	8,2	55
	26	1700		300				3600	500	8,5	55
	28							3800	500	8,8	55
	30							4000	500	9,0	55
	10							2600	550	7,5	45
	12							2600	550	7,8	45
	14	1700		400				2600	550	8,1	55
	16							2700	550	8,5	55
	18							2800	550	8,8	55
7,5	20	——	220	——	900	800	400	3000	550	9,2	55
	22							3200	550	9,5	55
	24							3400	550	9,9	55
	26	1800		300				3600	550	10,3	55
	28							3800	550	10,8	55
	30							4000	550	11,3	55

anderen Seite bedeutet die Wahl sehr hoher Geschwindigkeiten große und teuere Antriebsmotoren und Triebwerke, höheren Energieverbrauch, hohe Anfahrstromspitzen und ein hartes, unter Umständen nicht genügend feinfühliges Arbeiten des Kranes.

Die Entwicklung der Elektrotechnik auf dem Gebiete der Hebezeugausrüstungen hat aber in neuerer Zeit die vorstehend skizzierten Nachteile hoher Arbeitsgeschwindigkeit durch mancherlei Maßnahmen überwunden, so daß es heute möglich ist, hohe Arbeitsgeschwindigkeit mit feinfühliger Regulierung zu vereinigen. Hierzu gehören: bei Drehstrom die Verwendung polumschaltbarer, sog. Doppelkranmotoren, das Senken schwerer Lasten mit Gegenstrom, die Tippschaltung zur Zurücklegung ganz kleiner Wege, die auch bei Gleichstrom angewendet wird, u. a. m. Bei großen Leistungen und besonders weitgehender Geschwindigkeitsregulierung ist mitunter Leonardschaltung zweckmäßig. Man kann auch mit mechanischen Hilfsmitteln (z. B. Doppelantrieb durch zwei Motoren) eine weitgehende Geschwindigkeitsregulierung erzie-

Zahlentafel 25.

Laufkrane für elektrischen Antrieb (DIN 698)[1].

(Fortsetzung.)

Tragkraft t	Stützweite s m	a Kleinstmaß	b	Richtmaße c	d	e	g	Radstand[2] h	k	Raddruck[2] t	Schienenbreite[2]
	10							2800	600	9,0	55
	12							2800	600	9,4	55
	14	1800		400				2800	600	9,7	55
	16							2800	600	10,1	55
	18							2800	600	10,4	55
10	20	——	230	——	950	1000	400	3000	600	10,9	55
	22							3200	600	11,3	65
	24							3400	600	11,8	65
	26	1900		300				3600	600	12,2	65
	28							3800	600	12,8	65
	30							4000	600	13,4	65
	10							3200	600	12,2	55
	12							3200	600	12,7	55
	14	2100		400				3200	600	13,1	55
	16							3200	600	13,6	55
	18							3200	600	14,0	55
15	20	——	250	——	1000	1100	500	3200	600	14,6	55
	22							3200	650	15,2	65
	24							3400	650	15,7	65
	26	2200		300				3600	650	16,2	65
	28							3800	650	16,8	65
	30							4000	650	17,4	65
	10							3400	650	15,3	65
	12							3400	650	15,7	65
	14	2150		500				3400	650	16,0	65
	16							3400	650	16,6	65
	18							3400	650	17,2	65
20	20	——	275	——	1050	1100	600	3400	650	17,9	65
	22							3400	650	18,5	65
	24							3500	650	19,1	65
	26	2250		400				3600	650	19,7	65
	28							3800	650	20,3	65
	30							4000	650	20,9	75
	10							4000	600	20,6	75
	12							4000	600	21,3	75
	14	2300		700				4000	600	22,0	75
	16							4000	650	22,7	75
	18							4000	650	23,4	75
30	20	——	300	——	1200	1150	600	4000	650	24,1	75
	22							4000	650	24,8	75
	24							4000	650	25,5	75
	26	2400		600				4000	650	26,1	75
	28							4000	700	26,9	75
	30							4000	750	27,6	75
	10							4000	650	26,4	75
	12							4000	650	27,2	75
	14	2500		750				4000	650	28,0	75
	16							4000	650	28,8	75
	18							4000	650	29,6	75
40	20	——	325	——	1300	1400	600	4000	650	30,4	75
	22							4000	700	31,2	75
	24							4000	700	32,0	75
	26	2600		650				4000	700	32,7	90
	28							4000	750	33,5	90
	30							4000	800	34,3	90

len. Welche von diesen Anordnungen jeweils zweckmäßig ist, muß durch genaue Klärung der Arbeitsbedingungen seitens des Auftraggebers mit der Kranfirma und ihrem elektrotechnischen Unterlieferanten besprochen werden.

Einen Anhalt für die Wahl der Arbeitsgeschwindigkeiten von Kranhubwerken und die hierfür benötigten Leistungen gibt Zahlentafel 26. Danach ist die

Zahlentafel 26.
Arbeitsgeschwindigkeiten und Motorleistungen von elektrischen Hubwerken.

Tragkraft kg	Hubgeschwindigkeit m/min	Leistung kW
	Flaschenzüge.	
500	9—10	1,1
1000	6—8	1,5
3000	4	3,0
5000	4	4,5
	Hubwerke von Laufkranen.	
5000	11	12,5
7500	10	18,0
10000	12	27,0
15000	12	40,0
30000	6	40,0
50000	4,5	55,0
75000	3,6	65,0

Geschwindigkeit mit zunehmender Last immer mehr heruntergesetzt, um die Motorleistung nicht zu stark anwachsen zu lassen.

Die Wahl der Vollasthubgeschwindigkeit richtet sich nicht nur nach der Lastgröße, sondern auch nach der Art der zu leistenden Arbeit. Die Eignung eines Hubwerkes für den jeweiligen Verwendungszweck ist in manchen Fällen durch die kleinste erreichbare Geschwindigkeit bedingt. So ist z. B. der Gießereikran ein Trans-

portgerät, das im Formereibetrieb den Charakter einer Werkzeugmaschine annimmt. Die Vollasthubgeschwindigkeit muß deshalb entsprechend klein gewählt werden — etwa 3 m/min —, die dann noch durch Feinregulierung beim Arbeiten mit Modellen, Kernen und Formkästen auf ganz kleine Werte vermindert werden muß. (Feinregelung durch Tippschaltung siehe unten.) Man ist jedoch auch bei solchen Kranen in der Lage, bei Verwendung polumschaltbarer Motoren unter Beibehaltung der Feinregulierung und nach Beendigung der Regulierarbeit auf die doppelte Geschwindigkeit, also z. B. auf 6 m/min für Gießereikrane, bei Lasten bis zur Hälfte der Vollast zu gehen.

Die Katzfahrgeschwindigkeit wird bei Laufkranen meist zu 30 m/min gewählt und nur bei ganz schweren Katzen bis auf etwa 20 m/min vermindert. Bei den Kranfahrwerken wird die Geschwindigkeit nach der Spannweite abgestuft. So wird z. B. ein 20 t-Kran bei 10 m Spannweite mit etwa 100 m/min, bei 30 m Spannweite mit etwa 80 m/min Fahrgeschwindigkeit betrieben, jedoch müssen bei Wahl der Geschwindigkeit Fahrbahnlänge und Benutzungshäufigkeit des Kranes berücksichtigt werden.

Die Wahl des Stromsystems wird bei Fabrikanlagen durch die Hebezeuge nicht beeinflußt; denn sowohl für Gleichstrom wie für Drehstrom stehen Motoren und Steuergeräte zur Verfügung, die allen Anforderungen gerecht werden.

Zahlentafel 25.
Laufkrane für elektrischen Antrieb (DIN 698)[1].
(Fortsetzung.)

Tragkraft t	Stützweite s m	a Kleinstmaß	b	Richtmaße c	d	e	g	Radstand[2] h	k	Raddruck[2] t	Schienenbreite[2]
	10							4200	650	31,8	90
	12							4200	650	32,8	90
	14	2600		800				4200	650	33,7	90
	16							4200	650	34,7	90
	18							4200	650	35,7	90
50	20	——	350	——	1400	1500	600	4200	650	36,6	90
	22							4200	700	37,5	100
	24							4200	700	38,5	100
	26	2700		700				4200	700	39,4	100
	28							4200	750	40,4	100
	30							4200	800	41,3	100
	10							4400	650	37,3	100
	12							4400	650	38,4	100
	14	2800		900				4400	650	39,5	100
	16							4400	650	41,2	100
	18							4400	650	42,9	100
60	20	——	375	——	1450	1550	600	4400	650	43,6	100
	22							4400	700	44,3	120
	24							4400	750	45,4	120
	26	2900		800				4400	750	46,5	120
	28							4400	750	47,7	120
	30							4400	800	48,8	120
	10							4600	750	45,0	100
	12							4600	750	46,7	100
	14	3000		1000				4600	750	48,4	120
	16							4600	750	49,9	120
	18							4600	750	51,3	120
75	20	——	400	——	1500	1600	600	4600	750	52,7	120
	22							4600	850	54,0	120
	24							4600	850	55,4	120
	26	3100		900				4600	850	56,7	120
	28							4600	850	58,2	120
	30							4600	850	59,7	120
	10										
	12										
	14	3200		1500							
	16										
	18										
100	20	——	450	——	1600	1800	600				
	22										
	24										
	26	3400		1400							
	28										
	30										

[1] Wiedergabe erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Dinformat A 4, das durch den Beuth-Verlag GmbH, Berlin S 14, zu beziehen ist.

Bemerkungen: [2] Für Laufkrane mit 4 Laufrädern. Der kleinste Zwischenraum zwischen bewegten Kranteilen und Gebäudesäulen, Dachbindern und sonstigen Gebäudeteilen soll, sofern die Krananlage regelmäßig betreten werden muß, mindestens 400 mm betragen, um Quetschungen zu vermeiden. Die Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der Deutschen Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaften sind zu berücksichtigen.

Laufen die Krane in geschlossenen Hallen und sind sie chemischen Einflüssen nicht ausgesetzt, so werden Motoren offener Bauart benutzt. Bei Aufstellung im Freien sind gekapselte oder regengeschützte Motoren mit einer gegen Feuchtigkeit unempfindlichen Isolation zu verwenden. Gegen chemische Einflüsse sind die Motoren durch Kapselung und eine besonders hochwertige Isolation zu schützen.

Bei Gleichstrom werden Reihenschlußmotoren benutzt, bei Drehstrom Asynchronmotoren. Für Leistungen bis etwa 2 kW sind bei Hubwerken von Flaschenzügen Motoren mit Käfigläufer verwendbar, die teils als Einbaumotoren, teils als Flanschmotoren mit der Hubwinde verbunden sind. Bei größeren Leistungen ist die Verwendung von Käfigläufern nicht mehr zu empfehlen, da der Käfigläufer die Tendenz hat, sofort auf die volle Geschwindigkeit hochzulaufen, und daher nicht reguliert werden kann. Dies macht auch den Käfigläufer für Katzfahrwerke wenig geeignet, weil die Last leicht ins Pendeln gerät.

Die Laufkrane werden für die Höchstlast gebaut, die aber selten vorkommt. Meist liegen die Lasten unter der Hälfte der Höchstlast. Außerdem ist zu beachten, daß bei jedem Kranspiel auf dem halben Wege der leere Haken bewegt wird. Eine wesentlich gesteigerte Ausnutzung des Kranes wird deshalb erzielt, wenn man bei Drehstrom den Doppelkranmotor benutzt. Dies ist ein polumschaltbarer Asynchronmotor mit zwei Drehzahlen, z. B. 750 und 1500 synchronen Umdrehungen, der, wie der normale Asynchronmotor, nur drei Schleifringe aufweist; jedoch sind statt einer einzigen zwei getrennte Wicklungen im Ständer und Läufer vorhanden. Der Doppelkranmotor vereinigt einen Schleifringmotor für niedrigere Drehzahl und einen Kurzschlußmotor für höhere Drehzahl in gleichem Gehäuse. Die beiden Wicklungen werden bei Kranhubwerken für die gleiche Leistung ausgelegt, so daß die Halblast und alle kleineren Lasten mit der doppelten Geschwindigkeit wie die Vollast gehoben werden. Das Steuergerät für den Doppelkranmotor ist so ausgebildet, daß zunächst, wie bei einem normalen Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer, die Ständerwicklung für langsamen Gang eingeschaltet und die Anlaßwiderstände nacheinander kurzgeschlossen werden. Auf den ersten Stellungen wird also bei allen Lasten ein sanfter Anlauf erzielt. Erst auf der letzten Stellung wird die hochpolige Wicklung für 750 Touren abgeschaltet und die Wicklung für 1500 Touren eingeschaltet.

Bei der Planung der Motoren ist die relative Einschaltdauer, der Wechsel der Lasten und die zu leistende Beschleunigungsarbeit zu berücksichtigen. Die Kranmotoren sind einem aussetzenden Betrieb unterworfen, bei dem kurze Einschaltungen mit Pausen abwechseln, die fast immer länger als die Einschaltzeit sind. Das Verhältnis der Einschaltzeit zur Spieldauer wird in den Maschinenregeln (REM) des Verbandes deutscher Elektrotechniker als „relative Einschaltdauer" bezeichnet. Die Normalwerte der relativen Einschaltdauer sind 12, 25 und 40% ED, wobei die Abstempelung des Motors auf dem Leistungsschild kennzeichnet, daß jede Einschaltung mit der vollen auf dem Schild abgestempelten Leistung (Vollastleistung) erfolgen kann. Im Kranbetrieb wird nun die eine Weghälfte des Kranspieles mit Last, die andere Hälfte ohne Nutzlast zurückgelegt. Da sich der Motor beim Heben des leeren Hakens weniger stark erwärmt als beim Heben der vollen Last, so kann bei diesem Wechselleistungsbetrieb die gleiche Leistung während einer längeren relativen Einschaltdauer abgegeben werden, als bei Gleichleistungsbetrieb. Für Hubwerke mit Seilflasche gilt deshalb angenähert:

25% ED Wechselleistung = 15% ED Gleichleistung
40% ED Wechselleistung = 25% ED Gleichleistung.

Bei Fabrikkranen sind je nach der Art des Betriebes die Hubmotoren für 15 bis 25% ED, für Katzfahrwerke Motoren für 15% ED, für Kranfahrwerke solche für 25% ED zu wählen. Die Leistungen sind als Gleichleistungen festzulegen (entsprechend der Abstempelung nach den VDE-Regeln). Bei Kranfahrwerken ist die Beschleunigungsarbeit zu berücksichtigen[1].

Es sei ferner auf folgende Regeln und Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker hingewiesen:

für die Motoren auf die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (REM/1930)", und zwar deren Bestimmungen für aussetzenden Betrieb, für die Steuergeräte auf die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Bremslüftern für aussetzenden Betrieb" (RAB 1927);
für die Fahrleitungen auf die „Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen und Transportgeräten";
für die Installation auf die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" (VES 1/1930).

[1] Genaue Unterlagen für die Planung gibt das im Verlag S. Hirzel, Leipzig, erschienene Buch: Elektromotoren für aussetzenden Betrieb und Planung von Hebezeugantrieben von C. Schiebeler.

Bei der Wahl der Steuergeräte sind folgende Gesichtspunkte maßgebend: Man unterscheidet nach dem mechanischen Aufbau drei Gruppen von Steuergeräten: Steuerwalze, Steuerschalter und Schützensteuerung. Bei den Steuerwalzen, die für Fabrikkrane fast ausschließlich in Betracht kommen, führen die Walzen den Strom unmittelbar über den aufgeschraubten Kontaktbelag (Kontaktwalze) zu Schleifkontakthämmern. Bei den Steuerschaltern, die hauptsächlich für schweren Betrieb (Hüttenkrane) bei größeren Schaltleistungen verwendet werden, ist die Walze als Nockenwalze ausgebildet, die mit aufgeschraubten Kurvenstücken (Nocken) die Einzelschalter des Fahrschalters mechanisch öffnet oder schließt. Für sehr große Schaltleistungen sind Schützensteuerungen zu benutzen, bei denen durch Elektromagnete betätigte Einzelschalter — Schütze — geschaltet werden. Die Elektromagnete der Schütze werden durch eine kleine, als Meisterwalze bezeichnete Steuerwalze geschaltet.

Die verschiedenartigen Triebwerke, Hubwerk, Katz- und Kranfahrwerke u. a., erfordern je nach dem Verwendungszweck des Kranes verschiedenartige Schaltungen. Bei Fahrbetrieben stehen die Fahrschaltung (einfache Umkehrschaltung) und die Fahrbremsschaltung, bei der zwischen den Fahrstellungen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt mittlere Bremsstellungen eingeschaltet sind, zur Verfügung. Bei Hubbetrieben müssen durchziehende Lasten mit elektrischer Bremsschaltung gesenkt werden.

Bei Gießerei-, Montage- und Nietkranen wird eine besonders feine Regelung der Hub- und Senkbewegung verlangt. Es kommt nicht darauf an, zwischen der kleinsten und größten Geschwindigkeit eine möglichst große Zahl von Zwischenstufen zu besitzen, sondern es ist beim Anlauf auf eine möglichst kleine Geschwindigkeit herunterzuregulieren. Die Anlaßwiderstände regeln nun um so schlechter, je weniger der Motor belastet wird, so daß durch Einschaltung des ersten Kontaktes allein die Geschwindigkeit, z. B. bei Gießereikranen, nicht genügend vermindert wird. Man hat sich früher durch sogenanntes Stromspritzergeben geholfen, wobei die Steuerwalze in kurzen Zeitabständen schnell auf der ersten Stellung ein- und sofort wieder ausgeschaltet wurde. Hierbei arbeitete zugleich der Magnetbremslüfter, d. h. die mechanische Bremse wurde wiederholt schnell nacheinander geöffnet und wieder geschlossen. Neuerdings benutzt man die Tippschaltung, bei der die Steuerwalze auf dem ersten Kontakt eingeschaltet und damit die Bremse gelüftet bleibt, während der Motorstrom durch Drücken eines Fußschalters oder Druckknopfes, die einen elektromagnetischen Schalter, ein Schütz, betätigen, ein- und ausgeschaltet wird. Das Schütz folgt den Impulsen des Betätigungsschalters sofort; man ist mit der Tippschaltung in der Lage, den Motoranker weniger als eine halbe Umdrehung zurücklegen zu lassen und eine außerordentliche Verfeinerung der Regelung zu erreichen. Bei einem Gießereikran von 3 m/min Vollasthubgeschwindigkeit ist man in der Lage, durch die Tippschaltung Wege von weniger als 1 mm zurückzulegen. Ein besonders großer Regulierbereich ergibt sich, wenn man die Tippschaltung in Verbindung mit einem Doppelkranmotor anwendet.

In dem durch die Steuerwalze geschalteten Widerstandsgerät wird die elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Maßgebend für die Bemessung des Widerstandsgerätes ist die Erwärmung, die durch den Motorstrom während des Anlassens und Regelns herbeigeführt wird und die Abkühlung in den stromlosen Pausen. Für die Leistungsbewertung gilt die relative Einschaltdauer, die Anlaßhäufigkeit, die Anlaßzeit sowie die Regelhäufigkeit und Regelzeit. Der VDE hat für die Widerstände Bau- und Bewertungsvorschriften erlassen (RAB) und zur Berücksichtigung der verschiedenen Arbeitsbedingungen 3 Reihen von Widerständen aufgestellt. Diese (RAB)-Vorschriften behandeln auch die Bremslüfter, die zugleich mit dem Einschalten des Motors durch die Steuerwalze die mechanische Bremse lüften. Es werden Magnetbremslüfter und Motorbremslüfter unterschieden. Die Magnetbremslüfter haben den Vorteil der größeren Einfachheit und werden für beide Stromarten gebaut. Motorbremslüfter finden für Drehstrom bei größeren Hubarbeiten Verwendung, um die den Drehstrom-Magnetbremslüftern eigene große Stromaufnahme aus dem Netz im Moment des Anziehens zu vermeiden. Die Bewertung der Bremslüfter erfolgt ebenso wie die der Motoren nach der relativen Einschaltdauer (% ED). Bei den Drehstrom-Magnetbremslüftern ist für die Erwärmung neben der relativen Einschaltdauer auch noch die Schalthäufigkeit je Stunde maßgebend, da der Einschaltstrom wesentlich größer als der nach Beendigung des Hubes sich einstellende Haltestrom ist.

Zur Sicherung gegen Unfälle schreiben die Unfallverhütungsvorschriften (§ 14) für die Hubbewegung Begrenzung durch Endausschalter vor. Allgemein sind derartige Endschalter dort erforderlich, wo beim Überschreiten der betriebsmäßigen Endlage die lebendige Kraft des Triebwerkes dessen Beschädigung oder gar eine Gefährdung von Menschenleben hervorrufen kann.

Bei den für Endschaltung eingerichteten Steuergeräten wird der Motorstromkreis nur für die gefährdete Bewegungsrichtung unterbrochen, ein Zurückfahren in der anderen Richtung ist durch einfaches Umstellen der Steuerwalze möglich. Beim Abtrennen des Motors vom Netz fällt gleichzeitig der bei Endschaltung stets erforderliche Bremslüfter ein, um die Nachlaufstrecke abzukürzen.

Zum Schutz gegen Überlastung dienen Sicherungen oder selbsttätig wirkende Überstromauslöser. Die Errichtungsvorschriften des VDE (VES 1/1930) schreiben zunächst nur einen Schutz der Leitungen vor und haben für jeden Querschnitt für aussetzenden Betrieb die höchstzulässige Stromstärke festgelegt (§ 20 2), wobei dieser Wert höher liegt als bei Dauereinschaltung. Die Vorschriften lassen ferner zu, daß die Nennstromstärken der Sicherungen bis zum 1,5fachen des für den jeweiligen Querschnitt zugelassenen Aussetzstromes betragen dürfen. Es ist damit der Tatsache Rechnung getragen, daß sehr häufig und flott eingeschaltet werden muß. Da der Verbrauch an Sicherungen im Kranbetrieb doch wesentlich größer ist als bei Dauereinschaltung, verwendet man neuerdings fast ausschließlich Höchststrom-Selbstausschalter. Das Kranschaltgerät besteht aus einem Schaltkasten mit eingebautem Selbstausschalter mit Höchststrom-Nullspannungsfreiauslösung und mit mehreren Relais, wobei für jeden Motor ein besonderes Relais und für alle Motoren zusammen noch je ein gemeinsames Relais in den Zuleitungen vorhanden ist. Bei einem Dreimotorenlaufkran für Drehstrom sind also insgesamt 5 Relais in dem Kranschaltkasten eingebaut. Die für alle Motoren gemeinsamen Relais, die den Summenstrom aller gleichzeitig arbeitenden Motoren führen, wirken unverzögert, um sofort bei Kurzschluß anzusprechen, während die Einzelrelais zweckmäßig eine Auslöseverzögerung erhalten, damit sie bei den Einschaltstromspitzen nicht ansprechen, sondern nur bei längerer Motorüberlastung eine Auslösung des Selbstschalters durch das Relais erfolgt. Die Auslöseverzögerung beruht auf mechanischem oder thermischem Prinzip.

Der Selbstausschalter löst auch aus, wenn die Spannung ausbleibt. Um zu erzielen, daß beim Einschalten des Schaltkastens alle Steuerwalzen in der Nullstellung stehen (Nullschaltungszwang), sind Sonderschaltungen entwickelt worden. Die Bedienung des Schaltkastens erfolgt durch einen Handgriff, der derart mit dem Deckel des Schaltkastens verriegelt ist, daß ein Öffnen des Deckels nur bei ausgeschaltetem Schalter möglich ist.

Offene Schalttafeln mit einem auf Marmor oder Schiefer aufgebauten Hebelschalter bieten keine genügende Sicherheit im Sinne der Errichtungsvorschriften. Nur bei Verwendung von eisengekapselten Schaltkästen ist eine genügende Betriebssicherheit gewährleistet. Der Kranschaltkasten wird deshalb ganz in Eisen gekapselt, um einmal den Führer gegen Berührung spannungführender Teile und zweitens den Schalter und die Relais selbst gegen Beschädigung durch rauhe Behandlung sowie gegen Staub, Nässe und Dämpfe zu schützen. Das gleiche gilt auch für die Lichtschaltkästen. In den Unfallverhütungsvorschriften ist festgelegt, daß die Lichtleitung vor dem Hauptschalter für die Motoren abgezweigt wird. Dies gilt auch für den Anschluß von Lasthebemagneten.

Für die Installation von Kranen sind die Errichtungsvorschriften (VES 1/1930 § 28g) zu beachten. Es wird dort u. a. darauf hingewiesen, daß Vorkehrungen getroffen werden müssen, die den Führer sowohl auf dem für das Besteigen und Verlassen des Führerstandes vorgesehenen Weg gegen zufällige Berührung von Schleifleitungen als auch in Reichweite vom Steuerplatz gegen zufällige Berührung spannungführender Teile jeder Art schützen. Die festverlegten Leitungen müssen in und am Führerstand gegen Beschädigungen geschützt sein.

Für die Beleuchtung ist zu beachten, daß nach den Errichtungsvorschriften § 16 bei Wechselstrom keine höhere Spannung als 250 V gegen Erde verwendet werden darf. (Bei 380 V mit geerdetem Nulleiter ist diese Bedingung erfüllt.)

Sämtliche metallischen Gehäuse der Motoren, Steuergeräte und Schaltgeräte sind bei Anlagen über 250 V zu erden.

Für Krane, die in geschlossenen und trockenen Räumen arbeiten, sind armierte Gummiaderleitungen ohne Bleimantel, sog. Panzerader, zweckmäßig. Einen besonders guten mechanischen Schutz der Leitungen bietet die sog. Bandpanzerleitung, die bei großer Biegsamkeit eine kräftige Außenarmierung aufweist. Für den Anschluß von Lasthebemagneten und beweglichen Lampen, die an Steckkontakte angeschlossen werden, ist Gummischlauchleitung zu benutzen. Mit Rücksicht auf die Erschütterungen des Kranbetriebes ist eine besonders sorgfältige Verlegung erforderlich. Auch werden mit Rücksicht auf die große Zahl der durch die Steuerung bedingten Leitungen zwecks Vermeidung von Drahtbrüchen Querschnitte unter 2,5 mm^2 keinesfalls verlegt und zweckmäßig 4 mm^2 als kleinster Querschnitt benutzt.

Bei Bemessung der (blanken) Schleifleitungen (Fahrleitungen) sind die vom VDE herausgegebenen „Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte“ zu beachten.

Eine besondere Ausführung ist bei Kranen, die in explosionsgefährlichen Räumen laufen, erforderlich. Alle elektrischen Ausrüstungsgegenstände, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, müssen hierbei explosionssicher ausgeführt werden. Die Motoren sind daher in ganz geschlossener Ausführung, mit Kabelendverschlüssen für Ständer und Läufer, die Kontroller als Ölkontroller, die Widerstände schlagwettersicher und geschlossen, die Endschalter als Ölendschalter, die Bremsmagneten mit Kabelendverschlüssen und starken Verkleidungsblechen zu wählen. Die Leitungen sind in geschlossenen Rohren zu verlegen oder als Kabel auszuführen. Die Stromzuführung erfolgt nicht durch Schleifleitungen, sondern durch biegsame Kabel, die über Leitrollen geführt werden und sich auf zurückfedernde Trommeln selbsttätig aufwickeln.

Auch Krane, die dem chemischen Angriff von Säuredünsten ausgesetzt sind, müssen eine Spezialausführung erhalten. Besonders gilt dies für den elektrischen Teil. Auch hier sind durchweg geschlossene Ausführungen zu verwenden. Die zweckmäßigste Stromart ist hier auf jeden Fall Drehstrom, da der Drehstrommotor — zumal in der Bauart mit Kurzschlußläufer (für größere Leistungen zwecks Regulierung polumschaltbar) — bedeutend unempfindlicher gegen derartige Betriebsverhältnisse ist als der Gleichstrommotor. Die Wicklungen der Motoren sind säurebeständig zu imprägnieren.

Das Bestreben der Kranindustrie geht dahin, die Krane immer mehr zu normalisieren und zu typisieren. Für Laufkrane stößt dies wegen der Verschiedenheit der Gebäudeabmessungen auf gewisse Schwierigkeiten, so daß die Normung hier hauptsächlich auf Konstruktionseinzelheiten, Antriebe u. dgl. beschränkt bleibt. Eine vollkommene Typisierung des gesamten Hebezeugs ist dagegen bei den Elektroflaschenzügen erreicht worden, wenngleich auch hier naturgemäß noch Unterschiede zwischen den Ausführungen der verschiedenen Firmen bestehen. Die Elektrozüge lassen sich als reine Windwerke, ferner vereinigt mit Handlaufkatzen und Elektrolaufkatzen ausführen. Die Laufkatzen sind meist als Einschienenkatzen, seltener als Zweischienenkatzen gebaut. Auch lassen sich offene oder geschlossene Führersitze ankuppeln, so daß hierdurch sog. Führerstandslaufkatzen entstehen (siehe Abb. 43 im Abschnitt „Gründungen“).

Als Anhalt für die Projektierung von Elektrozuganlagen sind in Zahlentafel 27 die wichtigsten Abmessungen[1] enthalten. Die Angaben beschränken sich auf Drehstromzüge. Einen Schritt weiter in der Richtung auf eine vollkommene Normalisierung ist die Demag durch die Konstruktion der sog. Hängekrane gegangen (siehe Abb. 230).

Einige bemerkenswerte Krananlagen zeigen die einzelnen Abbildungen des Abschnittes „Tragwerke“.

[1] Nach Angaben der Demag-Duisburg.

Zahlentafel 27. Elektroflanschenzüge.

Tragkraft, zweisträngig .	kg	750	750	1500	1500	1500	2500	3000	5000
Hubhöhe (Hakenweg) mit		9,5	20	9	13,5	21	16,5	8,5	11
Seilspanner	ca. m	9,5	26,5	8	13,5	19,5	11,5	7	6
Hubgeschwindigkeit . .	ca. m/min	1,6	4,4	2,6	4,4	6,2	6,2	4,4	6,2
Hubmotor	ca. kW								
Laufbahnträger	I NP	18-28	18-28	18-28	24-34	24-34	24-34	24-34	32-42,5
Fahrmotor	ca. kW	0,7	1	1	1	1	1	1	1,4
Fahrgeschwindigkeit .	ca. m/min	35	35	35	30	30	30	30	30
Gewicht.	ca. kg	250	490	320	540	740	740	540	790
Bauhöhe c	mm	830	930	930	1000	1100	1180	1100	1350
Breite f.	mm	600	600	600	650	650	650	650	700
Breite h.	mm	550	680	680	730	730	730	730	750
Radstand g	mm	203	203	203	292	292	292	292	349

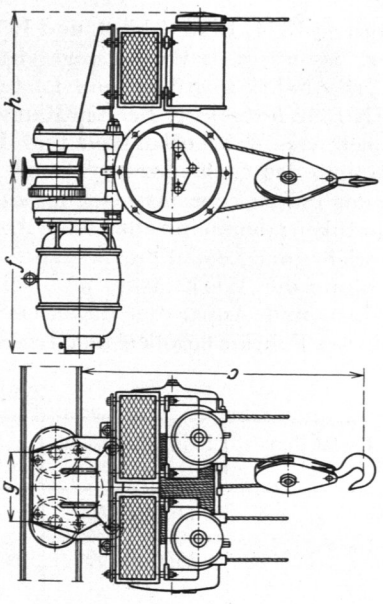


Abb. 229. Skizze zu Zahlentafel 27.

In engster Verbindung mit den Gebäuden stehen die **Aufzüge,** so daß die Hauptabmessungen dieser Hebezeuge schon bei der Planung der Bauten bekannt sein müssen. Der Verband der Aufzugsfabrikanten hat hierfür Normen entwickelt, die niedergelegt sind in den DIN-Blättern:

1363 Bl. 1 bis 5 für Aufzüge von 100 bis 500 kg Tragkraft,
1364 für Aufzüge von 500 bis 1000 kg Tragkraft,
1365 für Aufzüge von 1000 bis 2000 kg Tragkraft,
1366 Bl. 1 und 2 für Kleinlastenaufzüge von 50 oder 100 kg Tragkraft.

Die Normen DIN 1363 bis 1365 gelten für Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung. Für Personenaufzüge, die aber im Fabrikbau weniger interessieren, sind außerdem die Normblätter 1369 bis 1372 entwickelt worden. Für Personenumlaufaufzüge (Paternoster) gelten die DIN-



Abb. 230. Hängekran, zusammengestellt aus genormten Bauteilen.

Normen 1374, Blatt 1 bis 3, und 1375, Blatt 1 bis 3. Solche Aufzüge kommen im Fabrikbau öfter vor, besonders in Verwaltungsgebäuden.

Die Fahrkorbgrößen von Lastenaufzügen sind im Normblatt DIN 1361, die Laststufen in DIN 1362 festgelegt. Bei der Mannigfaltigkeit der in diesem Normblatt aufgestellten Kombinationen von Fahrkorbgrößen und Laststufen fällt die Auswahl schwer, zumal wenn bei der Planung des Gebäudes noch keine genauen Angaben über die zu fördernden Lasten vorliegen. In der Praxis kann man sich im allgemeinen aber auf eine geringe Zahl von Kombinationen beschränken; denn eine allzu feine Abstufung ist schon deshalb wertlos, weil die Abmessungen und Gewichte der Lasten im Laufe der Jahre doch wechseln. Auch ist zu beachten, daß bei der Einrichtung der Werkstätten und bei etwaigen Umzügen die Aufzüge zur Beförderung von Maschinen und Apparaten dienen müssen. In Zahlentafel 28 sind die im Fabrikbau gebräuchlichsten Fahrkorbgrößen und Laststufen unter Berücksichtigung der DIN-Normen zusammen-

Zahlentafel 28. Fahrkorbgrößen.

Laststufen kg	Fahrkorbgrößen mm	Laststufen kg	Fahrkorbgrößen mm	Laststufen kg	Fahrkorbgrößen mm
I über 100—500	1100 × 1500 1300 × 1750 1500 × 2000	II über 500—1000	1300 × 1750 1500 × 2000 2000 × 2500 2000 × 3000	III über 1000—5000	1500 × 2000 2000 × 2500 2000 × 3000 2500 × 3000

gestellt; die in der Zahlentafel 22 angegebenen Eigengewichte und Nutzlasten von Elektrokarren erleichtern die Wahl der Laststufen, wenn überhaupt die Förderung mit Elektrokarren in Frage kommt. Ferner zeigen die Abb. 231 und 232 die Abmessungen der Schächte und Maschinenräume nach DIN 1363—1365[1].

Der Deutsche Aufzugsausschuß hat „Technische Grundsätze für den Bau von Aufzügen" (DIN 1360) aufgestellt, die nachstehend nur so weit im Auszug wiedergegeben werden[1], wie sie für die Planung der Gebäude unmittelbare Bedeutung haben:

Führeraufzüge, Selbstfahrer, Umstellaufzüge und Lastenaufzüge.

I. Fahrschacht.

Ziff. 1. Jeder Fahrschacht, ausgenommen bei Aufzügen auf Schiffen, muß so tief heruntergeführt werden, daß unter dem Fahrkorb in seiner tiefsten Betriebsstellung eine freie Höhe von mindestens 1 m verbleibt. In der Schachtgrube sind feste Anschläge derart anzubringen, daß im Falle des Niedergehens des Fahrkorbes unter die tiefste Betriebsstellung eine lichte Höhe von mindestens 0,5 m zwischen der Schachtsohle und dem tiefsten Punkt des Fahrkorbes verbleibt.

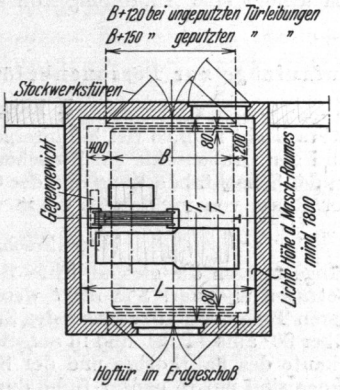


Abb. 231.

Ziff. 2. Die Schachtgrube muß von außen zugänglich sein. Der Zugang muß unter Verschluß gehalten werden, der Verschluß muß unabhängig von den Tür- und Steuersicherungen der übrigen Schachtzugänge sein.

Ziff. 3. Jeder Fahrschacht, ausgenommen bei Aufzügen auf Schiffen, muß so hoch ausgeführt werden, daß über dem Fahrkorb in seiner höchsten Betriebsstellung, gemessen von der Oberkante der Fahrkorbdecke, eine freie Höhe verbleibt, die dem in einer Sekunde zurückgelegten Fahrweg entspricht, mindestens aber 1 m betragen muß.

Ziff. 4. Nebeneinanderliegende Fahrbahnen von Aufzügen sind von 0,5 m Höhe über Schachtsohle bis zum höchsten Punkt der Fahrkörbe oder Gegengewichte in ihrer höchsten Betriebsstellung durch Zwischenwände voneinander zu trennen.

Ziff. 5. Alle Bauteile und Betriebsmittel müssen so angeordnet oder geschützt sein, daß auf der Fahrkorbdecke beschäftigte Personen nicht zu Schaden kommen können.

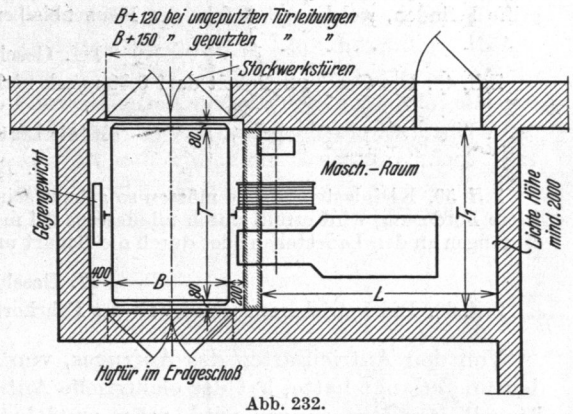


Abb. 232.

Abb. 231 u. 232. Abmessungen von Aufzugsschächten und Maschinenräumen. (Oben Maschine über dem Schacht, darunter Maschine untenliegend, neben dem Schacht.)

II. Fahrschachtzugänge.

Ziff. 6. Die Zugangsöffnungen zum Fahrschacht dürfen nicht breiter sein als der Fahrkorb und sind durch Fahrschachttüren zu verschließen. Sie müssen bei betretbaren Aufzügen eine lichte Höhe von mindestens 1,8 m haben.

Ziff. 7. Die Türen dürfen nicht in die Fahrbahn hineinschlagen und müssen so beschaffen sein, daß Menschen durch sie nicht zu Schaden kommen können. Sie dürfen nicht von überragenden Teilen der Ladung ausgehoben werden können. Klapptüren (Flügeltüren) müssen bündig mit der inneren Schachtwand schließen. Bei Schiebetüren darf der Abstand zwischen der Tür und der Vorderkante des Fahrkorbes 15 cm nicht überschreiten.

Ziff. 8. Senkrecht bewegliche Schiebetüren (Hubgitter), die sich in Abhängigkeit von der Bewegung des Fahrkorbes selbsttätig öffnen und schließen, sind nur an den Endhaltestellen zulässig. Ihre Geschwindigkeit darf 0,3 m/sek nicht überschreiten.

		$T_1 \geqq$	$T_1 \geqq$
Laststufe	I	2400	2400
,,	II	2500	2500
,,	III (bis 2000 kg)	2700	2700
,,	III (über 2000 kg)	3000	3000—4000

III. Zulässige Geschwindigkeiten.

Ziff. 9. Die in der Beschreibung (Anlage 1 der Verordnung) festzulegende Betriebsgeschwindigkeit des Fahrkorbes soll in der Regel nicht mehr als 1,5 m/sek betragen.

Ziff. 10. Höhere Betriebsgeschwindigkeiten sind nur mit besonderer Genehmigung gemäß § 16 Abschnitt 1 der Verordnung zulässig.

---

[1] Wiedergabe erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Dinformat A 4, das durch den Beuth-Verlag, Berlin S 14, zu beziehen ist.

Abweichend hiervon darf bei Lastenaufzügen zur Ofenbeschickung die Geschwindigkeit den Erfordernissen des Betriebes angepaßt werden.

Ziff. 11. Bei Personenaufzügen müssen die zum Stillsetzen oder Abbremsen des Fahrkorbes vorgesehenen Sicherheitsvorrichtungen (vgl. IV Ziff. 12, 14 und IX Ziff. 33) spätestens beim Erreichen der 1,4fachen Betriebsgeschwindigkeit ausgelöst werden (zulässige Auslösegeschwindigkeit).

X. Gegengewichte.

Ziff. 35. Die Gegengewichte der Aufzüge müssen aus einem Stück oder aus mehreren sicher und unverrückbar miteinander verbundenen Teilen bestehen, geführt und so angeordnet sein, daß sie ihre Führungen am oberen und unteren Ende nicht verlassen können.

Ziff. 36. Endigt die Gegengewichtsbahn nicht auf festem Boden, so ist dafür zu sorgen, daß sich das Gegengewicht beim Bruch der Tragmittel auf ein widerstandsfähiges Widerlager aufsetzt. Sofern diese Bedingung nicht erfüllt werden kann, ist das Gegengewicht mit einer Fangvorrichtung zu versehen. Befinden sich unter der Fahrbahn von Menschen häufig betretene Räume, so ist auf jeden Fall ein Widerlager vorzusehen.

Ziff. 37. Innerhalb des Fahrschachtes liegende Gegengewichtsbahnen müssen in ihrer ganzen Höhe verkleidet werden. Dazu genügt eine Anordnung von senkrecht durchlaufenden Stäben mit höchstens 6 cm Zwischenraum.

Umlaufaufzüge zur Personenbeförderung (Personenumlaufaufzüge).

I. Fahrschacht.

Ziff. 43. Jeder Fahrschacht muß so tief hinuntergeführt werden, daß zwischen der Unterkante der Fahrkorbführungsbügel und der Grubensohle ein Zwischenraum von mindestens 0,5 m verbleibt.

Ziff. 44. Zwischen der Schachtabdeckung und der Oberkante der Fahrkorbwandungen oder der Fahrkorbdecken muß ein freier Raum von mindestens 0,5 m verbleiben.

II. Fahrschachtzugänge.

Ziff. 45. Die Zugänge müssen die gleiche lichte Breite haben wie die Fahrkörbe. Ihre lichte Höhe muß mindestens 2,60 m betragen und darf 3 m nicht wesentlich überschreiten.

Ziff. 46. Im vorderen Teile des Fußbodens jedes Zuganges an der Auffahrtseite sind Klappen vorzusehen, die nach oben nicht über 90^0 aufschlagen und in aufgeklappter Stellung einen lichten Raum von 0,25 m Breite zwischen der Vorderkante des Fahrkorbes und der Schachtwand freigeben[1].

Ziff. 47. Die Zugänge sind mit in ganzer Höhe durchlaufenden, glatten, seitlichen Auskleidungen zu versehen, die mindestens 0,23 m in den Schacht hineinragen. In jedem Zugang müssen sich beiderseits lange Handgriffe befinden, welche die Gefahr des Hängenbleibens ausschließen.

III. Geschwindigkeit.

Ziff. 48. Die Geschwindigkeit darf 0,30 m/sek nicht übersteigen.

Kleinlastenaufzüge.

I. Bauart.

Ziff. 59. Kleinlastenaufzüge müssen so gebaut sein, daß sie von Menschen nicht betreten werden können. Diese Forderung wird erfüllt durch mindestens 0,4 m hohe Brüstungen oder nicht über 1,2 m hohe Schachtöffnungen an den Ladestellen oder durch die Bauart und die Abmessungen des Schachtes oder des Fahrkorbes.

II. Geschwindigkeit.

Ziff. 60. Die Betriebsgeschwindigkeit des Fahrkorbes soll in der Regel nicht mehr als 1,5 m/sek betragen.

Von den Antriebsarten des Aufzuges, von denen die hydraulische früher eine gewisse Bedeutung erlangt hatte, hat der elektrische Antrieb allein das Feld behauptet. Bevor auf dessen Einzelheiten eingegangen wird, möge zunächst die den Fabrikbauer in erster Linie interessierende Frage behandelt werden, wo der Aufzugsmaschinenraum zweckmäßig anzuordnen ist. Die Lage der Aufzugsmaschine unten neben dem Schacht ist deshalb von Vorteil, weil die Überwachung der maschinellen Anlage hier bequemer ist und infolgedessen auch häufiger ausgeführt wird als bei oben liegenden Aufzugsmaschinen. Außerdem ist meist der Transport und die Montage der Aufzugsmaschine bei unterer Anordnung erleichtert. Aufzugstechnisch ist dagegen die Lage der Maschine über dem Schacht, besonders bei den heute allgemein üblichen Treibscheibenaufzügen, vorzuziehen, da hierbei die Seile die wenigsten Umlenkungen erfahren, was sich in erhöhter Lebensdauer und verringertem Leerlaufkraftbedarf ausdrückt.

Abb. 233 zeigt eine Aufzugsanlage mit unten liegender Maschine (im Keller). Bei großer Erdgeschoßhöhe kann der Maschinenraum auch im Treppenhaus unter den Aborten angeordnet

[1] Die aufklappbaren Fußbodenschwellen in den Zugängen sollen verhüten, daß in die Fahrbahn ragende Körperteile gequetscht werden; die Schwellen dürfen nicht über 90^0 aufklappen können und müssen von selbst wieder zurückfallen, da sonst 25 cm breite Zwischenräume verbleiben, durch die Menschen Schaden erleiden könnten. Die seitlichen Auskleidungen müssen also Anschläge für die Fußbodenschwellen erhalten, die möglichst wenig vorstehen sollen.

werden, wenn kein Kellergeschoß vorhanden ist. Abb. 234 zeigt eine Aufzuganlage mit Treibscheibenwinde direkt über dem Schacht. Bezüglich der Anordnung der Aufzuganlagen im Treppenhaus sei im übrigen auf die Ausführungen unter „Treppenanlagen“ verwiesen.

An baulichen Einzelheiten ist noch die Ausbildung der Schachtöffnungen für die Aufzugtüren von Wichtigkeit. Bei der Festlegung der lichten Höhe der Maueröffnungen ist auf die Anordnung der „schwingenden Leiste“ zu achten, die zur Betätigung der Steuerungsverriegelung bei geöffneten Schachttüren dient. Abb. 235 zeigt den ungefähren Platzbedarf dieser Einrichtung. Die lichten Maße der Aufzugtüren sind unter „Tore und Türen“ behandelt.

Wie bei den Kranen ist auch bei den Aufzügen eine der wichtigsten Aufgaben des Bestellers die Festlegung der Geschwindigkeit. Nach den amtlichen Vorschriften ist diese nach oben mit 1,5 m/sek begrenzt; für größere Geschwindigkeiten ist Konzession nachzusuchen. Als untere Grenze kann man bei ganz schweren, selten benutzten Aufzügen 0,3 m/sek annehmen. Die Geschwindigkeitswahl wird weiter von der Ausnutzung des Aufzuges, d. h. von der täglichen Benutzungsdauer bzw. von den Wartezeiten für Ein- und Ausladen beeinflußt. Eine besondere Bedeutung in dieser Hinsicht hat naturgemäß die Förderhöhe. Wenn ein Aufzug nur immer von einem Stockwerk zum nächsten zu fördern hat, so lohnt sich eine große Geschwindigkeit überhaupt nicht, da der Weg zur Beschleunigung von Stillstand auf volle Geschwindigkeit zu

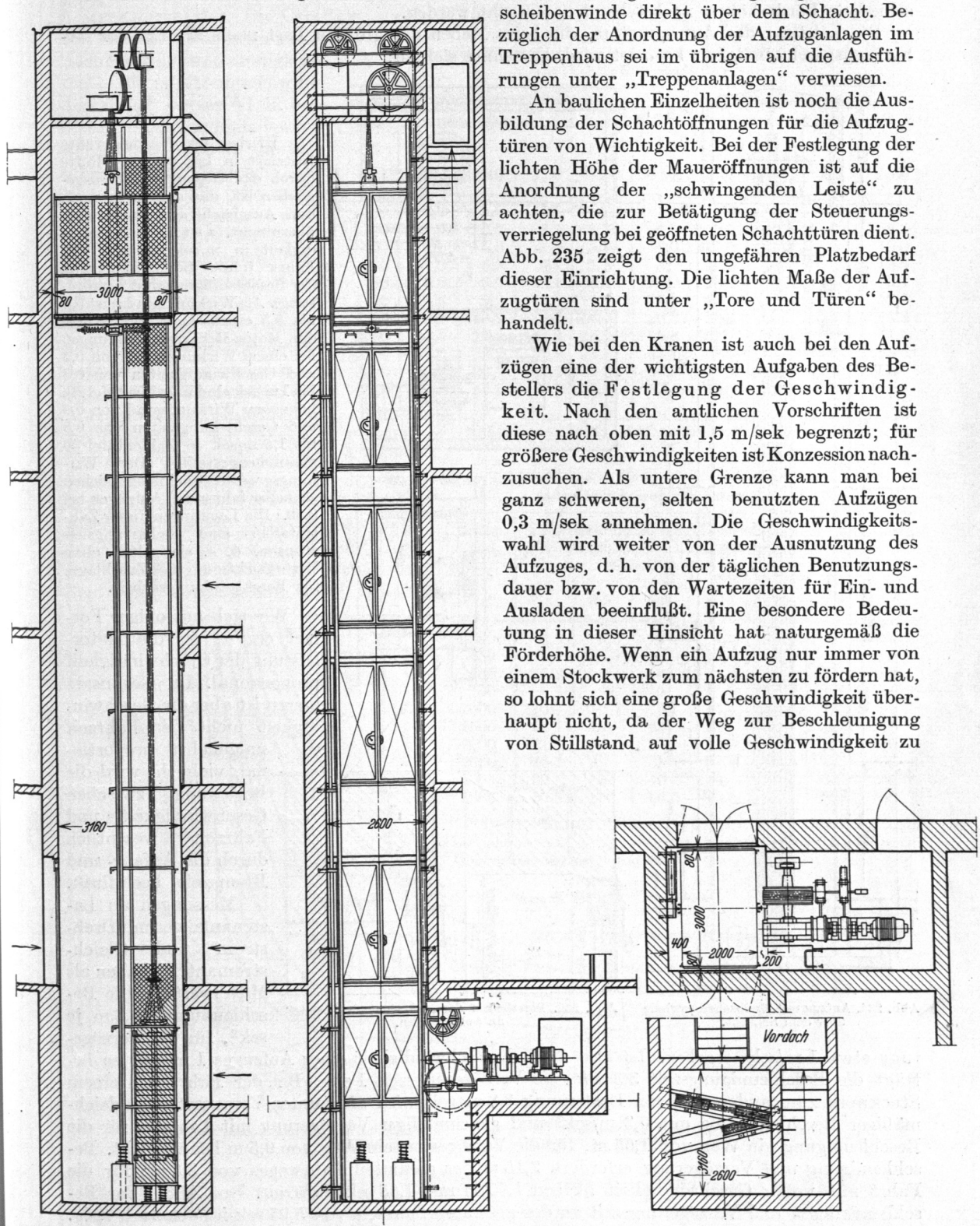


Abb. 233. Aufzug mit unten liegender Maschine.

kurz ist. Deshalb möge die Beziehung zwischen Motorleistung und Geschwindigkeit für verschiedene Förderhöhen nachstehend untersucht werden.

Die Leistung des Aufzugmotors, die beim Heben der größten Last nach Eintritt der Beharrungsgeschwindigkeit benötigt wird, berechnet sich zu:

$$N_{PS} = \frac{\frac{P}{2} \cdot v}{75 \cdot \eta}.$$

Hierbei ist P die größte Nutzlast in kg, die zur Hälfte durch das Gegengewicht ausgeglichen ist, das außerdem noch den Ausgleich des Fahrkorbes übernimmt. v ist die Geschwindigkeit in m/sek während der Fahrt (ohne Berücksichtigung der Beschleunigung und Verzögerung). Als Wirkungsgrad η ist 0,3 bis 0,5 einzusetzen. Die Werte der Motor-Beharrungsleistungen bei einem Wirkungsgrad von 0,3 und Geschwindigkeiten von 0,3 bis 1 m/sek sind in Zahlentafel 29, bei einem Wirkungsgrad von 0,5 und Geschwindigkeiten von 0,8 bis 1,5 m/sek in Zahlentafel 30 zusammengestellt. (Der Wirkungsgrad liegt bei neuzeitlichen schneller fahrenden Aufzügen bei 0,50.) Die Leistungen dieser Zahlentafeln sind Beharrungsleistungen, d. h. sie gelten ohne Berücksichtigung des Zuschlages für Beschleunigungsarbeit.

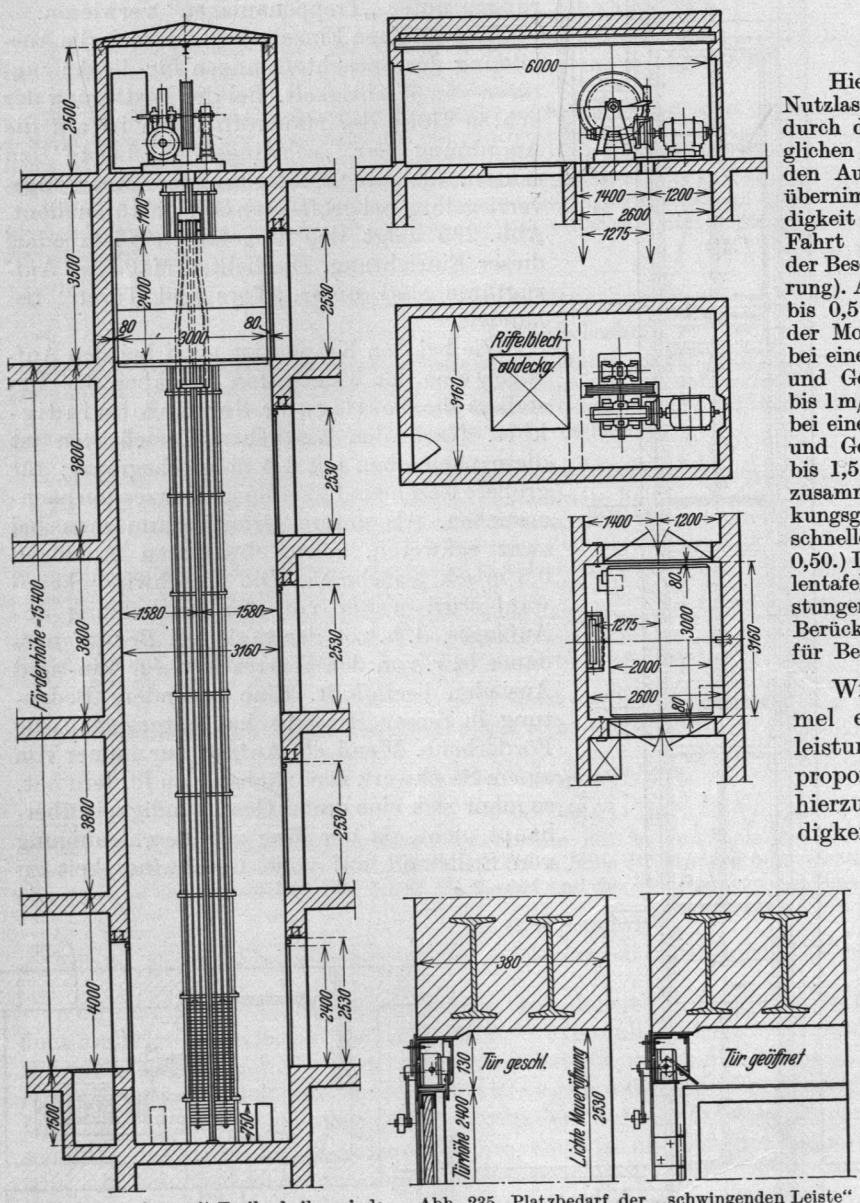


Abb. 234. Aufzug mit Treibscheibenwinde über dem Schacht.

Abb. 235. Platzbedarf der „schwingenden Leiste" an Aufzugstüren.

Wie sich aus obiger Formel ergibt, ist die Motorleistung der Geschwindigkeit proportional. Im Gegensatz hierzu ist aber die Geschwindigkeit nicht der Fahrzeit umgekehrt proportional, vielmehr wird die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Fahrzeit wesentlich durch die Anfahr- und Bremszeit beeinflußt.

Messungen an Lastenaufzügen mit Drehstrom und Gleichstromantrieb haben als Mittelwert für die Beschleunigung 0,3 m je sek², für die Verzögerung etwa 1 m/sek² ergeben. Ist also die Fahrgeschwindigkeit eines Aufzuges 1 m/sek, so beträgt die Beschleunigungszeit 3,3 sek, die Verzögerungszeit 1 sek. Bei der Fahrt von einem Stockwerk zum anderen, deren Entfernung 3,8 m sei, wird also unter Voraussetzung gleichmäßiger Beschleunigung mit 0,3 m/sek² und gleichmäßiger Verzögerung mit 1 m/sek² für die Beschleunigung ein Weg von 1,65 m, für die Verzögerung ein Weg von 0,5 m beansprucht. Beschleunigung und Verzögerung erfordern 2,15 m des gesamten Fahrweges von 3,8 m; für die Fahrt mit voller Geschwindigkeit bleiben 1,65 m mit 1,65 sek Fahrzeit. Der Anteil der Beschleunigungs- und Verzögerungszeit an der gesamten Fahrzeit von 5,95 sek ist demnach 72%. Abb. 236 stellt die Zusammenhänge zwischen Fahrzeit und Geschwindigkeit bei der Beschleuni-

gung von 0,3 m/sek² und der Verzögerung von 1 m/sek² bei Fahrwegen von 3,8 bis 26,6 m (1 bis 7 Stockwerke) dar. Die Gerade v_{sp}, welche die Kurven unten begrenzt, gibt die höchsten, bei den einzelnen Fahrwegen erreichbaren Geschwindigkeiten — die „Spitzengeschwindigkeiten" — an, d. h. bei diesen Geschwindigkeitswerten schließt sich an die Beschleunigung sogleich die Verzögerung an; die volle Fahrgeschwindigkeit wird nur im Augenblick des Wechsels von Beschleunigung in Verzögerung erreicht. Dies gibt große Motoren, wobei der Gewinn an Zeit vielfach nicht lohnen wird, besonders dann, wenn man berücksichtigt, daß die Wartezeiten des Aufzuges in den Haltestellen die Bedeutung der Fahrzeit für die Förderleistung abschwächen. Deshalb ist in Abb. 236 noch die Linie v_g der „Grundgeschwindigkeiten" eingetragen, wobei der Wert v_g = etwa 0,40 bis 0,45 v_{sp} ist. In Abb. 237 ist das Geschwindigkeits-, Zeit- und Wegdiagramm für beide Ge-

Zahlentafel 29. Erforderliche Motorleistung elektrisch betriebener Aufzüge.

Nutzlast kg	Erforderliche Beharrungsleistung des Motors[1] in PS bei einem Wirkungsgrad $\eta = 0{,}30$ und einer Geschwindigkeit von m/sek								
P	0,30	0,40	0,50	0,56	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
100	0,7	0,9	1,1	1,25	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
300	2,0	2,7	3,3	3,75	4,0	4,7	5,3	6	6,7
450	3,0	4,0	5,0	5,6	6,0	7,0	8,0	9	10,0
600	4,0	5,3	6,7	7,5	8	9,3	10,7	12	13,3
750	5,0	6,7	8,4	9,4	10,0	11,7	13,3	15	16,7
1000	6,8	8,9	11,5	12,5	13,3	15,5	17,5	20	22,2
1500	10,0	13,3	16,7	18,7	20,0	23,4	26,7	30	33,3
2000	13,3	17,8	22,2	24,9	26,6	31,1	35,6	40	44,4
2500	16,6	22,2	27,8	31,2	33,4	38,9	44,4	50	55,6
3000	20,0	26,7	33,4	37,5	40,0	46,7	53,5	60	66,7
5000	33,4	44,5	55,5	62,5	67	78	89	100	111

Bemerkung: [1] Ohne Berücksichtigung des Zuschlages für Beschleunigung (Bühnengewicht + ½ Nutzlast durch Gegengewicht ausgeglichen).

Zahlentafel 30. Erforderliche Motorleistung elektrisch betriebener Aufzüge.

Nutzlast kg	Erforderliche Beharrungsleistung des Motors[1] in PS bei einem Wirkungsgrad $\eta = 0{,}5$ und einer Geschwindigkeit von m/sek						
P	0,8	0,9	1,0	1,15	1,3	1,4	1,5
300	3,2	3,6	4	4,6	5,2	5,6	6
450	4,8	5,4	6	6,9	7,8	8,4	9
600	5,3	6	6,7	9,2	10,4	11,2	10
750	8	9	10	11,5	13	14	15
1000	10.7	12	13,4	15,4	17,4	18,7	20
1500	16	18	20	23	26	28	30
2000	21,4	24	26,7	30,8	34,7	37,4	40
2500	26,7	30	33,5	38,4	43,3	47,7	50
3000	32	36	40	46	52	56	60
5000	53,5	60	66,5	76,6	78	93,4	100

Bemerkung: [1] Ohne Berücksichtigung des Zuschlages für Beschleunigung (Bühnengewicht + ½ Nutzlast durch Gegengewicht ausgeglichen).

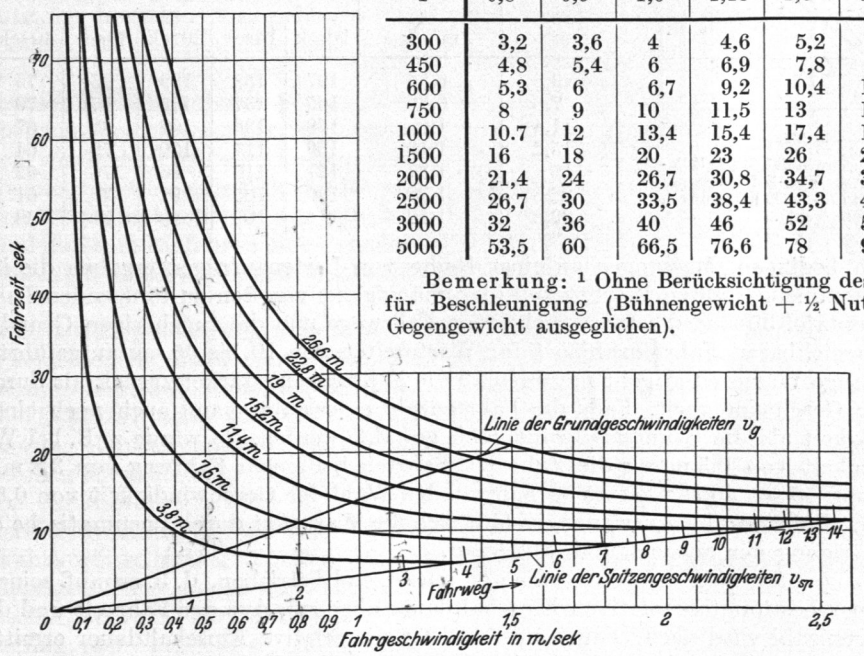


Abb. 236. Zeit-Geschwindigkeitsdiagramm für Aufzüge bei verschiedenen Fahrwegen (Förderhöhen). (Beschleunigung 0,3 m/sek², Verzögerung 1 m/sek².)

schwindigkeitslinien v_{sp} und v_g für einen Weg von 7,6 m dargestellt. Das dreieckförmige Geschwindigkeitsdiagramm zeigt oben in der Dreieckspitze die Spitzengeschwindigkeit v_{sp}, d. h. den Augenblick, in dem die Beharrungsgeschwindigkeit erreicht ist. Darunter ist der Weg

Zahlentafel 31. Wartezeiten von Aufzügen in den Haltestellen.

Art der Förderlast	Wartezeit sek	Wartezeit im Mittel sek
1. 1—4 Personen mit leichten Lasten und ohne Lasten	6—12	9
2. 1—2 Personen mit schweren Traglasten	10—20	15
3. Elektrokarren	18—24	21
4. 1—2 Personen mit Handkarren	13—28	21
5. Schwere Einzellasten, die abgesetzt werden	30—50	40
6. Gleichzeitiges Ein- und Ausladen mehrerer Einzellasten (Kisten)	40—90	65

während der Beschleunigungs- und Bremszeit in der Zeit t_{sp} dargestellt. Zum Vergleich ist ein Geschwindigkeitsdiagramm für den gleichen Weg s dargestellt, bei dem mit der Grundgeschwindigkeit v_g gefahren wird. Bei der Geschwindigkeit v_g ist die Motorbeharrungsleistung nur etwa das 0,44fache der Beharrungsleistung bei der Spitzengeschwindigkeit v_{sp}. Der Senkung der Leistung um 56% steht eine Verlängerung der Fahrzeit um 37% gegenüber. Sobald die Grundgeschwindigkeit wesentlich überschritten wird, wirken sich die längeren Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten in starker Steigerung der Motorleistung ungünstig aus. Mitunter wird man die Geschwindigkeit noch kleiner als die Grundgeschwindigkeit wählen können, wenn die Betriebsverhältnisse eine längere Wartezeit für Be- und Entladen des Fahrkorbes in den einzelnen

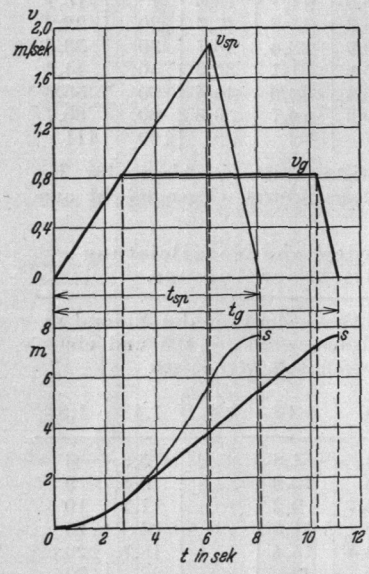


Abb. 237. Geschwindigkeits-Zeitdiagramm, darunter Weg-Zeitdiagramm für einen Weg von 7,6 m (Erläuterungen siehe Text).

Zahlentafel 32.
Erreichbare stündliche Fahrtenzahlen von Aufzügen.

Fahrweg s	Grundgeschwindigkeit v_g	Erreichbare Fahrtenzahlen h bei Grundgeschwindigkeit v_g für verschiedene Wartezeiten t_w von 10—65 sek					
m	m/sek	10 sek	15 sek	20 sek	30 sek	40 sek	65 sek
3,8	0,56	197	158	129	95	75	50
7,6	0,80	165	137	115	87	70	47
11,4	1,0	148	126	107	83	67	46
15,2	1,13	136	117	100	79	64	45
19	1,27	127	110	96	76	62	44
22,8	1,38	120	105	92	73	61	43
22,6	1,50	114	100	88	71	59	42

Haltestellen bedingen. Messungen an einer Reihe von Lastenaufzügen ergaben die in Zahlentafel 31 zusammengestellten Wartezeiten in Abhängigkeit von den zu fördernden Lasten.

In Zahlentafel 32 sind die für verschiedene Fahrwege und die zugehörigen Grundgeschwindigkeiten erreichbaren Fahrtenzahlen h für Wartezeiten von 10 bis 65 sek aufgeführt.

Durch lange Wartezeiten geht naturgemäß die Fahrtenzahl stärker zurück als durch Herabsetzung der Geschwindigkeit. Falls die Fahrtenzahl es erlaubt, kann auch noch eine kleinere Geschwindigkeit als die Grundgeschwindigkeit gewählt werden. So würde z. B. bei Wahl einer Geschwindigkeit von 0,3 m/sek die Zahl der Fahrten bei einem Fahrweg von 3,8 m bei einer Wartezeit von 65 sek 46 sein (statt 50 Fahrten bei Wahl der Geschwindigkeit von 0,65 m/sek). Werden hohe Fahrtenzahlen verlangt, so läßt sich die Wartezeit durch pneumatische oder elektrische Betätigung der Schachttüren abkürzen.

Der Aufzugmotor wird wie der Kranmotor aussetzend betrieben, d. h. er muß seine Leistung während einer bestimmten relativen Einschaltdauer abgeben. Aus der Fahrzeit und der stündlichen Fahrtenzahl wird nach Diagramm Abb. 238 die relative Einschaltdauer ermittelt.

Bei kleineren Fabrikanlagen kann die Frage des Kraftbedarfes insofern von ausschlaggebender Bedeutung sein, als die stoßweise Belastung des Netzes durch den Aufzugmotor sich auf die Charakteristik der Stromentnahme und damit — je nach dem geltenden Stromlieferungstarif — evtl. auf die Gesamtstromkosten ungünstig auswirken kann.

Drei Aufzugarten kommen in Fabriken zur Aufstellung: Der Führeraufzug für Personen- und Lastenbeförderung, der (reine) Lastenaufzug ohne Führerbegleitung und der Umstell-

aufzug. Der Führeraufzug wird stets vom Fahrkorb aus durch einen Führer gesteuert. Der Lastenaufzug ohne Führerbegleitung darf Personen nicht befördern und wird durch Druckknöpfe, die außen an den Haltestellen angebracht sind, betätigt. Der Umstellaufzug befördert entweder Personen und Lasten mit Führer, wobei die Steuerung vom Fahrkorb aus erfolgt, oder Lasten allein, wobei Druckknöpfe außen an den Haltestellen die Beförderung einleiten. Der Führeraufzug ist bei gemischter Personen- und Lastenbeförderung zu benutzen. Der reine Lastenaufzug darf Personen nicht befördern und ist dann anzuwenden, wenn ein Transport von Lasten zwischen bestimmten Haltestellen erfolgt. Der Umstellaufzug wird dann benutzt, wenn man innerhalb einer bestimmten kurzen Zeit, z. B. bei Beginn der Arbeitszeit, Personen befördern will, während des größten Teiles der Arbeitszeit jedoch Lasten allein zu befördern sind und diese unter Ersparnis eines Führers transportiert werden sollen.

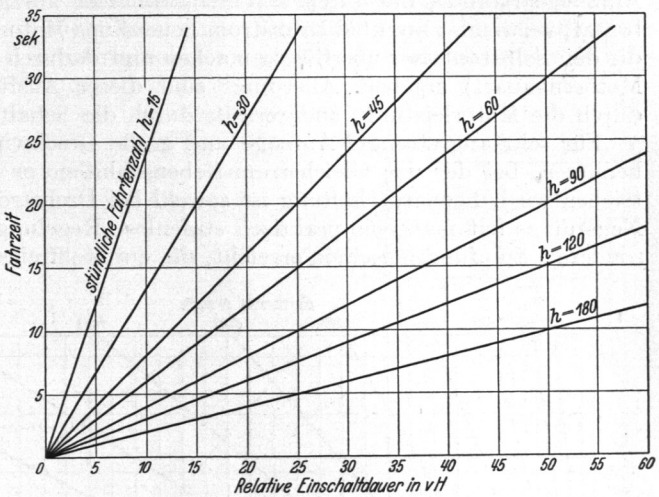


Abb. 238. Relative Einschaltdauer von Aufzugsmotoren in Abhängigkeit von Fahrzeit und stündlicher Fahrtenzahl.

In Verbindung mit diesen drei Aufzugarten steht die Frage der Steuerungsarten. Man unterscheidet: Hebelsteuerung, Druckknopfsteuerung und Seilsteuerung. Die Hebelsteuerung ist im Fahrkorb angeordnet und wird durch den Führer bedient, der durch Zurückführen des Steuerhebels in die Nullage vor der Haltestelle die Stillsetzung bewirkt. Bei größeren Geschwindigkeiten, bei denen Motoren mit regelbarer Geschwindigkeit (regulierbare Gleichstrom-Nebenschlußmotoren oder polumschaltbare Drehstrom-Asynchronmotoren) Verwendung finden, wählt der Führer bei kurzen Fahrstrecken die niedrige Geschwindigkeit, während bei längeren Wegen mit voller Geschwindigkeit gefahren und nur zum Einfahren eine Umschaltung auf niedrige Geschwindigkeit vorgenommen wird.

Bei der Druckknopfsteuerung unterscheidet man zwei verschiedene Ausführungsarten. Die Innensteuerung dient zur Steuerung des Aufzuges vom Fahrkorb aus, während bei der Außensteuerung Druckknopftafeln außen an den Haltestellen zur Steuerung vorhanden sind. Außer dem Anlaßgerät sind für die Druckknopfsteuerung Stockschaltgeräte erforderlich, die den Fahrkorb selbsttätig in den Haltestellen still setzen. Eine genaue Bündigstellung ist aus diesem Grunde bei der normalen Druckknopfsteuerung nicht erreichbar, da die Auslaufwege nach Abschalten der Steuerung je nach der Belastung des Fahrkorbes verschieden sind. Aus diesem Grunde scheidet der Druckknopfsteuerungsaufzug für die Beförderung von Elektrokarren aus.

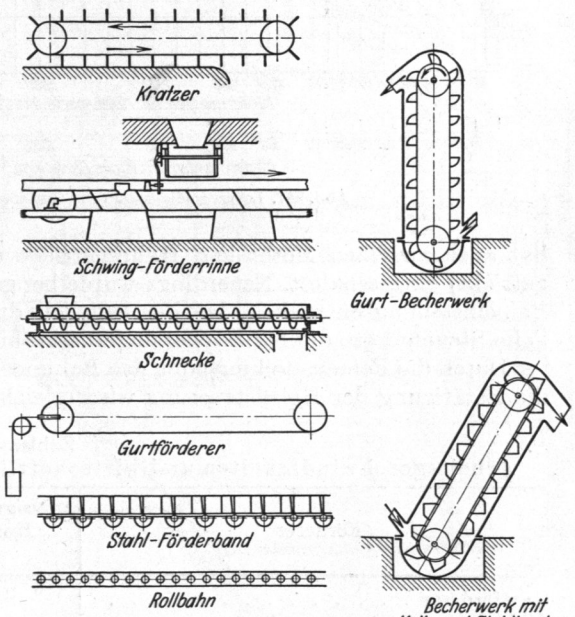


Abb. 239 bis 246. Schematische Darstellung der gebräuchlichsten Bauarten von stetigen Förderern.

Bei der Seilsteuerung erfolgt die Betätigung des Anlaßgerätes mechanisch mittels eines durch den Fahrkorb und den Schacht geführten Seiles. Durch die Bewegung des Seiles schaltet der Führer das Anlaßgerät ein bzw. aus, wodurch eine Inbetriebnahme bzw. ein Stillsetzen

des Aufzuges bewirkt wird. Infolge der mechanischen Betätigungsart kommt die Steilsteuerung nur für Aufzüge mit niedriger Fahrgeschwindigkeit in Frage.

Während man für Aufzüge bei Gleichstrom Nebenschlußmotoren benutzt und diese durch Anlaßwiderstände, die durch den Selbstanlasser kurzgeschlossen werden, auf volle Drehzahl bringt, verwendet man bei Drehstrom neuerdings Motoren mit Käfigläufer (Doppelnutmotoren), die den Selbstanlasser überflüssig machen und dadurch eine besonders einfache Steuerung (und Motorenbauart) ergeben. Allerdings sind dieser Ausführung Grenzen gesetzt, die einerseits durch die Motorleistung, andererseits durch die Schalthäufigkeit bedingt sind.

Für sehr angestrengte Aufzüge und große Geschwindigkeiten ist die Leonardsteuerung zu benutzen, bei der der Gleichstrom-Nebenschlußmotor durch einen besonderen Generator betrieben wird. Leonardschaltung ist sowohl bei Drehstrom- wie bei Gleichstromnetzen möglich. Neuerdings hat man eine praktisch stufenlose Regelung des Leonardgenerators durch eine besondere Dämpfungsmaschine erreicht, die ein stoßfreies Anfahren und Verzögern in geringster Zeit ermöglicht.

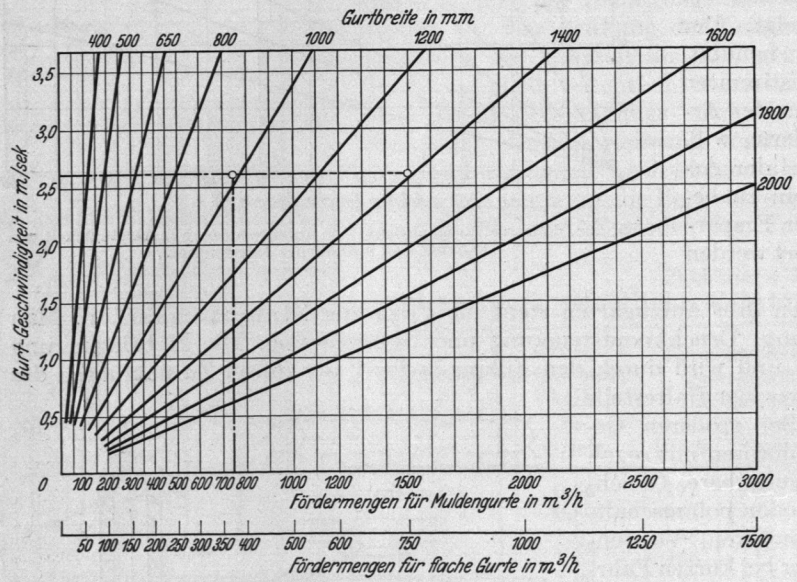


Abb. 247. Leistungsdiagramm für Gurtförderer.

Um den Fahrkorb in den Haltestellen selbsttätig bündig zum Stockwerkfußboden einzustellen und etwaige Seillängenänderungen bei Be- und Entlastung auszugleichen, ist eine „Feineinstellung" nötig. Bei der Mikrosteuerung (und verwandten Konstruktionen) wird zur Erreichung der niedrigen Feineinstellungsgeschwindigkeit ein besonderer Hilfsmotor benutzt, der die Welle des Hauptmotors über ein Vorgelege mit etwa $^1/_{10}$ der vollen Drehzahl antreibt, sobald nach dem Stillsetzen das Hilfsgetriebe mit dem hinteren Wellenstumpf des Motors gekuppelt wird. Man hat auch zwischen Motor und Hauptgetriebe ein besonderes Übersetzungsgetriebe (Planetengetriebe) eingeschaltet. Neuerdings wurde bei ganz normaler Bauart der Winde eine selbsttätige Feineinstellung entwickelt, bei der lediglich durch den Hauptmotor und einige wenige zusätzliche Steuergeräte die Feineinstellung ausgeführt wird (Feineinstellung mit Tippschaltung).

Durch die Feineinstellung geht das Be- und Entladen ohne Stufe an der Haltestelle vor sich; die Betätigung der Hebelsteuerung wird erleichtert, ferner Zeitersparnisse dadurch erzielt, daß

Zahlentafel 33.
Arbeitsgeschwindigkeiten und wirtschaftliche Leistungsbereiche von Dauerförderern.

Förderer	Neigung gegen Horizontale °	Geschwindigkeit des Fördergutes m/sek	Wirtschaftliche Leistungsbereiche t/h
Gurtförderer	0—22	1,2 —3,0	15—200
Stahlplattenband	0—18	0,15—0,30	50—400
Stahltrogförderer	0—45	0,15—0,30	50—400
Kratzer	0—30	0,20—0,75	10—25
Schüttelrinne	0—15	0,20—0,40	2—15
Schnecke	0—30	0,20—0,30	2—10
Rollenförderer	— 2 — — 5	0,50—0,75	für Stückgüter
Becherwerke mit stählerner Laschenkette	60—70	0,1 —0,3	5—80
Gurtbecherwerke	90	0,8 —2,5	5—50
Conveyor	0—90	0,15—0,3	15—300
Schaukelförderer	0—90	0,15—0,25	für Stückgüter

der Führer, während der Feineinstellungskorb bündig fährt, bereits die Tür öffnen kann; bei Fabrikaufzügen sieht man deshalb sehr oft Feineinstellung vor. Bei Elektrokarrenbeförderung ist die Feineinstellung besonders erwünscht.

Die **stetigen Förderer** stehen zwar im allgemeinen nicht in so enger Verbindung mit den Gebäuden wie Aufzugsanlagen und Krane, doch sind auch sie mit-

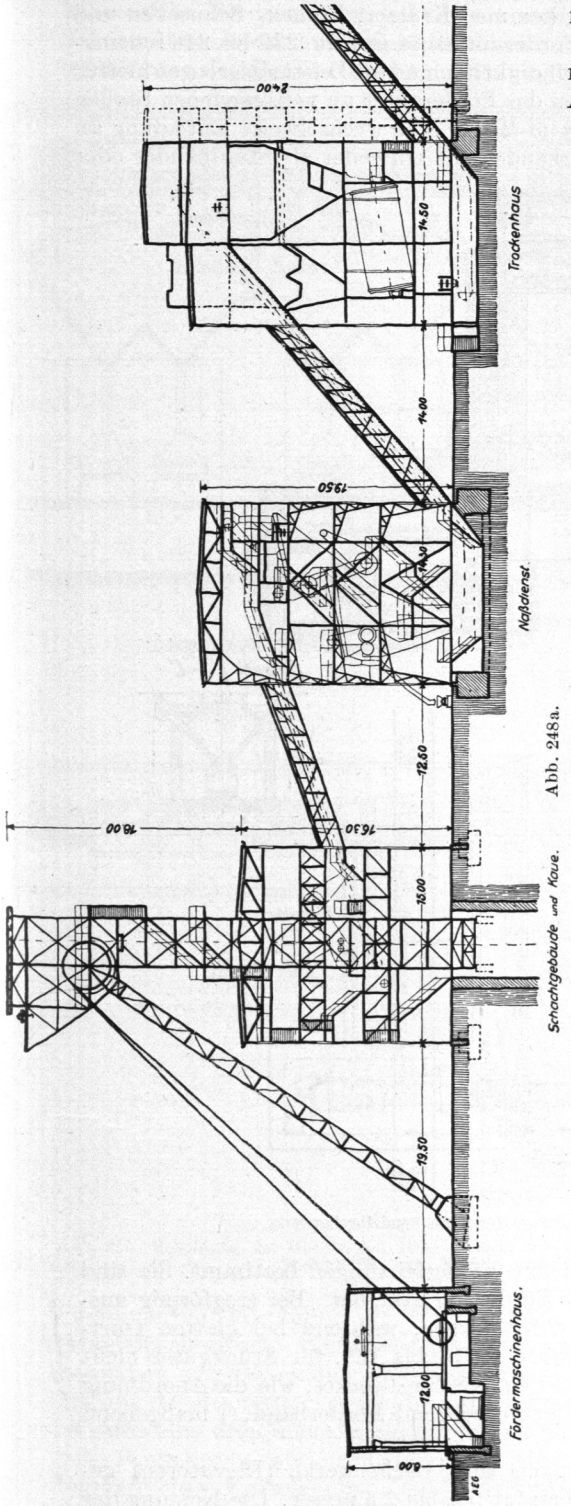


Abb. 248a.

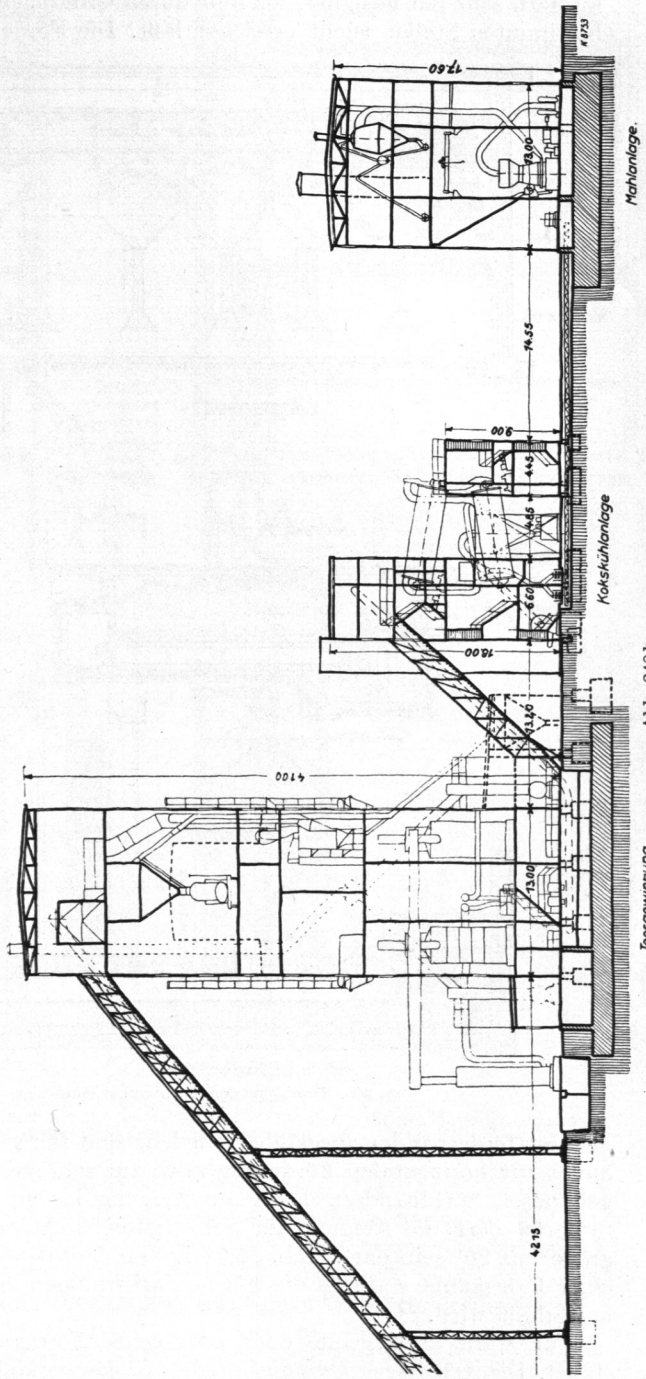


Abb. 248b.

Abb. 248a und 248b. Die Fördereinrichtungen bestimmen bei diesem Werk die Anordnung der Gesamtanlage.

unter nicht ohne Einfluß auf Anordnung und Lage der Fabrikbauten. Die Bauarten der stetigen Förderer sind außerordentlich verschieden und mannigfaltig. Auch werden sie in den verschie-

densten Zusammenstellungen angewendet, so daß praktisch jeder Ausführungsfall anders gelagert ist. Im Rahmen dieser Betrachtung genügt es daher, kurz die wichtigsten Bauarten zu erwähnen.

Für die horizontale Förderung von Schüttgütern kommen Kratzer, Rinnen, Schnecken und Transportbänder in Frage. Die Arbeitsweise dieser Fördermittel ist in Abb. 239 bis 246 schematisch dargestellt. Zahlentafel 33 gibt die Arbeitsgeschwindigkeiten und die Leistungsgrenzen hierfür wieder. Schnecken und Kratzer sind für das Entladen des Fördergutes an verschiedenen Stellen insofern sehr gut geeignet, als sich durch Öffnungen im Boden eine wechselweise Entladung an bestimmten Stellen leicht erreichen läßt. Die Förderbänder, die entweder als Stahlbänder oder

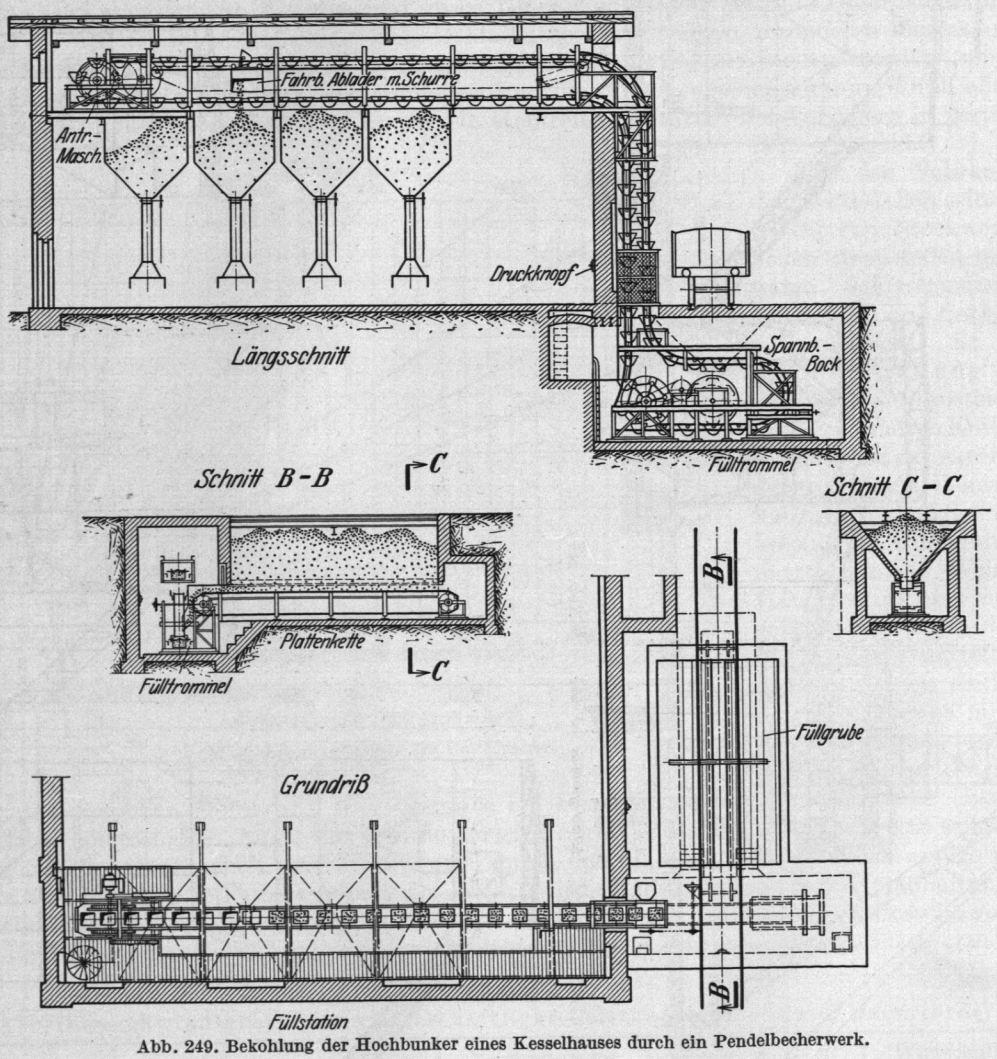


Abb. 249. Bekohlung der Hochbunker eines Kesselhauses durch ein Pendelbecherwerk.

als Gurtförderbänder ausgeführt werden, sind für größere Förderleistungen bestimmt. Sie sind außer zur horizontalen Förderung auch zur schrägen Förderung geeignet. Bei trogförmig ausgebildeten Stahlbändern kann die Neigung bis zu 45° betragen, während bei glatten Gurtförderbändern die Neigung für Schüttgüter nicht größer als 10 bis 15°, für Stückgüter nicht größer als 20° sein darf. Abb. 248 zeigt an dem Beispiel eines Schwelwerkes, wie die Anordnung einer Fabrikanlage durch die Fördereinrichtungen (hier vorwiegend Förderbänder) maßgebend beeinflußt wird.

Für stark ansteigende oder senkrechte Förderungen sind Becherwerke (Elevatoren) geeignet. Die Arbeitsgeschwindigkeit der Becherwerke beträgt 0,8 bis 2,5 m/sek. Die Neigung der Becherwerke soll 70 bis 90° betragen. Becherwerke mit Stahlketten werden für eine Neigung von 60 bis 70° gebaut, wobei die Arbeitsgeschwindigkeit 0,1 bis 0,3 m/sek beträgt.

Ist es erforderlich, das Gut sowohl in waagerechter wie in senkrechter Richtung zu fördern, so können die einzelnen Fördereinrichtungen entsprechend hintereinander geschaltet werden. Eine solche Förderung ist jedoch mit mehrmaligem Umladen des Gutes verbunden, was bei Schüttgütern zwar auf keine technischen Schwierigkeiten stößt, aber evtl. zu einer Beeinträchtigung der Beschaffenheit des Gutes führen kann. Für empfindlichere Güter ist daher zur

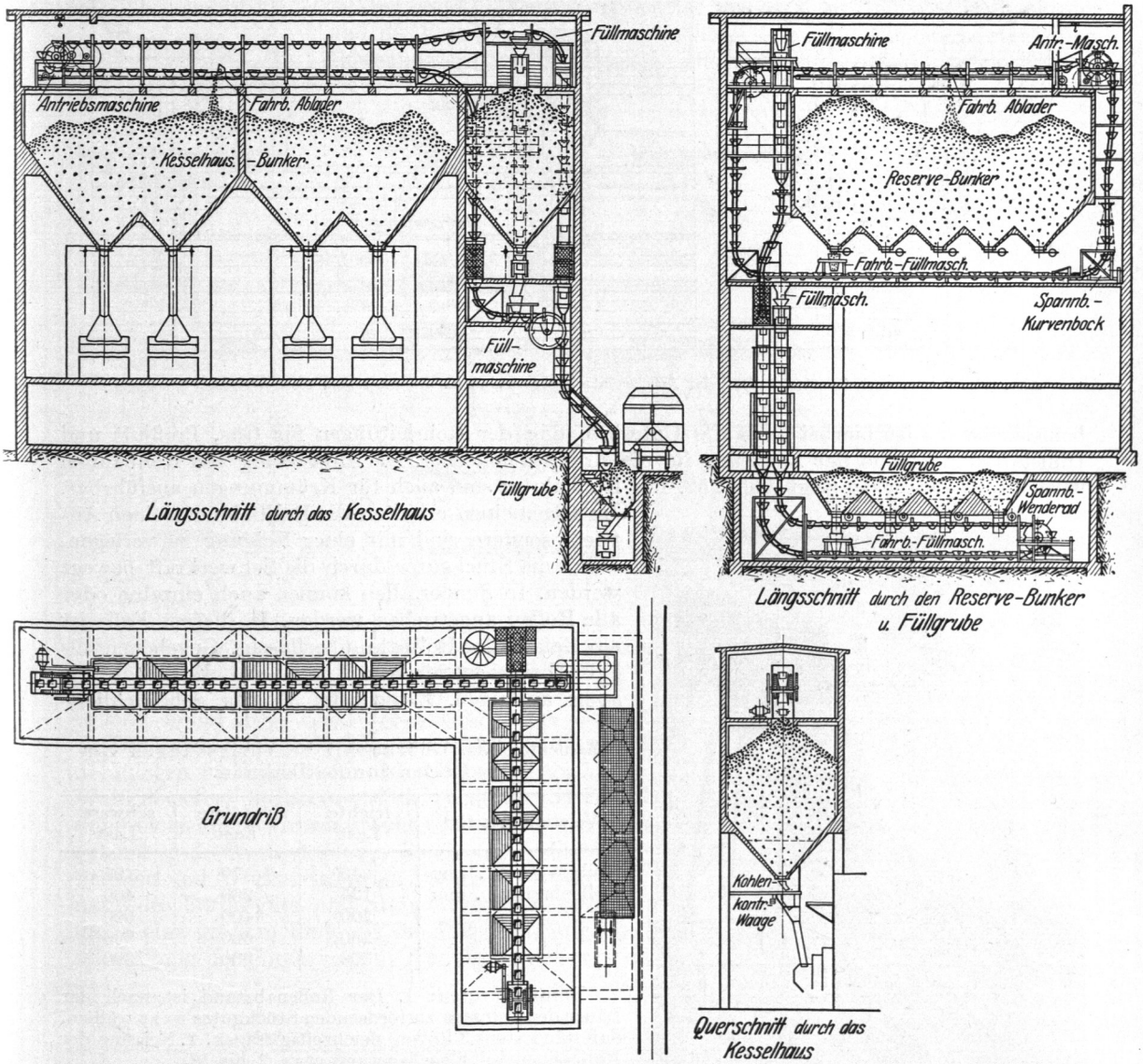


Abb. 250. Bekohlung der Hochbunker eines Kesselhauses durch ein raumbewegliches Pendelbecherwerk; ein einfaches Pendelbecherwerk dient daneben zum Füllen und Entleeren eines Reservebunkers.

kombinierten Förderung in waagerechter und senkrechter Richtung eine Conveyoranlage (Pendelbecherwerk) vorzuziehen, welche das Umladen vermeidet. Pendelbecherwerke finden besonders zur Bekohlung von Kesselhäusern sehr viel Anwendung. Bei entsprechender Ausbildung des Becherwerkes ist die Förderung nicht an eine senkrechte Ebene gebunden, vielmehr ist auch eine dreidimensionale Förderung durch Verwendung sog. Spiral-Conveyor (raumbewegliche Pendelbecherwerke) möglich. Abb. 249 zeigt ein Pendelbecherwerk zur Bekohlung von Hochbunkern eines Kesselhauses. Die Anwendung eines Spiral-Conveyors zeigt Abb. 250. Die Leistung der Pendelbecherwerke kann durch Veränderung des Becherabstandes in weiten Grenzen variiert werden. Die Pendelbecherwerke arbeiten mit Geschwindigkeiten von 0,15 bis 0,3 m/sek.

Für Stückgüter kommen neben den Förderbändern zur horizontalen Förderung Plattenbänder und Rollbahnen, zur Förderung in verschiedenen Ebenen Schaukelförderer in Frage. Die Plattenbänder haben eine besonders weite Verbreitung in den Wandertischen für Fließfabrikation gefunden. Abb. 251 gibt einen Schnitt durch einen Wandertisch mittlerer Größe;

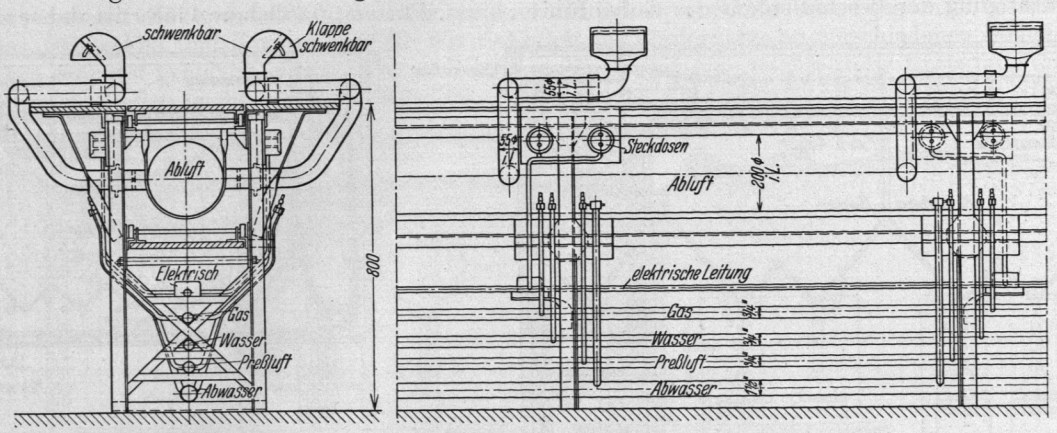


Abb. 251. Wandertisch (Plattenband); jeder Arbeitsplatz hat Anschluß an die unter dem Tisch verlegten Leitungen.

bemerkenswert ist hierbei auch die Unterbringung der Rohrleitungen für Gas, Preßluft und Dunstabsaugung und der Zuleitung für die Kraftstromstecker. Die Anwendung von Rollbahnen in einem Versandlager zeigt Abb. 252. Die Rollbahnen sind auch für Krümmungen ausführbar. Im allgemeinen erhalten die Rollbahnen keinen Antrieb, sondern sind mit einer Neigung zu verlegen, damit die Stückgüter durch die Schwerkraft bewegt werden. In Sonderfällen können auch einzelne oder alle Rollen angetrieben werden. In diesem Falle ist ein Gefälle der Rollbahn überflüssig. Gegebenenfalls kann bei angetriebenen Rollbahnen die Förderung auch ansteigen. Zahlentafel 34 gibt gebräuchliche



Abb. 252. Rollbahnen in einem Flaschenversandlager; zur Überwindung eines Höhenunterschiedes ist ein Steilförderer eingeschaltet, der durch zwei außenliegende Ketten und zwischen diese gespannte Mitnehmer die Flaschenkästen teils über glatte Rutschflächen, teils über geneigte Rollbahnen hochschleppt.

Zahlentafel 34. Gebräuchliche Abmessungen von Rollen für Rollbahnen.

Verwendung für	leichte Last	mittlere Last	schwere Last
Rollen-⌀ . . mm	40	70	95
Rollenbreite . mm	125	250	400
	200	400	600
	250	600	900
	300	900	1300

Bemerkungen: 1. Der Rollenabstand ist nach der Länge des kleinsten zu fördernden Stückgutes so zu wählen, daß mindestens 3 Rollen gleichzeitig tragen. 2. Neigung der Rollbahnen bei Kugellagerung etwa 2 bis 5°.

Hauptabmessungen an. Eine Sonderausführung von Rollbahnen stellen die Rollgänge in Hütten und Walzwerken dar; bei Rollgängen werden alle Rollen durch eine Transmission mit Kegelrädern von einem gemeinsamen Motor oder in neuerer Zeit durch Einzelmotoren für jede Rolle angetrieben. Für geneigte abwärtslaufende Förderung von Stückgütern oder Säcken kommen glatte, gerade Rutschen oder glatte Wendelrutschen (siehe Abb. 253) in Frage. Für die Stapelung von Säcken und für die Beladung von Fahrzeugen mit Säcken werden sog. Sackelevatoren ausgeführt. Eine kombinierte Förderanlage mit Bändern, Rollbahnen und Rutschen zeigt Abb. 254.

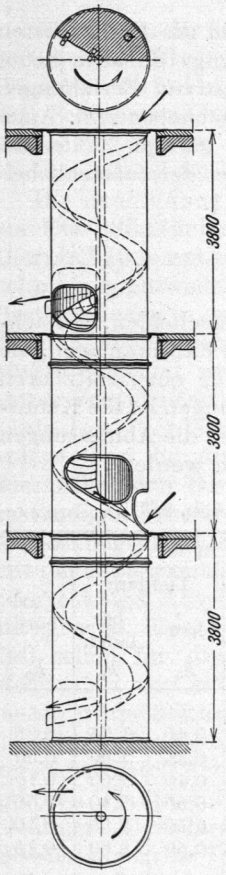


Abb. 253. Wendelrutsche.

Einen Übergang zwischen den stetigen Fördermitteln und den Krananlagen bilden die Hängebahnen, die in Fabrikbetrieben entweder als Handhängebahnen, als Hängebahnen mit Seilzug oder als Elektrohängebahnen ausgeführt werden. Abb. 255 und 256 zeigt eine Elektrohängebahn für die Förderung von Halbfabrikaten aus einer Werkstatt in eine andere. Bemerkenswert ist hierbei die automatische Steuerung und die Verbindung der waagerechten Bewegung mit einer senkrechten Bewegung in den Haltestellen. Die bauliche Ausbildung der Förder-

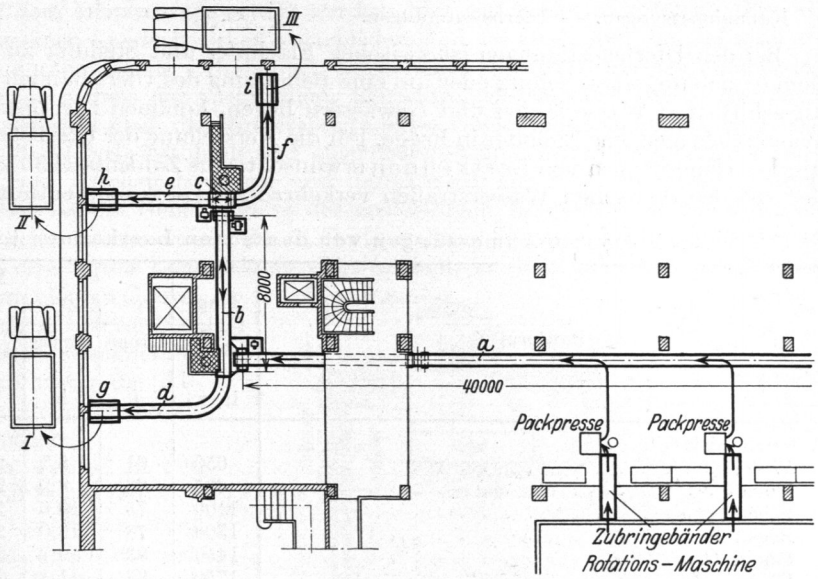


Abb. 254. Kombinierte Transportanlage, zur Verladung von 1000 Zeitungspaketen je Stunde. *a* Förderband, *b*, *c* Förderbänder, umkehrbar, *d*, *e*, *f* Rutschen, *g*, *h*, *i* Auslauftische.

brücke, in der diese Elektrohängebahnanlage arbeitet, ist aus der Abb. 73 auf S. 57 ersichtlich.

Die Mannigfaltigkeit der für die Ausführung von Förderanlagen in Frage kommenden Bauarten erschwert die Wahl derselben außerordentlich, zumal für die Entscheidung nicht allein wirtschaftliche Überlegungen ausschlaggebend sind. Sauberkeit des Betriebes, Freihaltung der Straßen und Werkstattflächen von Förderanlagen, Schonung des Fördergute und andere Faktoren spielen mitunter eine größere Rolle als die Rücksicht auf eine Beschränkung der Förderkosten. Trotzdem ist es notwendig,

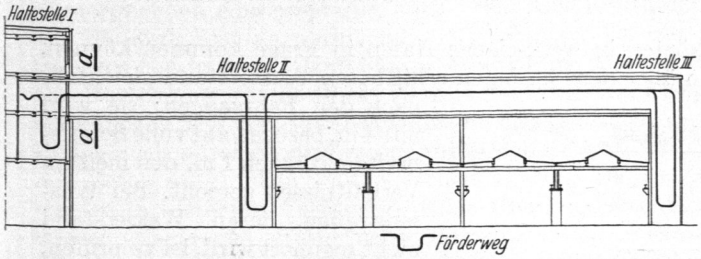


Abb. 255. Schema einer Elektrohängebahnanlage; auf zwei parallelen Fahrbahnen arbeiten zwei Katzen, die von den einzelnen Haltestellen aus ferngesteuert werden.

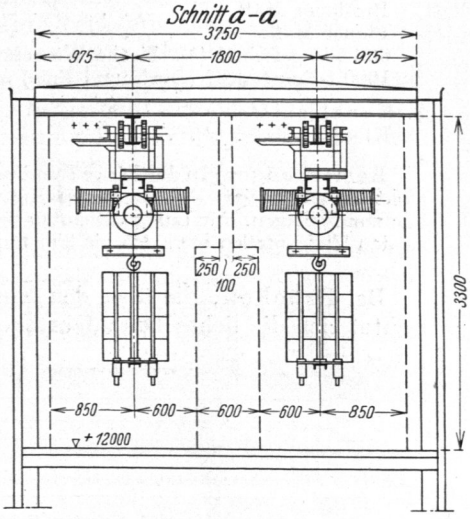


Abb. 256. Schnitt durch die Förderbrücke und Ansicht der Elektrolaufkatzen zu Abb. 256.

sich bei der Planung der Transportanlagen ein Bild über die Kosten der Förderung zu machen, wobei Abschreibung und Verzinsung des Anlagekapitals meistens eine besondere Rolle spielen. Es sei in diesem Zusammenhang nochmals auf das eingangs dieses Abschnittes angezogene Werk

„Hebe- und Förderanlagen" von Aumund verwiesen, wo in Tabellenform die Förderkosten für verschiedene Wege und Leistungen wiedergegeben sind. Wenn diese Angaben auch heute vielleicht keine absolute Gültigkeit mehr haben, so dürften doch die relativen Beziehungen zwischen den Förderkosten der einzelnen Transportmittel annähernd gleich geblieben sein. Auch liegt der Wert derartiger Vergleiche nicht so sehr in der Angabe allgemein gültiger Zahlen als vielmehr in der Anregung zur Durchführung von Vergleichsberechnungen bei der tatsächlichen Ausführung.

11. Bauten an Wasserstraßen.

Kahnabmessungen. — Uferbefestigungen.

Bei den Uferbefestigungen ist zwischen Flachufer und Steilufer zu unterscheiden, je nachdem es sich um einen Schutz oder um eine Benutzung des Ufers handelt. Bei Fabrikanlagen, die an schiffbaren Wasserläufen und Gewässern liegen, kommen zur Gewinnung einer nutzbaren Wassertiefe meistens Steilufer in Frage. Für die Herstellung der Uferbefestigungen ist die Kenntnis der Abmessungen von Lastkähnen erwünscht. Aus Zahlentafel 35 können die Abmessungen der auf den deutschen Wasserstraßen verkehrenden Lastkähne entnommen werden[1].

Zahlentafel 35. Abmessungen von deutschen Lastkähnen (siehe Abb. 257).

Bauform	Tragfähigkeit	Maße in m					
		Länge	Breite	Seitenhöhe	Tiefgang leer	Tiefgang beladen	Freibord
	in t	l	b	h	h_1	h_2	h_3
1. Flußschiffe							
Weser	650	61	8,7	2,20	0,40	1,95	0,25
Donau	675	63	8,2	2,40	0,35	1,90	0,50
Elbe	1100	75	10,6	2,10	0,40	2,00	0,10
Rhein I	1300	78	10,0	2,40	0,50	2,40	0,00
Rhein II	1450	83	10,1	2,65	0,50	2,55	0,10
Rhein III	1750	87	11,1	2,75	0,50	2,60	0,15
2. Fluß- und Kanalschiffe							
Finow-Maß	240	40	4,6	2,15	0,40	1,90	0,25
Berliner Maß	300	46	6,4	2,00	0,35	1,60	0,40
Saale-Maß	410	52	6,0	2,15	0,40	1,90	0,25
Breslauer Maß	605	55	8,0	2,20	0,40	1,95	0,25
Plauer Maß	690	65	8,0	2,20	0,40	1,90	0,30
600 t-Regelschiff (Märkische Wasserstraßen)	600	67	8,2	2,25	0,45	1,75	0,50
1000 t-Regelschiff (Dortmund-Ems)	950	67	8,2	2,50	0,45	2,40	0,10
3. Kanalschiffe							
Klodnitz-Maß	160	35	4,0	1,85	0,30	1,60	0,25

Bemerkungen: In der Länge l sind umklappbare oder abnehmbare Teile, z. B. der Klüver und das Ruder, nicht berücksichtigt. Für die Bemessung von Liege- und Ladeplätzen sind hierfür zu jedem Maß noch etwa 5 m zuzuschlagen. Für Lukenaufbauten bei gedeckten Kähnen und für Aufbauten am Bug und am Heck sind zu den Tiefenmaßen etwa 1,5 bis 2 m hinzuzuzählen; die Tiefenmaße beziehen sich auf Schiffsmitte.

Bei Brücken, die über den Einfahrten in werkseigene Häfen in Frage kommen können, richtet sich die lichte Durchfahrtshöhe über dem höchsten schiffbaren Wasserstand gleichfalls nach den Fahrzeugen; sie wird mit 4 m, bezogen auf volle Schiffsbreite zuzüglich 1 m, den meisten Verhältnissen gerecht. Bei Wasserstraßen, deren Wasserstand nicht reguliert wird, ist zu prüfen, ob nicht während der Hochwasserzeit ein Passieren solcher Brücken unterbleiben kann. In diesem Fall können die Brücken wesentlich niedriger gehalten werden, wodurch sich geringere Herstellungskosten ergeben.

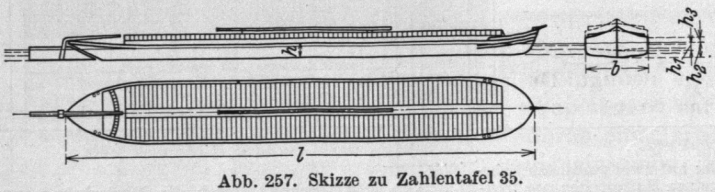


Abb. 257. Skizze zu Zahlentafel 35.

[1] Aus O. Teubert: Die Binnenschiffahrt Bd. 1. Leipzig: Engelmann 1912.

Bauwerke, die über die Wasserstraße ausladen, wie Verladeanlagen u. dgl., müssen von dem höchsten schiffbaren Wasserstand so weit entfernt sein, daß die größten für die betreffende Wasserstraße in Frage kommenden Dampf- oder Motorschiffe unter ihnen anlegen können, ohne daß Schornsteine und Aufbauten umgelegt zu werden brauchen. Die Segelmasten der Lastkähne sind hierbei nicht zu berücksichtigen. Für die märkischen Wasserstraßen können 7 m als ausreichend für alle Fälle angenommen werden.

Die Bauordnung für die Stadt Berlin vom 3. 11. 25 schreibt vor, daß auf Grundstücken, die am Ufer öffentlicher Gewässer — mit Ausnahme der Kanäle — liegen, Baulichkeiten vom Uferrand 10 m entfernt bleiben müssen. Wird diese Entfernung unterschritten, so kann die Genehmigung entweder auf dem Dispenswege erteilt werden oder auf Widerruf erfolgen. Da die Bestimmungen in den einzelnen Landesbezirken verschieden sind, ist anzuraten, bei der zuständigen Baupolizeibehörde entsprechende Erhebungen anzustellen. Ebenfalls müssen auch Auskünfte eingeholt werden, ob seitens der zuständigen Baupolizeibehörde oder des Wasserbauamtes Vorschriften erlassen sind über die Mindestbreite eines Gehstreifens zwischen der Uferkante bzw. Vorderkante der Uferbefestigung und einer feststehenden oder beweglichen Krananlage. Für die Anlage von Uferbefestigungen und unmittelbar am oder über dem Wasser auszuführenden Bauwerken ist die Genehmigung der zuständigen Baupolizeibehörde und des zuständigen Wasserbauamtes nachzusuchen. Nach Fertigstellung ist dem Wasserbauamt das Absteckungsattest eines vereidigten Landmessers einzureichen, in dem die Übereinstimmung mit der katastermäßig festgelegten Grenze oder etwaige Abweichungen hiervon bestätigt sind. Es ist deshalb zweckmäßig, daß schon für die Ausführung die Absteckungen von einem vereidigten Landmesser vorgenommen werden.

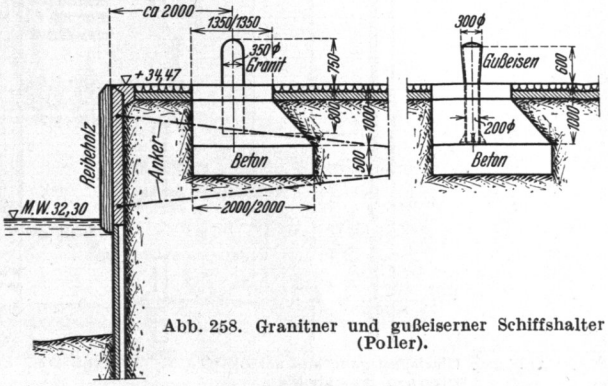


Abb. 258. Granitner und gußeiserner Schiffshalter (Poller).

Uferbefestigungen werden in den verschiedensten Arten und Bauweisen ausgeführt. Hauptsächlich kann zwischen niedrigen Steilufern mit anschließender Böschung, den bis Terrain-Oberkante hochgeführten Steilufern und fast bis zur Sohle geführten, gepflasterten oder ähnlich befestigten Böschungen unterschieden werden. Die letztgenannte Art der Uferbefestigung kommt hauptsächlich bei Kanälen vor und berücksichtigt fast immer einen Treidelweg. Die bis Terrain-Oberkante hochgeführten Uferbefestigungen werden als gegen Erddruck und Verkehrslast verankerte Wände oder als Schwerkraftmauern ausgeführt. Die verankerten Wände können in Holz, in Eisen oder in gemischter Bauweise, d. h. Holzunterbau mit massiver Aufständerung, hergestellt werden.

Alle unmittelbar am Wasser zu errichtenden Bauwerke sind so auszuführen, daß sich bei Normalwasserstand (Mittelwasser) keine Vorsprünge unter Wasser befinden, durch die Beschädigungen an Fahrzeugen hervorgerufen werden können. Einen Schutz hiergegen und für das Bauwerk überhaupt bilden entweder die in geeigneter Weise freistehend vor dem Bauwerk anzuordnenden Abweisepfähle, auch Prell- oder Reibepfähle genannt, oder die als Ersatz hierfür am Bauwerk fest anzubringenden Reibehölzer. Da die Abweisepfähle elastisch sein müssen, kommen fast immer Holzpfähle zur Anwendung. Der mittlere Durchmesser beträgt 30 bis 40 cm. Die Entfernung ist mit 10 bis 20 m je nach der Kahnlänge anzunehmen. Um den über Wasser befindlichen Teil der Abweisepfähle vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, können die Pfähle auch unter Niedrigwasser abgeschnitten und mit starkwandigen Eisenrohraufsätzen, die mit Beton auszufüllen sind, versehen werden. Die am Bauwerk anzubringenden Reibehölzer werden in kleineren Abständen (6 bis 10 m) angeordnet. Vielfach stellt auch ein über Mittelwasser waagerecht angeordneter Reibeholm den Schutz gegen Beschädigung des Bauwerkes dar. Auch wenn Abweisepfähle vorhanden sind, empfiehlt es sich, noch einen Reibeholm anzubringen. Fehlen Abweisepfähle, an denen auch die Fahrzeuge festgelegt werden können, so sind auf dem Ufer Schiffshalter, auch Poller genannt, vorzusehen. Die Poller können aus Granit oder Gußeisen bestehen. Bei genügend starken Schwerkraftmauern können die Poller gleich eingebaut werden; andernfalls sind sie hinter der Uferbefestigung auf besonderen Fundamenten anzuordnen. Die Anordnung eines granitnen Pollers mit besonderem Fundament geht aus Abb. 258 hervor.

Weiter ist hieraus ein gußeiserner Röhrenpoller für binnenländische Verhältnisse zu ersehen. Die Art der Poller, die Größe der Fundamente und der Abstand bis zur Vorderkante der Uferbefestigung richtet sich nach der Schiffsgröße und den örtlichen Verhältnissen. Der Abstand der Poller voneinander ist mit 20 bis 35 m anzunehmen. Bei Schwerkraftmauern entsprechender Größe werden an Stelle der Poller auch in Mauernischen angeordnete Halteringe vorgesehen.

Aus Abb. 259 ist die einfachste Form einer verankerten hölzernen Spundwand von 10 cm Stärke mit anschließender Böschung ersichtlich. Eine andere Art niedrigen Steilufers in Holzkonstruktion mit anschließender Böschung zeigt Abb. 260. Aus

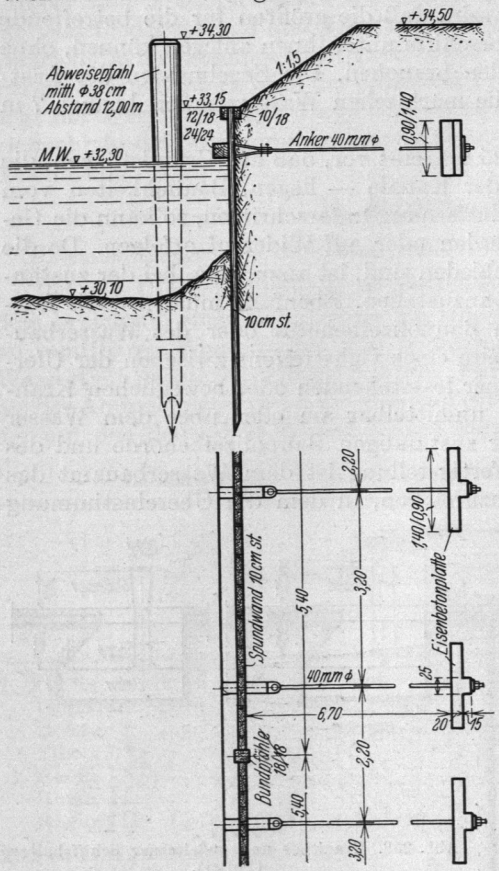


Abb. 259. Uferbefestigung aus verankerten hölzernen Rammbohlen.

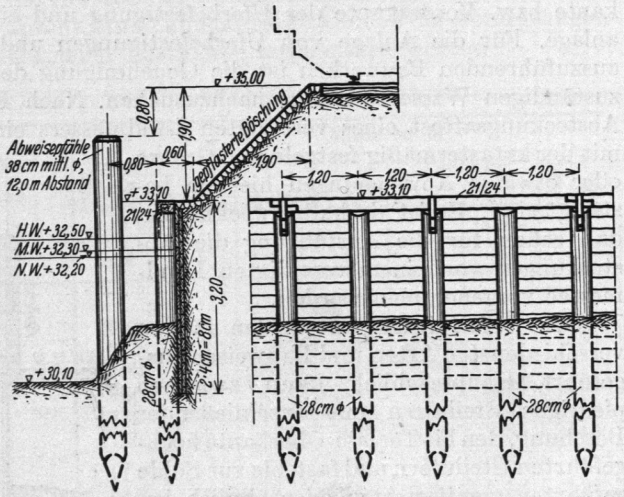


Abb. 260. Uferbefestigung aus hölzernen Rammpfählen mit dahinter liegender hölzerner Bohlwand.

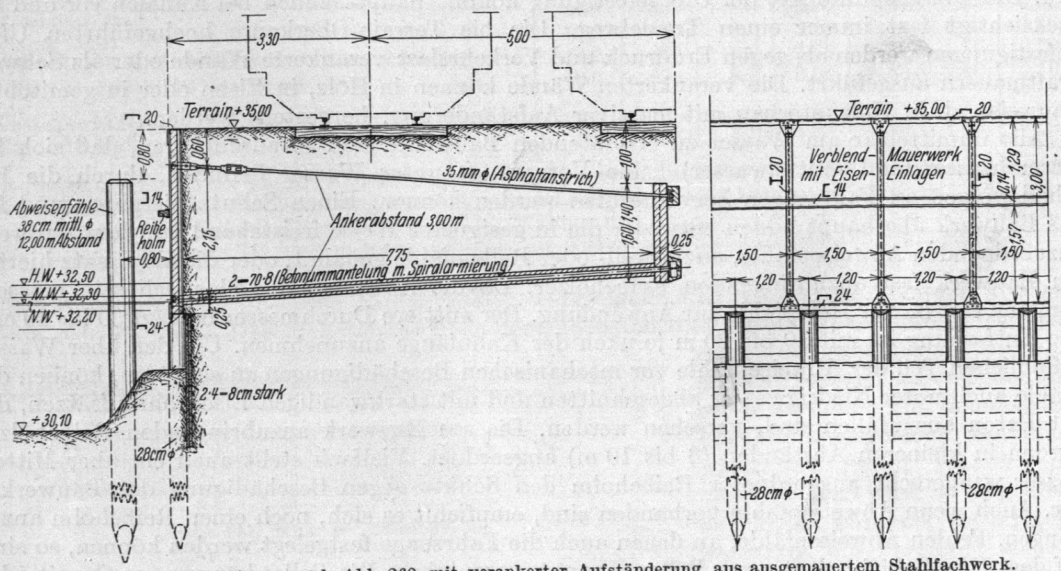


Abb. 261. Uferbefestigung nach Abb. 260 mit verankerter Aufständerung aus ausgemauertem Stahlfachwerk.

der Abb. 261 geht die Aufständerung dieser niedrigen hölzernen Uferbefestigung hervor, nachdem der über Wasser befindliche Teil der alten Konstruktion verfault bzw. beschädigt, der

unter Wasser befindliche Teil jedoch noch gut erhalten war. Die Pfähle wurden 20 cm unter Niedrigwasser abgeschnitten. Auch als Neukonstruktion kann die Ausführung empfohlen werden. An Stelle der Ausmauerung kann evtl. eine Eisenbetonwand treten. Bei der Uferbefestigung nach Abb. 262 sind in Abständen von 3 m Träger gerammt, zwischen die sich oberhalb des Wassers eine Eisenbetonwand spannt. Unterhalb des Wassers befindet sich eine 12 cm

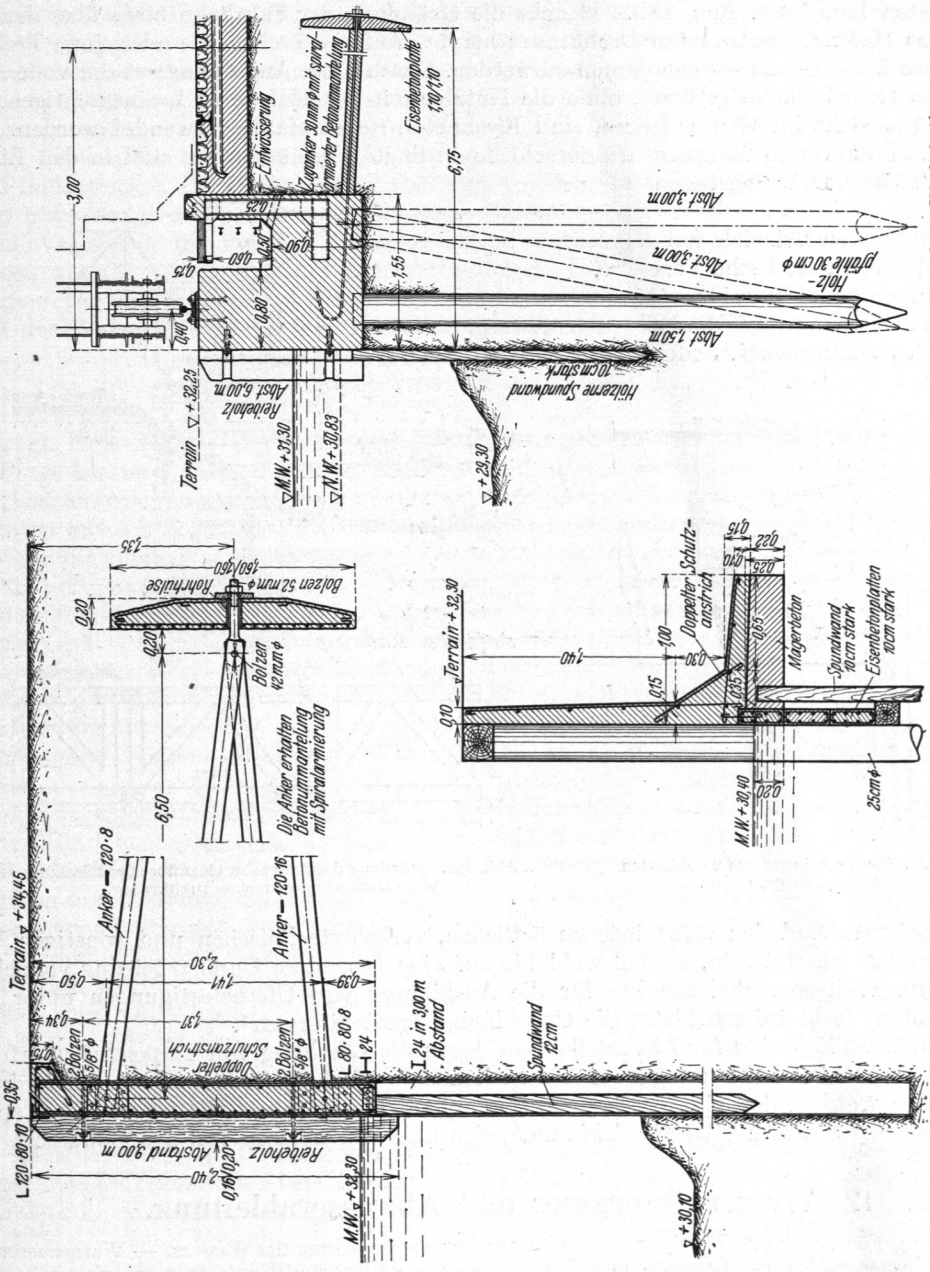


Abb. 264. Verankerte Uferbefestigung aus Beton, mit eingebautem Schleifleitungskanal, für eine Verladebrücke.

Abb. 263. Uferbefestigung aus hölzernen Rammpfählen mit Winkelstützmauer aus Eisenbeton; die später hergestellte Winkelstützmauer ist durch die Zunahme der Verkehrslasten bedingt.

Abb. 262. Uferbefestigung aus verankerten Rammträgern mit zwischengespannten Eisenbetonwänden.

starke hölzerne Spundwand. Die Konstruktion ist so stark bemessen, daß große Verkehrslasten in unmittelbarer Nähe der Uferbefestigung auftreten können. Abb. 263 kann als Beispiel für die Entlastung einer sonst noch guten hölzernen Uferbefestigung, bedingt durch nachträgliche Erhöhung der Verkehrslasten, angesehen werden. Bis auf einen unter Wasser befindlichen Holm sind Eisenbetonplatten versenkt worden. Die 10 cm starke Spundwand wurde unter Niedrigwasser abgeschnitten. Als Ersatz für die abgeschnittene Bohlwand ist eine Winkelstützmauer errichtet worden, die also die Holzpfähle und den oberen Holm entlastet. Abb. 264 stellt

eine Uferbefestigung in Beton auf Holzpfählen bei kleiner Entfernung zwischen Mittelwasser und Terrain dar. Wegen der großen Verkehrslasten auf und unmittelbar neben der Mauer ist hier eine Verankerung notwendig. Eine Schwerkraftmauer auf Holzpfählen ohne Verankerung zeigt die bei den Pfahlgründungen gebrachte Abb. 43. Eine verankerte stählerne Spundwand mit oberem Eisenbetonholm ist aus Abb. 265 ersichtlich. Die Konstruktionen sind für große Verkehrslasten berechnet. Aus Abb. 266 geht die Gründung der Fahrbahn eines über der Böschung eines Hafens angeordneten Drehkranes hervor. Auf ein Treidelgleis oder einen Treidelweg brauchte keine Rücksicht genommen zu werden. Durch diese Anordnung ist die volle Ausnutzung des Grundstückes gegeben, ohne die Nutzbarkeit des Hafens zu beeinträchtigen. Da die Pfahlköpfe nicht im Wasser liegen, sind Eisenbeton-Rammpfähle verwendet worden. Mit Rücksicht auf die durch Temperaturunterschiede bedingte Formänderung sind in den Eisenbetonlängsbalken Dehnungsfugen vorgesehen.

Die angeführten Beispiele werden für viele binnenländische Verhältnisse zu gebrauchen sein, erschöpfen aber keineswegs dieses Teilgebiet des Wasserbaues. Jeder

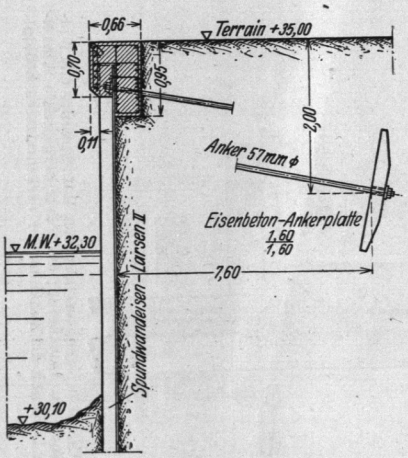


Abb. 265. Uferbefestigung aus verankerten stählernen Spundbohlen.

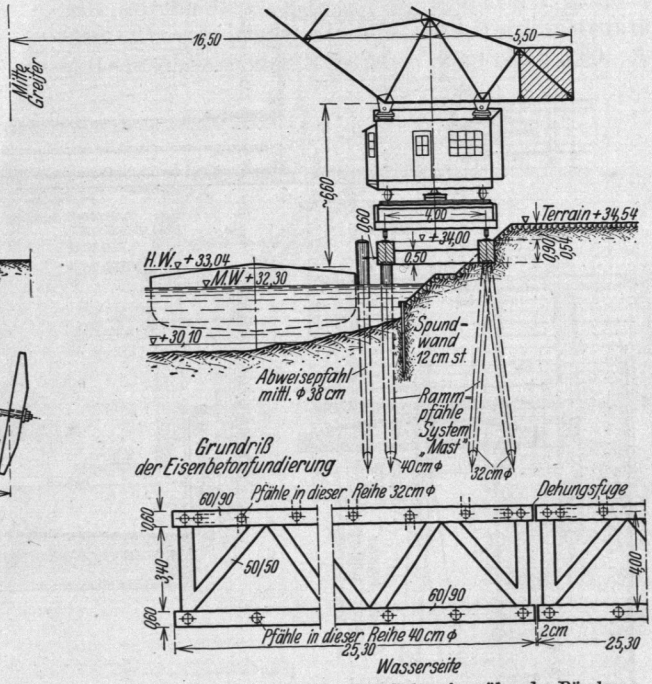


Abb. 266. Gründung der Fahrbahn eines über der Böschung eines Hafens angeordneten Drehkranes.

Fall wird entsprechend den verschiedenen örtlichen, verkehrstechnischen und sonstigen Verhältnissen anders geartet sein, so daß wohl nie auf eine besondere Durcharbeitung verzichtet werden kann. Weitere Anhaltspunkte für die Ausbildung von Uferbefestigungen unter den verschiedensten Verhältnissen bietet die einschlägige Spezialliteratur[1].

In der neueren Zeit sind für Liegestellen, an denen die Löschung von Tankschiffen erfolgt, seitens der Aufsichtsbehörden sogenannte schwimmende Wälle gefordert worden. Hierdurch soll vermieden werden, daß etwa auslaufende brennbare Flüssigkeiten, die infolge ihres spezifischen Gewichtes auf dem Wasser schwimmen, sich über den übrigen Teil des Gewässers verteilen.

12. Wasserversorgung und Abwasserableitung.

Beschaffung, Förderung und Reinigung von Frischwasser. — Verteilung des Wassers. — Warmwasserversorgung. — Abwasserableitung, Sammel- und Förderanlagen. — Klär- und Neutralisationsanlagen. — Versickerungsanlagen.

Hinter den Begriffen, die im Titel dieses Abschnittes zum Ausdruck kommen, verbergen sich für den Fabrikbau zahlreiche Aufgaben, die sonst nur der Städtebauer zu lösen hat. Gewiß werden sich in mancher Fabrikanlage die Einrichtungen der Be- und Entwässerungsnetze kaum von den aus dem Wohnhaus- und Siedlungsbau bekannten Formen unterscheiden. Auf der an-

[1] z. B. Brennecke-Lohmeyer: Der Grundbau Bd. 2, 4. Aufl. Berlin: Ernst & Sohn.

deren Seite aber findet man — besonders in Industrien, bei denen das Wasser als Rohstoff, als Kühlmittel oder als Arbeitsmittel dient — in Fabrikbetrieben derart umfangreiche Anlagen für Wasserversorgung und Abwasserableitung, daß sich manche Mittel- oder Großstadt dieser Betriebe sowohl hinsichtlich Leistung als auch technischer Ausgestaltung nicht zu schämen brauchte.

Betrachtet man die einschlägigen Aufgaben im Sinne der Flußrichtung, so muß man sich zuerst mit der Beschaffung, Förderung und Reinigung von **Frischwasser** befassen. Jede Lösung dieser Fragen setzt voraus, daß der Wasserverbrauch des Fabrikbetriebes in seiner Gesamtheit, sowohl bezogen auf den auftretenden Höchstwert als auch auf den durchschnittlichen täglichen Wert, bekannt ist. Der Wasserverbrauch einer Fabrikanlage setzt sich aus folgenden Einzelwerten zusammen:

1. Verbrauch für persönliche Zwecke der Belegschaft (Trinkwasser, Klosettspülung, Wasch- und Badezwecke). Der Verbrauch ist abhängig von der Stärke der Belegschaft. Je Kopf und Tag sind etwa 30 bis 40 l zu rechnen.

2. Verbrauch für Feuerlöschzwecke. Dieser Verbrauch kommt naturgemäß meist nur in Frage, wenn der Verbrauch für persönliche Zwecke ruht. In größeren Anlagen wird für Feuerlöschzwecke immer genügend Wasser zur Verfügung stehen. In kleineren Anlagen ist zu beachten, daß der Wasserverbrauch einer Feuerlöschspritze

mit A-Schlauch (110 mm l. W.)	ca. 1200 l/min
mit B-Schlauch (75 mm l. W.)	ca. 600 l/min
mit C-Schlauch (45 mm l. W.)	ca. 200 l/min

beträgt. Es ist festzustellen, aus wieviel Hydranten gleichzeitig eine Entnahme für Löschzwecke in Frage kommen kann und ob die anderweitig ermittelte Verbrauchszahl der Gesamtentnahme für Löschzwecke entspricht. Man kann etwa annehmen, daß zur Löschung eines Brandes 2 Hydranten mit 4 C-Schlauchanschlüssen erforderlich sind; mithin müssen die Rohrleitungen mindestens für einen Wasserverbrauch von 800 l/min oder rund 50 m³/h bemessen sein.

3. Verbrauch für Fabrikationszwecke. Hierbei ist zu unterscheiden, ob das Wasser nach der Benutzung für die Fabrikation für andere Zwecke noch brauchbar ist (z. B. abfließendes Kühlwasser evtl. für Klosettspülung, Wasch- oder Badezwecke, als Kesselspeisewasser oder dgl.), ob es sich im Kreislauf nach Wiederherstellung seiner ursprünglichen Eigenschaften (durch Reinigung oder Rückkühlung) wieder für die Fabrikation verwenden läßt, oder ob eine ständige Erneuerung notwendig ist. Zahlenmäßige Angaben lassen sich bei dem Umfang des in Betracht kommenden Gebietes kaum machen. Einen rohen Anhalt bieten bei der Projektierung die Rohrweiten der anzuschließenden Einrichtungen (Maschinen und Apparate). Selbstverständlich sind die hiernach ermittelten Werte vorsichtig anzuwenden, da mitunter die Konstrukteure der fraglichen Einrichtungen sich nicht viel Kopfzerbrechen über die richtige Bemessung der Anschlußweiten für Kühl- und Fülleitungen machen. Wenn möglich, sollte daher in jedem Falle eine Nachprüfung durch Ermittlung der mit dem Kühlwasser abzuführenden Wärme oder bei chemischen Prozessen aus den stöchiometrisch errechneten Werten mit einem reichlichen Zuschlag erfolgen. Nur soweit auf diesen Wegen oder durch Befragung der Betriebsingenieure keine ausreichend begründeten Werte zu erhalten sind, kann nach Zahlentafel 36 der Verbrauch nach der Anschlußweite überschläglich bestimmt werden.

Zahlentafel 36. Anhaltswerte für den Wasserverbrauch von Maschinen und Apparaten (nach der lichten Anschlußrohrweite).

Anschlußrohrdurchmesser mm .	13	20	25	32	40	50
Wasserverbrauch l/min	8	19	30	45	75	124

Nach Feststellung des gesamten voraussichtlichen Wasserbedarfs ist zu prüfen, ob für gewisse Zwecke besondere Eigenschaften des Wassers (chemische oder technische Reinheit, Temperatur, Mangel an aggressiven Beimischungen) gewährleistet sein müssen. An Trinkwasser sind die schärfsten Anforderungen bezüglich Reinheit zu stellen; es soll klar, farb- und geruchlos sein, weder fade noch nach einem bestimmten Stoff vorherrschend schmecken.

Besonders wichtig ist die Feststellung, ob im Wasser organische Stoffe und Stickstoffverbindungen enthalten sind. Ist dies in größeren Mengen der Fall, so ist zu befürchten, daß das Wasser aus Erdschichten stammt, die durch menschliche oder tierische Abfallstoffe verunreinigt sind. Finden sich eiweißartige Verbindungen (z. B. Albuminoid-Ammoniak), so ist das Wasser von der Verwendung auszuschließen. Chlor im Wasser ist in kleineren Mengen unschädlich, wenn es mineralischen Ursprungs ist. Für gewerbliche Zwecke kann Wasser dagegen in manchen Fällen durch Chlorgehalt unbrauchbar werden. Sind neben dem Chlor Nitrate, Sulfate und or-

ganische Stoffe enthalten, so ist das Wasser durch Abfallstoffe verunreinigt und als bedenklich zu bezeichnen.

Schwefelwasserstoff darf im Trinkwasser nicht enthalten sein. Dagegen sind Kieselsäure, Tonerde, Eisen und Mangan in hygienischer Beziehung nicht zu beanstanden. Für technische Zwecke sind evtl. schon geringe Mengen von Eisen und Mangan unerwünscht. Dies gilt auch für das Vorkommen von Schwefelsäure im Wasser, sowie von solchen Stoffen, die die Härte eines Wassers bestimmen. Hierzu gehören Kalk und Magnesia. Diese Elemente kommen im Wasser in Verbindungen als Sulfate, Karbonate und Chloride vor. Die durch die Sulfate bedingte Härte heißt „bleibende Härte", die durch die Karbonate bedingte „vorübergehende Härte". Die Gesamthärte entspricht dem Gehalt an Sulfaten und Karbonaten. Als Maß der Härte gilt:

1 deutscher Härtegrad (d. H.) . . . . . 10 mg CaO/l,
oder 7,15 mg MgO/l,
1 französischer Härtegrad (fr. H.) . . . . . 10 mg $CaCO_3$/l,
1 englischer Härtegrad (engl. H.) . . . . . 14,3 mg $CaCO_3$/l,
(1^0 d. H. = $1{,}79^0$ fr. H. = $1{,}25^0$ engl. H.)

Wasser von 0 bis 8^0 d. H. gilt als weich, solches von 8 bis 16^0 d. H. als mittelhart und solches von mehr als 16^0 d. H. als hart.

Die Härte ist für Trinkzwecke ohne Bedeutung, selbst Wasser mit 30 bis 50^0 d. H. ist für den Genuß brauchbar. Für technische Zwecke ist hartes Wasser dagegen vielfach unerwünscht, besonders für die Speisung von Dampfkesseln. Die Härtebildner scheiden sich beim Kochen im Dampfkessel als feste Ablagerungen, die unter dem Namen Kesselstein bekannt sind, ab. Der Kesselstein beeinträchtigt nicht nur den Wärmedurchgang der Kesselheizfläche, sondern gefährdet auch je nach der Kesselbeanspruchung den Kessel durch Wärmestauungen im Werkstoff, die zu Ausbeulungen und Explosionen führen können. Meistens ist daher eine Reinigung des Kesselspeisewassers vor der Speisung unerläßlich (s. hierüber in diesem Abschnitt S. 165).

Kohlensäure ist für Trinkwasser unschädlich, wenn nicht wegen des frischen Geschmackes, den freie Kohlensäure dem Wasser verleiht, sogar erwünscht. Da freie Kohlensäure aber das Material der Rohrleitungen, Kesselwandungen usw. angreift, ist hierbei Vorsicht am Platze.

Phosphorsäure, Kali und Natron im Wasser rühren meist von menschlichen oder tierischen Abgängen her. Derart verunreinigtes Wasser ist also vorsichtig zu behandeln.

Nach Haselhoff[1] sind an gewerbliche Gebrauchswässer außerdem folgende besondere Anforderungen zu stellen:

a) Für Brauereien und Brennereien muß das Wasser frei von zersetzungsfähigen organischen Stoffen sein. Auch hartes Wasser ist zu vermeiden.
b) Molkereien verlangen gleichfalls ein von zersetzungsfähigen Stoffen freies Wasser.
c) Für Stärkefabriken soll das Wasser frei von ungelösten Stoffen, frei von fäulnisfähigen organischen Stoffen, von Gärungserregern, von Eisen, Mangan, Ammoniak und salpetriger Säure sein.
d) Zuckerfabriken stellen noch weitergehende Anforderungen; das Wasser muß nicht nur dem für Stärkefabriken entsprechen, sondern darf weiter auch keine größeren Mengen von Nitraten, Sulfaten und Alkalikarbonaten enthalten.
e) Für Papierfabriken soll das Wasser weich und frei von Eisen, Mangan und fauligen Stoffen sein.
f) Leder- und Textilfabriken, Wäschereien verlangen Wasser, welches nicht zu hart ist und keine zersetzungsfähigen Stoffe enthält. Es muß frei von Eisen sein und darf nur wenig Chloride enthalten. In Wäschereien sind manganhaltige Wässer zu beanstanden.

Nach Erledigung der Vorarbeiten ergibt sich die Frage, wie das Wasser am besten und billigsten zu beschaffen ist. Die einfachste, wenn auch nicht immer die beste, Lösung besteht, wenn durchführbar, im Anschluß an ein vorhandenes Wasserleitungsnetz. In die Anschlußleitung wird ein vom Wasserwerk zu stellender Wassermesser mit Absperrschiebern eingebaut. Sofern der Wassermesser nicht im Keller des angeschlossenen Gebäudes angeordnet werden kann, muß eine besondere Wassermessergrube in der Nähe der Grundstücksgrenze (hinter der Straßenflucht) gebaut werden. Für die Ausführung sind evtl. vorhandene besondere Vorschriften des Wasserwerks zu beachten.

Sind mehrere Wasseranschlüsse vorhanden, die gemeinsam das Fabriknetz speisen, oder arbeitet eine fabrikseigene Wasserwerksanlage gleichzeitig oder wechselweise mit einem fremden Wasserwerk in das Netz, so müssen die einzelnen Anschlüsse zwischen Wassermesser und Netz durch Rückschlagventile gesichert werden.

---

[1] Haselhoff, Prof. Dr. Emil: Wasser und Abwässer. Sammlung Göschen Bd. 473, 2. Aufl.

Bei günstigen Wasserverhältnissen und größerem Wasserbedarf oder auch bei hohen Wasserpreisen lohnt sich oft die Errichtung einer eigenen Wasserversorgungsanlage. Das Wasser kann aus Flußläufen, Teichen, Seen (als Oberflächenwasser) oder aus dem Grundwasser durch Brunnen entnommen werden. Die Entnahme von Grundwasser erfordert neuerdings die Verleihung eines Rechtes hierzu durch den zuständigen Regierungspräsidenten. Laufende Kosten entstehen durch die Verleihung des Rechtes nicht. Für die Wasserentnahme aus öffentlichen Wasserstraßen ist die Genehmigung des zuständigen Wasserbauamtes einzuholen. Die jährliche Gebühr für die Entnahme ist gering. Oberflächenwasser muß für Trinkzwecke und mitunter auch für industrielle Zwecke gereinigt werden, worüber im Rahmen dieses Abschnittes noch zu sprechen ist. Für Kühlzwecke ist es fast immer sehr gut zu gebrauchen und hat gegenüber dem Grundwasser den Vorzug der Billigkeit hinsichtlich Anlage- und Betriebskosten. In Sonderfällen ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Temperatur des Oberflächenwassers im Sommer bis zu 20° und mehr ansteigt, während Grundwasser eine ziemlich gleichmäßige Temperatur von etwa 8 bis 12° aufweist.

Die Fassung des Grundwassers erfolgt durch Sammelgänge, Sickerdolen, Quellfassungen oder am gebräuchlichsten durch Brunnen. Liegt eine ergiebige Wasserschicht dicht unter der Erdoberfläche, so werden gemauerte, betonierte oder eiserne Schachtbrunnen angewandt. Im anderen Falle müssen Rohrbrunnen oder Tiefbrunnen ausgeführt werden. Abb. 267 zeigt einen Rohrbrunnen. Der wichtigste Bestandteil des Brunnens ist das Filter, welches als Gewebefilter oder — nach einer neueren Ausführung — als gewebeloses Filter mit Kiespackung ausgeführt werden kann. Das gewebelose Filter mit Kiespackung hat eine größere Eintrittsfläche für das Wasser als das Gewebefilter und ergibt somit einen geringeren Wassereintrittswiderstand; hierdurch wird wieder eine geringere Absenkung des Wasserspiegels beim Pumpen bedingt, so daß sich unter sonst gleichen Umständen eine größere Ergiebigkeit und eine beträchtlich höhere Lebensdauer ergibt. Von der Wassereintrittsgeschwindigkeit hängt die Lebensdauer der Filter wesentlich ab, insofern als bei hoher Geschwindigkeit eine stärkere Ablagerung von Sand und Bodenteilchen und eine stärkere Eisenausscheidung stattfindet.

Als Material für die Filterkörper kommt Schmiedeeisen, Gußeisen, verzinktes Schmiedeeisen, unverzinktes Schmiedeeisen mit Asphaltierung oder Inertolanstrich, bei saurem Wasser auch Kupfer, bei Wasser mit sehr hohem Eisen- und Mangangehalt Steinzeug in Frage. Bei Steinzeugfiltern ist es möglich, die vor dem Filterkörper nach längerem Betrieb mit eisen- und manganhaltigem Wasser abgelagerten Metalloxyde durch Säureausspülung wieder zu lösen.

Die Ausführung eines gewebelosen Filters mit Kiespackung ist aus Abb. 268 ersichtlich. Die Abbildung zeigt gleichzeitig die Anordnung einer Tiefbrunnenpumpe mit über Flur liegendem, vertikalem Antriebsmotor. Eine solche Anordnung muß Anwendung finden, wenn die wasserführende Schicht zu tief unter der Erdoberfläche liegt und sich somit unter Berücksichtigung des Filterwiderstandes eine zu große Saughöhe ergeben würde. Die Förderung kann in Sonderfällen auch durch sogenannte Unterwasserpumpen oder auf pneumatischem Wege erfolgen.

Einfache Rohrbrunnen ohne Tiefbrunnenpumpen erhalten am Kopfe einen kleinen Einsteigeschacht. In diesem wird der Brunnen durch eine hermetisch dichtende Platte abgeschlossen. In den Brunnenkopf mündet auch ein Messingpeilrohr, welches gestattet, die Lage des Wasserspiegels während des Betriebes einmessen zu können. Im übrigen sei auf Abb. 269 verwiesen, die einen Brunnenkopf mit normalem Pumpenanschluß und Notanschluß für Feuerlöschzwecke erkennen läßt.

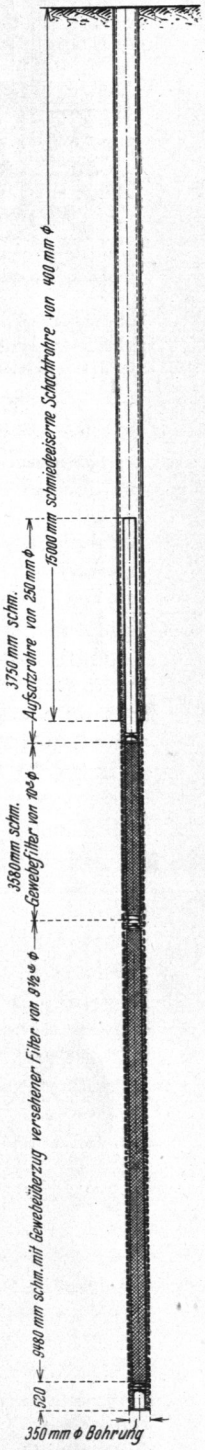


Abb. 267. Rohrbrunnen mit Gewebefilter.

Die Ergiebigkeit eines Rohrbrunnens ist in erster Linie von der Durchlässigkeit des Urbodens abhängig. Der Filterdurchmesser steht nicht in eindeutiger Beziehung zur Ergiebigkeit, doch wird man für gewebelose Filter mit Kiespackung etwa die aus Zahlentafel 37 ersichtlichen Werte annehmen können.

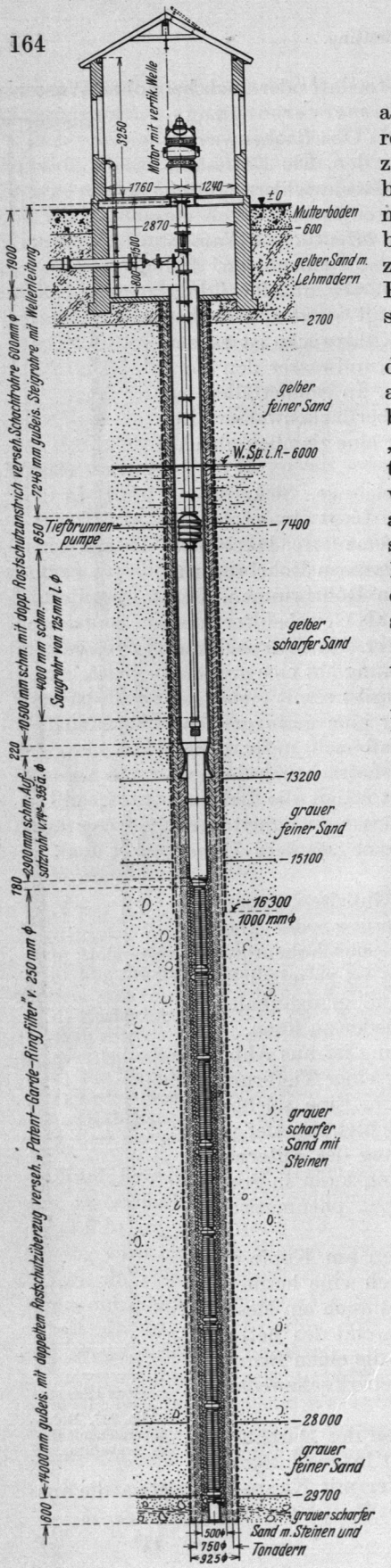


Abb. 268. Tiefbrunnenpumpe in einem Rohrbrunnen mit gewebelosem Filter und Kiespackung.

Die Rohrbrunnen haben eine Einzelleistung bis zu mehr als 400 m³/h. Ist der Wasserbedarf größer, so müssen mehrere Brunnen parallel betrieben werden, wobei der Abstand zwischen den einzelnen Brunnen nicht weniger als 25 m betragen soll. Bei sehr großem Wasserbedarf ist es zweckmäßiger, eine Brunnengruppe mit einer Heberleitung zu verbinden und das Wasser in einen Sammelschacht hinüberzuheben, aus dem die Pumpen das Wasser saugen.

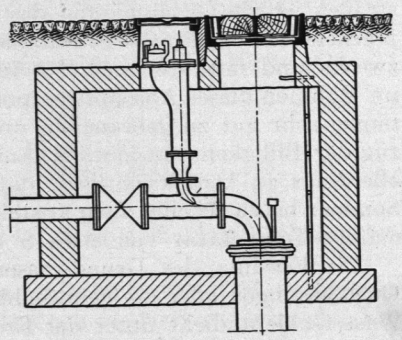


Abb. 269. Vorschacht eines Rohrbrunnens mit Anschluß für die (über Tage liegende) Pumpe und mit Notanschluß für eine Feuerspritze.

Für die Ausführung der Wassergewinnungsanlage sind — besonders bei Trinkwasser — die „Technischen Vorschriften für Bau und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen für Grundstücke" Normblatt DIN 1988 zu beachten. § 2 dieser Vorschriften bestimmt folgendes[1]:

1. Schachtbrunnen müssen bis zur Tiefe von mindestens 3 m unter Erdoberfläche wasserdichte Wände haben.

2. Rohrbrunnen müssen so hergestellt werden, daß eine Verunreinigung des Wassers von der Erdoberfläche her sicher ausgeschlossen ist. Sie sind in der Regel so tief zu bohren, daß die Oberkante des Filters mindestens 3 m unter Erdoberfläche liegt.

3. Sind Abweichungen infolge besonderer Verhältnisse nicht zu beanstanden, so ist die Umgebung der Brunnen so zu sichern, daß ihr Wasser nicht verunreinigt werden kann.

4. Der massive Schacht ist mindestens 20 cm über Geländeoberfläche zu führen und möglichst bis zu 2 m Tiefe durch eine 0,50 m dicke, ringsumlaufende Ton- oder Lehmschicht gut abzudichten.

Schachtbrunnen sind wasserdicht abzudecken. Bei Abschluß unter der Erdoberfläche sind sie mit einer massiven, nach allen Seiten abfallenden Decke zu versehen.

5. Die Umgebung des Brunnens ist im Umkreise von mindestens 1 m über den äußeren Brunnendurchmesser hinaus mit Gefälle nach außen wasserdicht herzustellen. Zur Ableitung des Überlaufwassers der Pumpenvorrichtungen ist ein undurchlässiger Ablauf anzulegen.

6. Einsteigeöffnungen sind wasserdicht zu verschließen; Holz ist dabei nicht zu verwenden.

Lüftungsrohre sind wasserdicht durch die Decke oder Wandung zu führen; ihre obere Öffnung ist gegen das Eindringen von Fremdkörpern zu sichern.

7. Die Anlage von offenen Schöpfbrunnen ist unzulässig.

8. Das Heben von Brunnenwasser hat durch Pumpen zu erfolgen. Pumpenteile und Rohrleitungen sind wasserdicht durch Brunnendecken oder -wandungen hindurchzuführen. Im Innern von Brunnenschächten ist die Verwendung von Holz verboten. Eisenteile sind gegen Rosten durch gesundheitlich unschädliche Mittel zu schützen.

Zahlentafel 37. Annäherungswerte für die Leistung von Filterrohrbrunnen.

Filterdurchmesser mm	Förderleistung m³/h
100	25— 30
125	40— 45
150	60— 65
175	80— 90
200	90—115
250	115—180
300	180—270

[1] Vgl. Fußnote auf S. 176.

9. Rohrbrunnen und Schachtbrunnen sollen möglichst grundwasserstromaufwärts von Dungstellen und Gruben angelegt werden und müssen mit ihrem äußeren Rande mindestens entfernt sein:

10 m von Dungstellen, Abfallgruben oder Schmutzwasser-Sickerleitungen,
5 m von Gruben oder Abflußleitungen, sofern beide wasserdicht und an die Entwässerung angeschlossen sind, und von offenen Gewässern oder Nachbargrenzen.

Diese Entfernungen können ausnahmsweise herabgesetzt werden, wenn die Brunnen durch undurchlässige oder genügend filternde Bodenschichten geführt sind.

Bei hochliegenden Grundwasserständen und stark durchlässigen Bodenschichten sind die angegebenen Mindestentfernungen zu vergrößern.

10. In Gebäuden dürfen nur Rohrbrunnen angelegt werden. Der den Brunnen umgebende Fußboden muß in einem Umkreis von mindestens 3 m undurchlässig hergestellt sein und darf kein Gefälle zum Brunnen hin haben.

11. Besteht ein Rohrbrunnen aus mehreren verschieden weiten Rohren, oder wird in einen Rohrbrunnen ein Saugrohr eingeführt, so sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Rohren oben wasserdicht abzuschließen.

12. Sickerleitungen und Quellfassungen sind dort zulässig, wo eine Verunreinigung des aufzufangenden Wassers nicht zu befürchten ist. Der durchlochte Teil der Sickerrohrleitung muß mindestens 2 m unter Erdoberfläche liegen. Für die bauliche Ausführung der Sammelschächte für Sickerleitungen gilt dasselbe wie für Schachtbrunnen.

Die Ausführung der Brunnen ist eine Spezialarbeit, die nur einer bewährten Firma mit einschlägigen Erfahrungen übertragen werden sollte. Im Betrieb erweist sich auch hier, daß das Billigste nicht immer das Beste ist, da bei mangelhaft ausgeführten Brunnen die Ergiebigkeit nach kurzer Betriebszeit zurückgehen wird.

Der Förderung des Wassers dienen Kolben- oder Kreiselpumpen. Die Pumpenbauarten dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Besonders für Fabrikanlagen, bei denen die Wasserwerke nur einen untergeordneten Teil der Gesamtanlage darstellen, ist die Verwendung von Kreiselpumpen empfehlenswert, da sie am wenigsten Wartung beanspruchen, zur direkten Kupplung mit Elektromotoren vorzüglich geeignet sind und sich mit einfachen Mitteln selbsttätig ein- und ausschalten lassen. Die Steuerung der Schalter erfolgt entweder durch Schwimmer oder durch Druckmembranen. Bei größeren Anlagen oder bei fehlendem Reserveanschluß muß die Förderleistung auf zwei oder mehr Aggregate verteilt werden. Jede Pumpe ist mit Saug- und Druckschieber und Rückschlagventil in der Druckleitung auszurüsten, damit nicht bei fehlerhafter Bedienung das Wasser durch eine stillstehende Pumpe wieder in deren Saugleitung zurückgedrückt werden kann. Zur Durchspülung des Brunnens muß allerdings eine entsprechende Schaltungsmöglichkeit vorhanden sein. Ist damit zu rechnen, daß mehrere Pumpen gleichzeitig arbeiten, so sollen die Pumpen möglichst getrennte Saugleitungen erhalten, weil sie sich andernfalls oft gegenseitig ungünstig beeinflussen.

Entspricht die Beschaffenheit des geförderten Wassers nicht den oben umrissenen Anforderungen, so ist die Aufstellung einer Reinigungsanlage erforderlich. Die Reinigung kann auf physikalischem oder chemischem Wege oder in einer Hintereinanderschaltung beider Verfahren erfolgen. Die einfachste Art der mechanischen Reinigung besteht in Absitzenlassen in offenen Klärbecken von mindstens 3 m Tiefe. Die Beckengröße soll mindestens gleich dem Tagesbedarf sein. Eine feinere Reinigung ergeben Filter, die als gedeckte Filterbecken oder in Industrieanlagen meistens als Schnellfilter in geschlossenen Kesseln gebaut werden. Schnellfilter arbeiten mit einer Filtergeschwindigkeit von 4 bis 5 m/h. Zur Enteisenung wird das Wasser in Rieselanlagen belüftet. Die Entlüftung kann bei entsprechender Ausführung auch zur Entfernung freier Kohlensäure dienen. In Sonderfällen wird außerdem das Wasser mit Hilfe von Ozon oder Wasserstoffsuperoxyd sterilisiert.

Hartes Wasser wird für Kesselspeisezwecke oder für sonstige gewerbliche Zwecke in besonderen Anlagen weich gemacht. Es gibt hierfür verschiedene Verfahren. Am bekanntesten ist das Kalksodaverfahren, welches hauptsächlich bei Wässern mit freier Kohlensäure und vorwiegender oder beträchtlicher Karbonathärte angewandt wird. Dem hocherwärmten Rohwasser wird hierbei eine der jeweiligen Karbonathärte entsprechende Menge Ätzkalk zugeführt, welcher die gasförmige, die Karbonathärtebildner in Lösung haltende freie Kohlensäure bindet und der kohlensauren Magnesia die gebundene Kohlensäure entzieht. Die Nichtkarbonathärte wird durch Soda beseitigt. Sämtliche Härtebildner fallen bei richtiger Wahl und Dosierung als Schlamm aus[1]. Für Wässer, welche niedrigen Gehalt an freier Kohlensäure und niedrige Karbonathärte

[1] Siehe Kesselbetrieb, herausgegeben von der Vereinigung der Großkesselbesitzer. Berlin: Julius Springer 1931.

haben, dafür aber viel Magnesiasalze enthalten, eignet sich besser das Ätznatronsodaverfahren, welches in seinem Aufbau dem Kalksodaverfahren ähnlich ist. In Kesselanlagen trifft man auch das Sodaenthärtungsverfahren mit Schlammrückführung, bei welchem eine Reinigung durch überschüssig zugegebene Soda erfolgt. Ein Teil des Kesselwassers wird hierbei ständig in den Reiniger zurückgeführt. Das Verfahren eignet sich besonders für Wässer mit vorwiegender Nichtkarbonathärte bei gleichzeitiger Magnesiaarmut. Weniger empfehlenswert ist es bei hohem Magnesiagehalt.

Neuerdings wird auch Trinatriumphosphat zur Reinigung von Kesselspeisewasser verwendet. Das Verfahren ist im Betrieb relativ teuer, eignet sich daher hauptsächlich für weiches oder bereits vorenthärtetes Wasser. Der Zusatz von Trinatriumphosphat ist vorteilhaft zur Unschädlichmachung von Resthärtebildnern, die sich durch andere chemische Verfahren schwer entfernen lassen. Durch Trinatriumphosphat erhält man immer steinfreie Kessel. Auch läßt sich vorhandener Kesselstein hierdurch leicht entfernen. Die Normalleistung der Kessel ist in diesem Falle während der Reinigungsperiode auf die Hälfte herabzusetzen, da die Kessel sonst leicht schäumen und spucken. Eine schädigende Einwirkung auf das Kesselblech durch Trinatriumphosphat ist nicht festgestellt worden.

Bei dem Basenaustauschverfahren erfolgt die Enthärtung des Wassers bei niedriger Temperatur dadurch, daß Aluminiumsilikate das in ihnen enthaltene Alkali gegen die Härtebildner austauschen. Die Aluminiumsilikate kommen unter dem Namen „Permutit" in den Handel, die Anwendung ist patentrechtlich geschützt. Das Permutit erschöpft sich im Filter und muß von Zeit zu Zeit mit einer höchstens 35° warmen Kochsalzlösung regeneriert werden. Das Verfahren ist besonders geeignet für Wässer mit stark schwankender Rohwasserhärte (z. B. Fluß- oder Grubenwasser). Weiter ist es für weiche Wässer und solche mit geringem Kohlensäuregehalt, niedriger Karbonathärte und hoher Sulfathärte geeignet.

Endlich kann das Weichmachen durch Destillieren in Verdampferanlagen erfolgen. Gutes Destillat soll eine Resthärte von nicht mehr als 0,1° d. H. besitzen. Verdampferanlagen finden hauptsächlich in neuzeitlichen Kesselhäusern mit höheren Dampfdrücken Anwendung, wo auf besonders reines Speisewasser Wert gelegt werden muß. Sie lassen sich wärmewirtschaftlich sehr gut in die Speisewasser-Vorwärmeanlagen einschalten. Heute werden die Verdampfer meistens mit Abdampf oder Anzapfdampf der Kraftmaschinen betrieben. Für größere Leistungen, und wenn wenig Heizdampf zur Verfügung steht, können mehrere Verdampfer hintereinandergeschaltet werden.

Vielfach wird vor die Verdampferanlage eine chemische Enthärtungsanlage vorgeschaltet, um die Betriebsperioden der Verdampfer zwischen zwei Reinigungsperioden möglichst zu verlängern. An Stelle einer chemischen Vorreinigung kann das Rohwasser zur Beseitigung der Karbonathärte auch mit Salzsäure geimpft werden. Hierbei ist sorgfältige Dosierung besonders wichtig.

An dieser Stelle möge darauf hingewiesen werden, daß eine Wasserreinigungsanlage für Dampfkesselbetriebe keineswegs durch Anwendung von Kesselsteinverhütungsmitteln ersetzt werden kann. Abgesehen davon, daß die Wirkung solcher Mittel zweifelhaft und unsicher ist, ergeben sich auch bei tatsächlich eintretender Wirkung starke Verunreinigungen des Kesselinhaltes, die zu schweren Kesselschäden führen können. Außerdem besteht die Gefahr, daß durch diese Mittel Korrosionen an den Kesselwandungen auftreten. Auch bei dem in neuerer Zeit angebotenen elektrischen Kesselschutzverfahren ist Vorsicht am Platze. Gereinigtes Wasser, besonders durch Destillation weich gemachtes Wasser, greift in Gegenwart von freier Kohlensäure Eisen an. Kohlensäure und Sauerstoff müssen daher aus dem Wasser durch Entgasung auf thermischem, mechanischem oder chemischem Wege ausgetrieben werden. Da sauerstoffreies Wasser den Sauerstoff der Luft gierig aufnimmt, ist dichter Abschluß aller Behälter, Rohrleitungen und Stopfbüchsen notwendig.

Bei der Mannigfaltigkeit der für die Wasserreinigung in Frage kommenden Verfahren und Bauarten ist es in dem zur Verfügung stehenden Rahmen nicht möglich, erschöpfende Ausführungsbeispiele zu geben.

Zum Ausgleich zwischen Wasserförderung und Wasserbedarf und zur Sammlung des Reinwassers sowie zur Aufspeicherung für Reservezwecke werden in die Druckleitungen Hochbehälter oder Druckbehälter eingeschaltet. Für größere Leistungen sind Hochbehälter fast immer vorzuziehen, gleichgültig ob es sich um Flach- oder Hochbauten handelt, da der Betrieb des Druckkesselsystems wegen des notwendigen höheren Betriebsdruckes teurer wird

und bei Störungen in der Maschinenanlage oder in der Stromzufuhr zu wenig Wasservorrat verfügbar ist. Die Größe der Behälter richtet sich nach den baulichen Verhältnissen, nach dem gewünschten Reservevorrat oder bei selbsttätig arbeitenden Pumpensätzen nach der zulässigen Zahl der Arbeitsspiele je Stunde. Werden die Behälter zu knapp bemessen, so würden zuviel Arbeitsspiele und damit zu häufiges Ein- und Ausschalten des Pumpensatzes notwendig werden. Die Folge wäre unter Umständen eine unzulässige Erwärmung der Schaltgeräte und Motoren. Mehr als 8 Pumpenspiele je Stunde sollen vermieden werden. Im allgemeinen soll der Behälter 30 bis 40% des mittleren Tagesverbrauchs, möglichst vermehrt um den Löschbedarf von etwa 300 m³, fassen. Druckbehälter sind in diesen Abmessungen praktisch kaum auszuführen oder würden zu teuer werden. Hochbehälter werden bei günstiger Geländeformation als gemauerte oder betonierte Behälter auf Hügeln, in anderen Fällen als Wassertürme mit Eisen- oder Eisenbetonbottich ausgeführt. Für Fabrikanlagen kommen vielfach auch ringförmige Behälter an Schornsteinen in Größen von 10 bis 200 m³ in Frage.

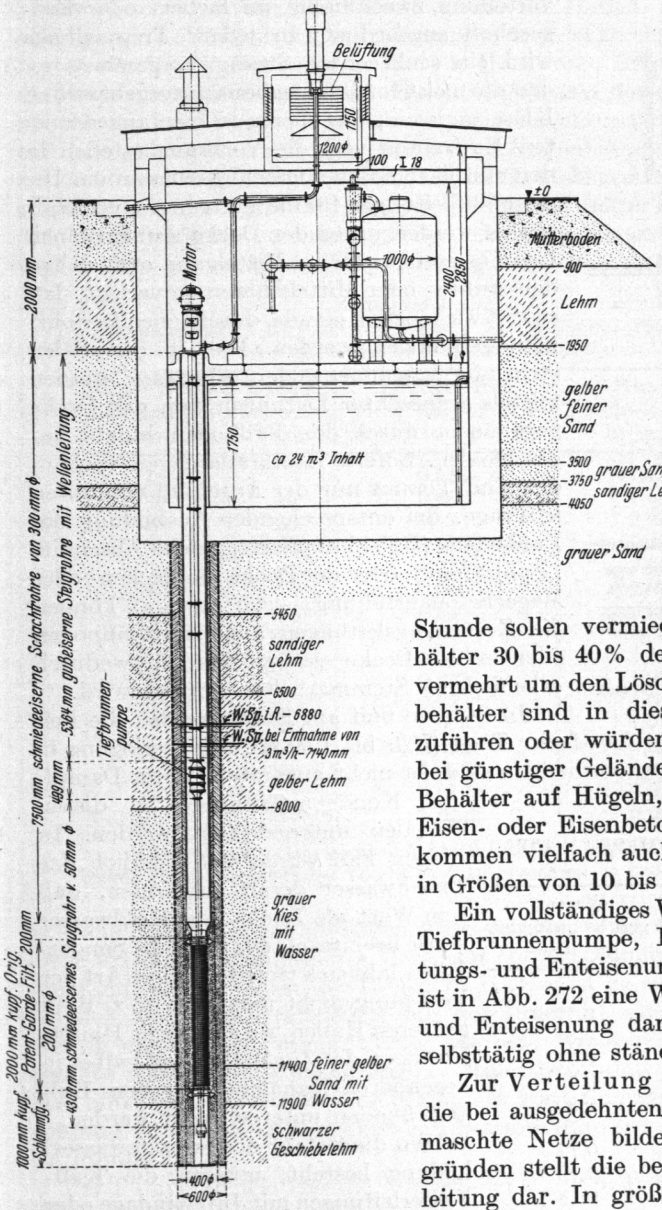


Abb. 270. Fabrikwasserwerk mit Tiefbrunnenpumpe, Belüftung, Enteisenung und Absetzbehälter.

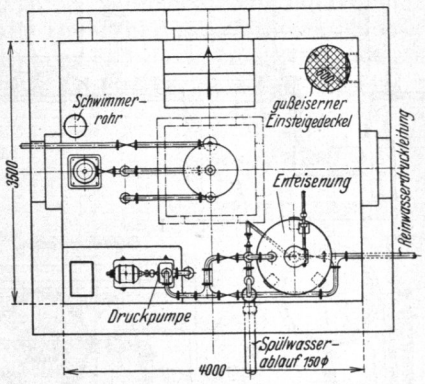


Abb. 271. Grundriß zu Abb. 270.

Ein vollständiges Wasserwerk, bestehend aus Rohrbrunnen, Tiefbrunnenpumpe, Pumpenhaus mit Absetzbehälter, Belüftungs- und Enteisenungsanlage zeigen Abb. 270 und 271. Ferner ist in Abb. 272 eine Wasserversorgungsanlage mit Druckkessel und Enteisenung dargestellt. Die Anlage arbeitet vollständig selbsttätig ohne ständige Bedienung.

Zur Verteilung des Frischwassers dienen Rohrleitungen, die bei ausgedehnten Fabrikanlagen stark verästelte und vermaschte Netze bilden. Aus Betriebs- und Feuersicherheitsgründen stellt die beste Form der Hauptverteilung die Ringleitung dar. In größeren Anlagen werden die Hauptäste der Ringleitungen an passenden Stellen wieder untereinander verbunden, so daß sich praktisch mehrere aneinander gekettete Ringe ergeben. Jeder Strang der Ringleitungen und evtl. jede Ringhälfte muß durch leicht zugängliche Schieber absperrbar sein. Die Hauptleitungen sind entsprechend den Durchflußmengen zu bemessen, wobei darauf zu achten ist, daß der Druckverlust in den Leitungen in zulässigen Grenzen bleibt. Mindestens müssen die Hauptleitungen zur genügenden Versorgung der angeschlossenen Hydranten ausreichen. Zahlentafel 38 gibt für verschiedene Durchflußmengen die erforderlichen Rohrweiten und den Druckverlust auf 1 m Rohrlänge bei normalen Verhältnissen an. Die Abzweig- und Anschlußleitungen zu den einzelnen Zapfstellen können nach Zahlentafel 39 bemessen werden.

Die Verlegung der Rohrleitungen erfolgt in Hallenbauten mit Kranbahnen am besten an den Kranbahnträgern, gegebenenfalls natürlich auch an den Wänden; in Flachbauten werden die Leitungen oft in der Dachkonstruktion verlegt. In Geschoßbauten wird eine Hauptverteilung zweckmäßig im Keller- oder Erdgeschoß angeordnet; in jedem Treppenhaus wird ein senkrechter Strang vorgesehen, an den die meist im Treppenhaus untergebrachten Klosettanlagen, die ebenfalls hier angeordneten Hydranten und die Verbrauchsstellen in den einzelnen Sälen angeschlossen werden. Die Anschlußleitungen für die letztgenannten Zapfstellen werden unter der Decke der einzelnen Geschosse entweder im Mittelgang oder neben den Außen- oder Mittelstützen so verlegt, daß soweit wie möglich gerade, durchgehende Rohrleitungen erzielt werden. Frei in den Sälen stehende Maschinen oder Apparate werden mittels senkrechter Leitungen von der Decke herab oder durch den Fußboden hinauf angeschlossen. Sofern Laufkrananlagen vorhanden sind, kommt nur der Anschluß von unten in Frage. Bei entsprechender Ausbildung des Fußbodens (Holzklotzpflaster, siehe Abschnitt „Fußböden"), oder der Decke (Schlacken- oder Magerbetonauffüllung, siehe ebenda) können die Zuführungsleitungen auch im Fußboden oder in der Decke verlegt werden, wodurch erheblich an Stemmarbeiten gespart wird.

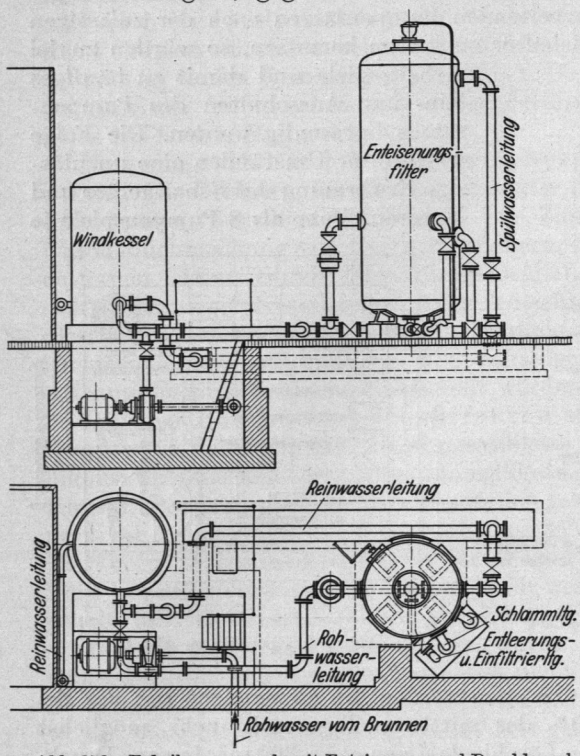


Abb. 272. Fabrikwasserwerk mit Enteisenung und Druckkessel.

In Straßen und auf Höfen werden die Leitungen im Erdreich verlegt, und zwar in frostfreier Tiefe (1,20 bis 1,50 m). Die Verlegung in Rohrkanälen, die für andere Leitungen etwa vorhanden sind, ist nicht anzuraten, wenn Dampf- und Kondensatleitungen in diesen Kanälen untergebracht werden. In diesem Fall würde sich nämlich das Frischwasser derart erwärmen, daß sein Wert als Trink- und Kühlwasser stark beeinträchtigt wäre. In Sonderfällen läßt sich trotzdem diese Art der Verlegung nicht umgehen, so z. B. in größeren Hallen, wo sämtliche Hauptleitungen der Zugänglichkeit halber in begehbaren Kanälen unter dem Hallenfußboden untergebracht werden.

Wo die Gefahr der Schwitzwasserbildung besteht, müssen die Kaltwasserleitungen mit Jutebandage oder Korkstrick isoliert werden.

Bei Hochhäusern ist der Wasserversorgung besondere Aufmerksamkeit zu schenken, weil normaler Wasserleitungsdruck zur Versorgung der oberen Geschosse und zur Bekämpfung von Bränden in denselben hier nicht mehr ausreicht (siehe Abb. 273). Für Feuerlöschzwecke ist hier in jedem Treppenhaus ein sogenannter trockner (also normalerweise toter) Strang mit Hydrantenanschlüssen und Schlauchkupplung am unteren Ende vorzusehen.

Zahlentafel 38.
Zweckmäßige Rohrdurchmesser für Wasserleitungen.
(Hauptleitungen im Terrain.)

lichter Rohrdurchmesser mm	Wassermenge l/min	Druckverlust in m WS für 1 m Rohrleitungslänge	Wassergeschwindigkeit in m/sek
40	66	0,10	0,90
50	90	0,05	0,77
60	138	0,04	0,81
70	180	0,0286	0,77
80	228	0,0222	0,76
90	300	0,0200	0,80
100	372	0,0166	0,79
125	570	0,0111	0,77
150	804	0,008	0,76
175	1122	0,00667	0,78
200	1404	0,005	0,75
225	1836	0,00444	0,77
250	2220	0,00364	0,75
275	2652	0,00301	0,75
300	3240	0,00286	0,77

Bemerkung: Die vorstehenden Werte sind unter Annahme eines Rauhigkeitsgrades von $m = 0{,}25$ errechnet.

Der Wasserdruck in der Verteilungsleitung ergibt sich bei Hochhäusern allein aus der Höhe des Gebäudes, wobei zu beachten ist, daß in den oberen Geschossen noch genügend Auslaufdruck an den Zapfstellen und besonders an den Hydranten vorhanden sein muß. Bei normalen Geschoßbauten richtet sich der Druck entweder auch nach der Höhe des Gebäudes oder nach dem Druck in der Anschlußleitung des Wasserwerkes. Bei Hallen- und Flachbauten wäre es möglich, mit niedrigerem Leitungsdruck auszukommen, doch ist zu bemerken, daß sich Ersparnisse an Anlagekosten nur für die Pumpstation und für Hoch- oder Druckbehälter ergeben. Stärker wirken sich die Ersparnisse im Betrieb aus, da der Kraftbedarf der Pumpen dem Druck direkt proportional ist. Mit Rücksicht auf eine später mögliche Errichtung von Geschoßbauten sollte man aber auch bei Fabrikanlagen, für die nur Flach- und Hallenbauten vorgesehen sind, mit dem Druck nicht zu weit heruntergehen. Um trotzdem an Betriebskosten zu sparen, kann man Kreiselpumpen zunächst mit niedrigerer Drehzahl betreiben und später evtl. die Drehzahl durch Auswechselung des Antriebsmotors heraufsetzen. Nach Möglichkeit sind in diesem Fall die späteren Betriebsverhältnisse schon bei der Projektierung des ersten Ausbaues nachzuprüfen, damit die Pumpe

Zahlentafel 39.
Zweckmäßige Rohrdurchmesser für Wasserleitungen.
(Anschlußleitungen im Gebäude.)

lichter Rohrdurchmesser mm	Wassermenge l/min	Druckverlust in m WS für 1 m Rohrleitungslänge	Wassergeschwindigkeit in m/sek
13	8	0,522	0,99
20	19	0,200	1,01
25	28	0,130	0,96
30	42	0,100	1,00
35	52	0,0666	0,94
40	76	0,0666	1,04
45	93	0,0500	0,98
50	124	0,0500	1,06
55	146	0,0400	1,02
60	171	0,0333	1,00
65	207	0,0333	1,04
70	243	0,0285	1,04
75	257	0,0222	0,97
80	289	0,0166	0,96
90	367	0,0166	0,97
100	459	0,0145	0,96

Bemerkung: Die vorstehenden Werte sind unter Annahme eines Rauhigkeitsgrades von $m = 0{,}15$ errechnet.

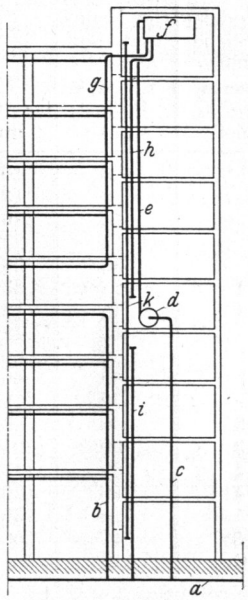


Abb. 273. Wasserversorgung eines Hochhauses.
a Frischwasser-Hauptleitung, *b* Steigestrang bis zum dritten Obergeschoß, *c* Anschlußleitung für die Pumpe „*d*", *d* Pumpe zur Druckerhöhung, *e* Pumpendruckleitung, *f* Hochbehälter, *g* Fallstrang zur Versorgung der Geschosse IV bis VIII. *h* Fallstrang für die Feuerlöschhydranten in den oberen Geschossen, *i* Steigestrang für den Feuerlöschhydranten in den unteren Geschossen, *k* Trockener Löschstrang zum Anschluß einer Motorspritze.

in jedem Fall in einem günstigen Abschnitt der Wirkungsgradkurve arbeitet. Bekanntlich ändert sich bei Kreiselpumpen der Druck mit dem Quadrat der Drehzahl. Hierbei ist zu erwähnen, daß sich auch der Kraftbedarf mit der Drehzahl ändert, und zwar in der dritten Potenz. Daher hat jede Kreiselpumpe bestimmte Kennlinien (Charakteristik). Einer bestimmten Druckhöhe entspricht also auch eine bestimmte Fördermenge, ein bestimmter Kraftbedarf und auch ein bestimmter Wirkungsgrad der Pumpe.

Der Pumpendruck oder die Förderhöhe H_p in m WS muß der Summe aller einzelnen Druckhöhen gleich sein, also

$$H_p = H_g + H_w + H_r + H_a + \Delta_H .$$

Hierin bedeuten:

H_g = die geodätische Förderhöhe in m WS, das ist der Höhenunterschied zwischen dem niedrigsten Wasserspiegel der Sauggrube (Einlaufbauwerk, Brunnen im Betriebszustand) und höchster Stelle der Rohrleitung oder des Hochbehälters.
H_w = die Widerstandshöhe in m WS, das ist der errechnete gesamte Rohrleitungswiderstand.
H_r = die Widerstandshöhe der Reinigungsanlage in m WS (wenn keine solche vorhanden ist, $H_r = 0$).
H_a = die Auslaufhöhe in m WS, im allgemeinen genügend mit 5 m, bei Hydranten mit 10 m.
Δ_H = die Druckdifferenz bei Druckkesselanlagen mit selbsttätiger Pumpenschaltung.

Der Druck in den öffentlichen Wassernetzen beträgt meistens 2,5 bis 3,5 at, also 25 bis 35 m WS. Für diesen Druck sind zweckmäßig auch die eigenen Anlagen (gemessen hinter der Reini-

gungsanlage oder hinter dem Druckbehälter) auszulegen, d. h. also

$$H_g + H_w + H_a = 25 \text{ bis } 35 \text{ m WS.}$$

Für die Ermittlung des Pumpendruckes sind dann noch Δ_H und H_r zu berücksichtigen. Bei Hochbehälteranlagen $\Delta_H = 0$, bei Druckkesselanlagen ist $\Delta_H = 15$ bis 20 m WS zu setzen.

Es bleibt nun noch übrig, einige Worte über die Ausführung der Frischwasserleitungen zu sagen. Die Hauptleitungen werden, sofern sie in der Erde verlegt werden, aus asphaltiertem und umjutetem Flußstahlrohr hergestellt; im Innern der Gebäude wird für größere Abmessungen das gleiche Material, für Leitungen unter 65 mm Durchmesser feuerverzinktes Stahlrohr verwendet. Die verzinkten Rohre werden verschraubt. Schweißen kommt hierfür nicht in Frage. Bögen und Abzweige werden bei Verlegung von Stahlmuffenrohr aus Formstücken, bei verzinkten Stahlrohren aus verzinkten Fittings gebildet. Starke Leitungen im Innern von Gebäuden werden auch mit Flanschen verbunden. Wenn keine Korrosionsgefahr besteht, und wenn geringe Rostbeimengungen im Wasser nicht störend wirken, können die Leitungen auch aus unverzinktem, nahtlosem Stahlrohr hergestellt und an den Stößen verschweißt werden. Für Trinkwasserleitungen ist diese Ausführung nicht statthaft. Bleileitungen sollen im Fabrikbau, auch für schwache Anschlußleitungen, vermieden werden. Für Warmwasserleitungen kommen verzinkte Stahlrohre oder besser Kupferrohre in Frage, sofern die für die Ausführung verfügbaren Mittel die Verwendung dieses teureren, aber dafür fast unbegrenzt haltbaren Materials zulassen. Für Kupferleitungen kann man mit Rücksicht auf die hohe Korrosionsfestigkeit des Werkstoffes schwächere Rohrdurchmesser und geringere Wandstärken verwenden.

Zahlentafel 40. Flußstahlrohre, Gasrohre.

Handelsübliche Nennweite Zoll	Zugehörige Nennweite der Armaturen und Formstücke	Außendurchmesser mm	Wanddicke mm	Errechnetes Gewicht des glatten Rohres kg/m
1/8	6	10	2	0,39
1/4	8	13,25	2,25	0,61
3/8	10	16,75	2,25	0,80
1/2	13	21,25	2,75	1,25
3/4	20	26,75	2,75	1,63
1	25	33,5	3,25	2,42
1 1/4	32	42,25	3,25	3,13
1 1/2	40	48,25	3,5	3,86
2	50	60	3,75	5,20
2 1/4	60	66	3,75	5,76
2 1/2	70	75,5	3,75	6,64
3	80	88,25	4	8,31
3 1/2	90	101	4,25	10,14
4	100	113,5	4,25	11,45
4 1/2	110	126,5	4,25	12,81
5	125	139	4,5	14,93
5 1/2	140	152	4,5	16,37
6	150	164,5	4,5	17,76

Zahlentafel 40 gibt die Abmessungen und Wandstärken der handelsüblichen Rohre für Wasserleitungen an. Weitere Angaben hierüber und über Formstücke, Absperrorgane usw. enthalten die DIN-Normen.

Aus den schon oben angeführten „Technischen Vorschriften für Bau und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen für Grundstücke“ DIN 1988 sei nachstehender Auszug[1] für die Ausführung von Wasserleitungen wiedergegeben:

§ 4a. 3. Alle Rohrleitungen in Gebäuden und Grundstücken müssen möglichst mit Steigung bis zu den einzelnen Verbrauchsstellen angelegt werden; Luftsäcke sind zu vermeiden. Die Steigleitungen sind übersichtlich anzuordnen, in der Regel einzeln absperr- und entleerbar zu machen und an der Absperrstelle durch Schilder zu bezeichnen. Die Steigleitungen müssen in einer Zapfstelle endigen. Ebenso müssen alle Zweigleitungen, die nur zeitweise benutzt werden und der Frostgefahr ausgesetzt sind, z. B. Leitungen zu Waschküchen, Gärten, Höfen, Springbrunnen, besonders absperr- und entleerbar gemacht werden. Das Entleerungswasser muß unschädlich abgeführt oder aufgefangen werden können.

a) 4. Leitungen im Innern der Gebäude müssen gegen mechanische und chemische Angriffe geschützt werden. Keinesfalls dürfen Bleiteile mit Zement- oder Kalkmörtel in Berührung kommen.

a) 5. Die Durchführung von Leitungen durch Abort- oder Dunggruben, Abflußkanäle und Schornsteine ist verboten.

b) 2. Für Feuerlöschleitungen sind die örtlichen Verhältnisse und Vorschriften zu berücksichtigen (Druck in der Rohrleitung, Höhenlage, verwendbare Schlauchweite und -kuppelung, Gebäudelage). Scharfe Krümmungen sind zu vermeiden. Bei Vorhandensein von Wassermessern sind Umgehungsleitungen empfehlenswert, deren Abschluß plombiert werden kann.

e) 1. Die Reinwasserleitung ist so einzurichten, daß ein Rücksaugen oder Zurücktreten von unreinen Flüssigkeiten oder anderen Stoffen in die Reinwasserleitung unter keinen Umständen eintreten kann.

e) 8. Eine unmittelbare Verbindung der allgemeinen Wasserleitung mit Dampfkesseln für höheren Druck als 1 kg/cm² und mit Einzelversorger-Wasserleitungen, sowie von Anlagen, deren Wasser gesundheitlich einwandfrei ist, mit solchen, die dieser Anforderung nicht entsprechen, ist verboten; der Anschluß von Dampfstrahlpumpen bedarf der besonderen Genehmigung.

[1] Siehe die Fußnote auf S. 176.

f) Müssen in besonderen Fällen Rohrleitungen durch Kennfarben unterschieden werden, so sind die Kennfarben nach DIN 2403 zu wählen.

§ 5. 1. Wasserbehälter dürfen nur aus Baustoffen hergestellt werden, die auf das Wasser keinen schädlichen Einfluß ausüben.

2. Sobald durch das Überlaufen von Wasserbehältern Übelstände eintreten können, ist das Überlaufwasser durch ein hinreichend weites und gegen Eindringen von Fremdkörpern geschütztes Überlaufrohr unschädlich abzuleiten. Eine unmittelbare Verbindung mit der Abflußleitung ist verboten.

3. Behälter für Wasser müssen so untergebracht sein, daß das Wasser gegen Einfrieren gesichert ist. Sie sind so abzudecken, daß eine Verunreinigung des Wassers ausgeschlossen ist. . . .

4. Die Schwimmerventile für Behälter von mehr als 1 m³ Inhalt sind in einem besonderen Gefäß unterzubringen.

Im Wohnungsbau sind seit kurzer Zeit Bestrebungen im Gange, die Ausführung der Wasserleitungs-Installationen auf wissenschaftlicher Grundlage derart umzugestalten, daß der Betrieb der Leitungen vollständig geräuschlos erfolgt. Vorläufig haben diese Bestrebungen noch zu keinem greifbaren Ergebnis geführt. Sie sind außerdem für den Fabrikbau im allgemeinen von geringerem Interesse, doch können sie in Sonderfällen, so für Laboratorien und Büros, gleichfalls Bedeutung besitzen. Handelsübliche Ausführungsformen, die den Anforderungen der Geräuschlosigkeit Genüge leisten, existieren noch nicht. Allerdings hat auch schon die Befestigung der Leitungen einen Einfluß auf die Verbreitung der Geräusche, wie Reiher, Sippell und Lindner nachgewiesen haben[1]. Ferner sei auch auf eine Arbeit von Dr. Mengeringhausen[2] hingewiesen.

In vielen Fabrikbetrieben wird für gewerbliche Zwecke, sowie für Wasch- und Badeanlagen warmes Wasser in mehr oder weniger großen Mengen benötigt. Bei der Wahl des Warmwasserbereitungssystems sollen in erster Linie wirtschaftliche Erwägungen maßgebend sein. Da die **Warmwasserbereitung** in einem verhältnismäßig niedrigen Temperaturbereich der industriellen Wärmewirtschaft stattfindet, stellt sie vielfach die einzige Möglichkeit zur Ausnutzung von Abfallwärme dar. Die Abfallwärme kann in verschiedener Form verfügbar sein, sei es in heiß ablaufendem Kühlwasser, in Kondensat, in Brüden, als Abhitze von Öfen oder Dampfkesseln. Nur wenn einwandfrei feststeht, daß eine Ausnutzung von Abfallwärme für die Warmwasserbereitung nicht möglich oder unwirtschaftlich ist, soll die Erwärmung des Wassers durch Frischdampf, Heißwasser, Gas- oder elektrische Heizung vorgenommen werden.

Die direkte Einleitung von Dampf, Heißwasser oder Kondensat in das Brauchwasser ist — abgesehen von Ausnahmefällen — zu verwerfen, da hierdurch die entsprechende Menge reinen, von Kesselsteinbildnern freien Wassers dem Kreislauf des Heizungssystems entzogen wird. Selbstverständlich muß aber hierfür Ersatz geleistet werden, so daß entweder neue Kesselsteinbildner in das System gelangen oder zusätzliche Kosten für die Wasseraufbereitung aufzuwenden sind. Aus dem gleichen Grunde ist auch eine direkte Erwärmung des Gebrauchswassers in gesonderten Kesseln nicht zweckmäßig.

Im allgemeinen werden für die Warmwasserbereitung Boiler oder Gegenstromapparate benutzt. Die Zahlentafeln 41 und 42 geben hierfür gebräuchliche Abmessungen an. In den Boilern ist die Warmwasserbereitung und die Speicherung in einem Apparat vereinigt, während Gegenstromapparate lediglich der Warmwasserbereitung dienen; sofern eine Speicherung notwendig ist, muß hierfür ein besonderes Gefäß (möglichst ein zylindrischer Behälter, evtl. ein alter Kessel) eingeschaltet werden. Für die Bemessungen des Speicher- oder Boilerinhaltes ist es vorteilhaft, wenn das Wasser mit möglichst hoher Temperatur gespeichert werden kann. Durch Mischung mit Kaltwasser kann an der Entnahmestelle die gewünschte Temperatur (für Wasch- und Badezwecke 35 bis 40° C) hergestellt werden. Bei der Aufstellung von Warmwasserbereitern sind die behördlichen Vorschriften zu beachten. § 6 der „Technischen Vorschriften für Bau und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen für Grundstücke“ (DIN 1988)[3] besagt hierüber:

§ 6. Auf Warmwasserversorgungsanlagen mit Heizquellen jeder Art finden die bestehenden amtlichen Vorschriften der einzelnen deutschen Länder sowie diejenigen der Berufsgenossenschaften zur Verhütung von Betriebsgefahren Anwendung.

Es sind daher beispielsweise zu beachten:

bei Wasserheizkesseln die Verordnungen über die Ausdehnungs- und Sicherheitsleitungen und die Absperrung von Wasserheizkesseln (Preuß. Ministerialerlaß vom 5. Juni 1925/3. März 1927) oder die Grundsätze für die Sicherheit von Niederdruck-Warmwasserheizanlagen und von Warmwasserbereitungsanlagen des

[1] Verringerung von Geräuschen in Wasserleitungsanlagen. Z. VDI Bd. 75 S. 681.
[2] Strömungsgeräusche in Wasserleitungen und ihre Beseitigung. Z. VDI Bd. 75 S. 357.
[3] Siehe die Fußnote auf S. 176.

Zahlentafel 41. Schmiedeeiserne, einwandige Warmwasserbereiter (siehe Abb. 274).

Inhalt l	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1250	1500	2000	2500	3000	4000	5000
D	350	350	400	450	450	550	600	600	700	750	800	900	1000	1000	1000	1100	1200
L	1038	1560	1590	1570	1883	1682	1768	2120	2080	2261	2485	2360	2580	3180	3820	4200	4420

Thür. Ministeriums für Inneres und Wirtschaft, Abt. Inneres, vom 28. Juni 1926, oder die Sicherheitsvorschriften für Niederdruck-Warmwasserheizanlagen vom 1. August 1925 nebst Ergänzung vom 31. Dezember 1929 des Hamburgischen Aufsichtsamtes für Dampfkessel und Maschinen;

bei Niederdruckdampfkesseln die Vorschriften für die Sicherheitsstandrohre (Erlaß des Bundesrates vom 17. Dezember 1908, Ziff. 3a);

bei Verwendung von Hochdruckdampf die Dampffaßverordnung vom 5. März 1913 bzw. die Preuß. Ministerialerlasse vom 22. Mai 1925 und 5. Juni 1925 oder die Thüringische Polizeiverordnung über die Aufstellung, die Einrichtung und den Betrieb von Dampffässern vom 28. Juni 1923, die Thür. Verordnung zur Abänderung der Verordnung über Genehmigung und Überwachung der Dampfkessel vom 28. Juni 1923 vom 28. Mai 1927 und die Thür. Polizeiverordnung über Aufstellung, Beschaffenheit und Betrieb von beweglichen Dampfkesseln vom 20. Dezember 1928;

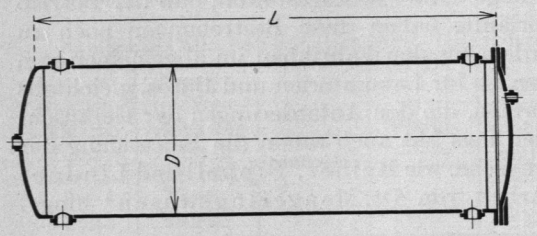


Abb. 274. Skizze zu Zahlentafel 41.

bei elektrisch beheizten Warmwasserbereitern die Preuß. Ministerialerlasse vom 15. Februar 1928 und 21. Dezember 1928;

bei Anlage von Feuerstellen die allgemeinen feuerpolizeilichen Vorschriften und örtlichen Verordnungen.

a) Gemeinsame Bestimmungen für Hoch- und Niederdruckanlagen.

1. Beträgt der Inhalt des Beschickungsraumes bei Kesseln und Speichergefäßen mehr als 50 l oder beträgt das Produkt aus diesem Inhalt und dem in ihm auftretenden Leitungsdruck in kg/cm² mehr als 300, so sind Kessel und Speichergefäße mit nicht selbsttätiger Regelung der Wärmezufuhr mit richtig zeigenden, gut ablesbaren Thermometern zu versehen.

2. Speichergefäße mit mehr als 50 l Inhalt sind so anzubringen, daß sie vollständig gereinigt werden können.

3. Verteilungsleitungen dürfen nicht aus Blei oder unverzinktem Eisen bestehen.

4. Heizkörper dürfen an die Gebrauchsleitung der Warmwasserversorgungsanlage nur dann angeschlossen werden, wenn die wasserberührten Wandungen aus einem nicht rostenden Baustoff bestehen und den in Abs. 8 vorgeschriebenen Probedruck mit Sicherheit aushalten.

Zahlentafel 42. Gegenstromapparate für Warmwasserbereitung (siehe Abb. 275).

Heizfläche	Abmessungen in mm						Stündlich von +10 auf +70° C zu erwärmende Wassermenge in l bei einem Dampfdruck vor dem Apparat in atü						
	A	B	C	D	E	F							
m²	Ø		Ø	Ø	Ø		0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	3
0,75	230	520	100	70	40	400	775	875	1020	1180	1625	2460	3000
1,00	230	680	100	70	40	400	1030	1160	1365	1570	2170	3150	4000
1,25	230	840	113	70	40	400	1280	1450	1700	1970	2740	3940	4900
1,50	230	1000	113	70	40	400	1550	1750	2050	2400	3270	4750	5950
1,75	230	1160	125	70	40	400	1800	2040	2400	2770	3800	5500	6950
2,00	230	1320	125	70	40	400	2070	2340	2740	3140	4340	6300	7950
2,25	230	1480	125	70	40	400	2340	2640	3140	3540	4870	7100	8950
2,50	330	600	125	100	58	500	2570	2900	3400	3940	5450	7850	9900
3,00	330	700	150	100	58	500	3100	3500	4100	4740	6500	9450	10820
3,50	330	800	169	100	58	500	3600	4060	4800	5500	7600	11000	13850
4,00	330	900	169	100	58	500	4140	4670	5480	6300	8700	12550	15800
4,50	330	1000	169	100	58	500	4640	5240	6140	7080	9750	14150	17800
5,00	330	1100	169	100	58	500	5160	5840	6850	7900	10800	15700	19800
5,50	330	1200	150	100	58	500	5660	6400	7500	8700	11900	17400	21800
6,00	330	1300	150	100	58	500	6180	7000	8160	9500	13000	18900	23800
6,50	330	1400	150	100	58	500	6700	7560	8850	10200	14100	20400	25800
7,00	330	1500	150	100	58	500	7200	8150	9550	11000	15150	22000	27700
7,50	430	1600	169	150	70	675	7740	8700	10250	11800	16250	23700	29700
8,00	430	1700	169	150	70	675	8230	9300	11000	12900	17300	25200	31700
10,00	430	1235	169	150	70	675	10300	11600	13700	15700	21700	31500	39700
12,50	430	1455	169	150	70	675	12800	14500	17000	19700	27200	39400	50000
15,00	430	1675	180	150	70	675	15500	17500	20400	24000	32500	47400	59400
17,50	430	1895	180	150	70	675	18000	20300	24000	27600	38000	55000	69400
20,00	430	2115	203	150	70	675	20600	23300	27300	31450	43400	63000	79500
22,50	430	2335	203	150	70	675	23200	26200	30600	35500	48600	71000	89400
25,00	430	2555	203	150	70	675	25800	29200	34000	39400	54500	95300	99000

5. Um den Rücktritt von warmem Wasser in die Reinwasserleitung zu verhüten, ist in die Zuleitung zum Speichergefäß ein Rückschlagverschluß einzufügen. Zur Prüfung seiner Wirksamkeit und zur etwa nötigen Auswechselung ist in erreichbarer Nähe davor und dahinter je eine Absperrvorrichtung anzubringen, sowie zwischen dem Rückschlagverschluß und der Absperrvorrichtung auf der Zuflußseite eine verschließbare Entleerungsöffnung. Durchlauferhitzer und Speicher bis zu 10 l Inhalt fallen nicht unter diese Bestimmungen.

6. Der Rückschlagverschluß kann auch durch eine andere sicher wirkende Einrichtung ersetzt werden, wenn sie vorher besonders genehmigt ist.

7. Zapfstellen für Warm- und Kaltwasser dürfen nur dann einen gemeinsamen Auslauf haben, wenn dieser unverschließbar ist.

8. Rohrleitungen und geschlossene Speichergefäße für Sammelversorgung sind nach ihrer Aufstellung einem Probedruck zu unterwerfen, der den in den einzelnen Teilen vorkommenden höchsten Betriebsdruck um 2 kg je cm^2 übersteigt.

9. Kesselstein und sonstige Ablagerungen sind aus den Gefäßen nach Bedarf zu entfernen.

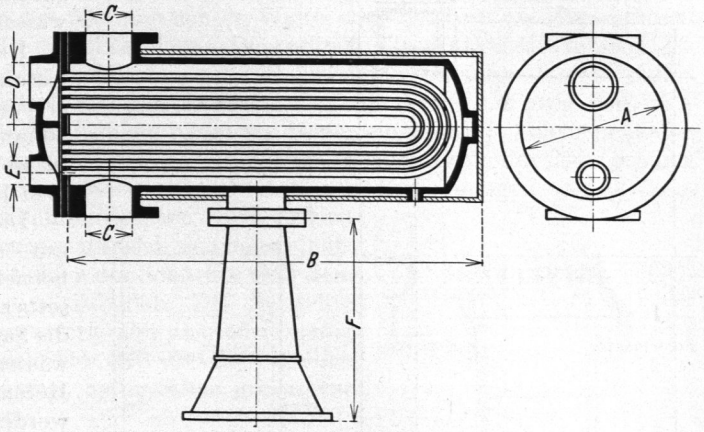


Abb. 275. Skizze zu Zahlentafel 42.

b) Besondere Bestimmungen für Hochdruckanlagen.
(Anlagen, die unter dem Druck der Wasserleitung stehen.)

1. Bei Hochdruckanlagen darf das Gebrauchswasser nur mittelbar durch Warmwasser oder Niederdruckdampf erwärmt werden, wobei das Gebrauchswasser vom Heizmittel völlig getrennt sein muß.

2. Die der mittelbaren Wärmeübertragung dienenden Heizrohre müssen leicht aus dem Speichergefäß herausziehbar sein.

3. Hochdruckanlagen sind in der Kaltwasserzuflußleitung mit einem Sicherheitsventil von mindestens 12 mm l. W. zu versehen, das in diesem Durchmesser mit der Speiseleitung verbunden sein muß und den Vorschriften des Dampfkessel-Überwachungs-Vereins entspricht.

4. Bei Warmwasserbereitungsanlagen mit selbsttätiger Regelung der Wärmezufuhr muß bei eintretendem Wassermangel eine Überhitzung ausgeschlossen sein.

c) Besondere Bestimmungen für Niederdruckanlagen.
(Anlagen mit Speisegefäßen.)

1. Das Speisegefäß muß eine dem Inhalte der Anlage entsprechende Größe erhalten, um die sich bei der Erwärmung des Gebrauchswassers ergebende Wassermenge aufnehmen zu können.

2. Das Speisegefäß muß mit einer selbsttätigen Speisevorrichtung und einem Überlaufrohr, das auch bei völlig geöffnetem Schwimmerventil die zuströmenden Wassermengen mit Sicherheit abfließen läßt, versehen und mit einer nach dem Heizraum geführten offenen Meldeleitung von mindestens 20 mm l. W. ausgerüstet sein. Die Meldeleitung kann auch durch eine andere Vorrichtung ersetzt werden.

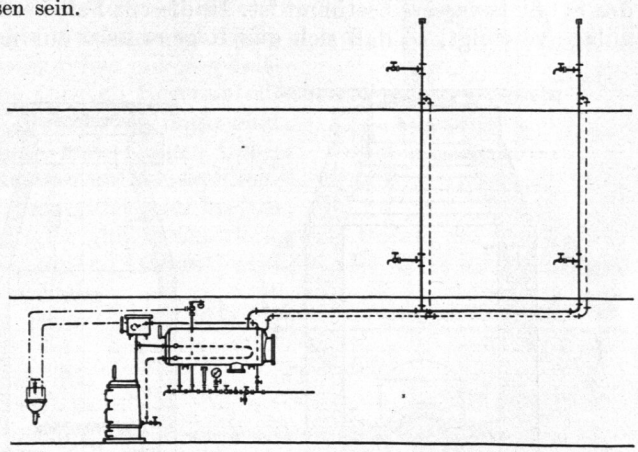


Abb. 276. Schaltungsschema einer Warmwasserbereitung nach dem Hochdrucksystem; die Anlage steht unter dem Druck der Wasserleitung.

3. Das Speisegefäß ist in einem verschlossenen Raum, der anderen Zwecken nicht dienen darf, aufzustellen, gegen Frost zu sichern und dauernd zu überwachen.

Ausnahmen hiervon werden nur dann zugelassen, wenn durch Anordnung und Bauart der Gefäße oder nach Art der Verwendung ihres Inhaltes jede Gefahr für Leben und Gesundheit ausgeschlossen ist.

4. In die zu dem Schwimmerventil des Speisegefäßes führende Leitung ist in unmittelbarer Nähe des Gefäßes eine leicht zu betätigende Absperrvorrichtung einzuschalten.

Die in den Vorschriften erwähnten Systeme (Hoch- und Niederdruckanlagen) sind in Abb. 276 und 277 schematisch dargestellt.

Wie erwähnt, kann die Warmwasserbereitung auch durch elektrische Erwärmung oder durch Gasheizung erfolgen. Die elektrische Erwärmung läßt sich mit Vorteil bei Ausnutzung eines

billigen Nachtstromtarifes durch Heißwasserspeicher anwenden. Daneben werden elektrische Durchlauferhitzer verwendet, die aber wegen der Höhe ihres Anschlußwertes auf kleine Leistungen beschränkt sind. Durchlauferhitzer sind auch die gebräuchlichen Gas-Warmwasserbereiter.

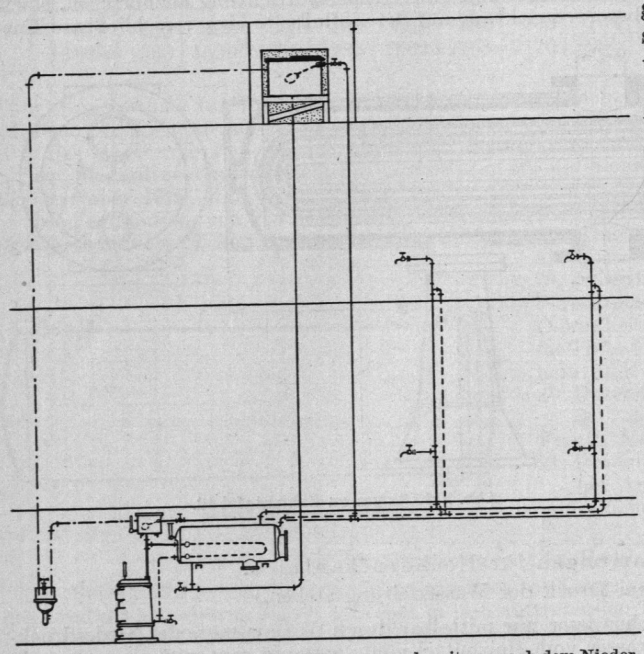


Abb. 277. Schaltungsschema einer Warmwasserbereitung nach dem Niederdrucksystem; die Anlage ist mit der Wasserleitung nicht unmittelbar verbunden; sie wird vielmehr über das hochgelegene Schwimmergefäß gespeist.

Die Verteilungsleitungen der Warmwasserversorgung sollen der Wärmeersparnis halber isoliert werden. Ein 20 mm starker Wärmeschutz aus Isoliermasse oder Schalen genügt in den meisten Fällen.

Die **Abwasserableitung** umfaßt nicht nur die Abführung der im Fabrikbetrieb, in den Waschanlagen und Klosetts anfallenden Abwässer, sondern auch die Sammlung und Ableitung der Regenwässer von Dachflächen, Straßen und Höfen. Je nach den örtlichen Vorschriften werden beide Abwasserarten (Schmutzwasser und Regenwasser) in getrennte oder gemeinsame Kanalisationsnetze geführt. Sofern keine behördlichen Vorschriften hierüber bestehen, ist zu untersuchen, welches System vorteilhafter ist. Ausschlaggebend hierfür ist oft die Errichtung einer Kläranlage; bei dem Einrohrsystem für Schmutz- und Regenwasser muß die Kläranlage für die gesamte Wassermenge bemessen werden, wodurch sich ihre Abmessungen und Kosten unter Umständen wesentlich vergrößern können gegenüber einer Anlage, die lediglich für die Klärung des Schmutzwassers bestimmt ist. In diesem Fall werden beide Rohrnetze erst hinter der Kläranlage vereinigt, so daß sich das Regenwasser nur mit bereits gereinigtem Wasser vermengt.

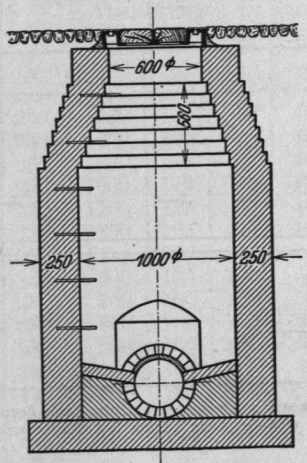


Abb. 278.

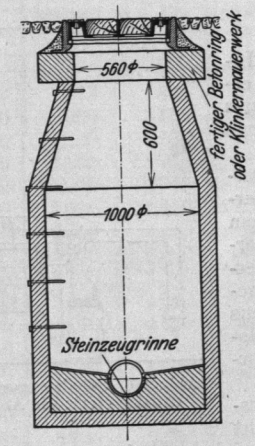


Abb. 279.

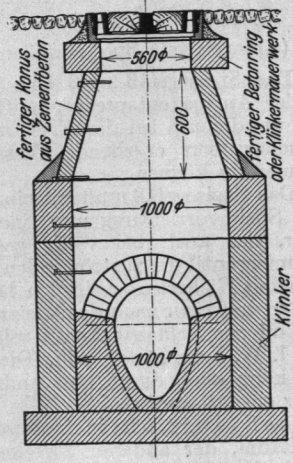


Abb. 280.

Abb. 278 bis 280. Schächte für Abwasserleitungen.

Fabrikationsabwasser, das nicht verunreinigt ist, z. B. abfließendes Kühlwasser, kann in die Regenwasserkanalisation geleitet werden. Das gereinigte und nunmehr unschädliche Abwasser wird einem Vorfluter oder, falls ein solcher nicht vorhanden ist, in Sickeranlagen dem Grundwasser zugeführt.

Die Abwasserleitungen werden im Innern der Gebäude, gleichgültig ob sie frei oder unter Fußboden liegen, als gußeiserne Rohre ausgeführt. Zweckmäßig ist die Verwendung sogenannter

LNA-Rohre. Die Rohrleitungen erhalten Muffenverbindungen. Abzweige und Richtungsänderungen werden durch gußeiserne Formstücke hergestellt. Außerhalb der Gebäude werden die Abflußleitungen nur an Stellen, die durch starke Belastungen gefährdet sind (z. B. unter Fahrbahnen, Gleisen, Lagerhöfen) in Gußeisen verlegt. In allen anderen Fällen genügt die Ausführung als Steinzeugleitung, bei Leitungen bis 500 mm lichter Weite oder darüber als Zementkanal von kreisförmigem, eiförmigem oder maulförmigem Querschnitt. Zementkanäle müssen für Schmutzwasserabführung an der Sohle mit Klinker- oder Steinzeugplatten ausgekleidet werden. Alle Leitungen werden mit mindestens 800 mm Deckung verlegt. Den Übergang von gußeisernen auf Steinzeug- oder Zementrohrleitungen bildet am besten ein Schacht. Solche Schächte sind außerdem an allen Knickpunkten der Leitungen, an Stellen, wo sich zwei oder mehr größere Leitungen vereinigen, und auf geraden, glatten Kanalstrecken in Entfernungen von ca. 50 m erforderlich. Wird an derartigen Schächten gespart, so rächt sich dies im Betrieb durch Verschmutzungen, die sich nur mangelhaft und schwierig beseitigen lassen. Die Sohlen der Schächte sind dem Rohrprofil entsprechend als Rinne auszubilden. Die Schächte können nach Abb. 278 in Klinkermauerwerk oder aus fabrikmäßig hergestellten Zementbetonringen nach Abb. 279 und 280, endlich auch in Stampfbeton ausgeführt werden. Sie erhalten gußeiserne Schachtabdeckungen und Steigeeisen.

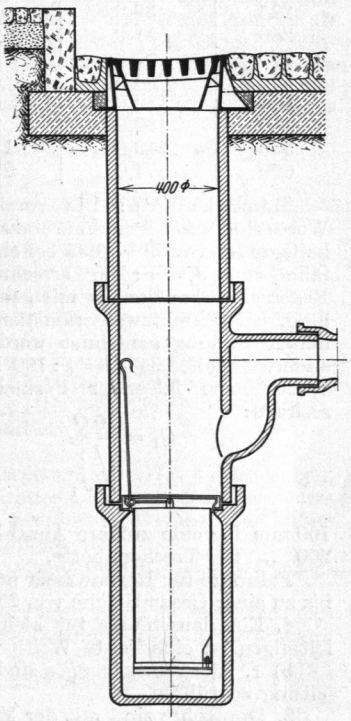


Abb. 281. Gully.

Für die Entwässerung der Straßen und Höfe werden Gullys nach Abb. 281 angeordnet. Man rechnet auf etwa 400 m² Hof- oder Straßenfläche einen Gully.

In solche Leitungen, die Garagen oder deren Vorplätze sowie Waschplätze für Kraftwagen entwässern, ist ein Fett- bzw. Benzinabscheider einzubauen. Für die Ausführung der Abscheider bestehen behördliche Vorschriften, desgleichen für die Prüfung von Benzinabscheider-Bauarten[1]. Über Fettabscheider für Fabriken, in denen viel Fett abfließt, unterrichten auch die bereits erwähnten Technischen Vorschriften DIN 1986.

Der Anschluß der Regenabfallrohre für die Dachentwässerung (siehe unter „Dächer", S. 77) erfolgt in Gußeisen oder Flußstahl. Im Innern der Gebäude liegende Abfallrohre werden zweckmäßig vom Dach bis unter Fußboden als Flußstahlrohre mit Asphaltanstrich ausgeführt. Außerdem werden die äußeren Regenabfallrohre wenigstens bis 2 m über Flur vom Erdboden aus in gleicher Ausführung hergestellt. Wenn die Abfallrohre rechteckigen Querschnitt besitzen, wie dies bei neuzeitlichen Bauten aus architektonischen Gründen mitunter der Fall ist, verwendet man bis 2 m über Flur aus Flußstahlblech geschweißte oder gußeiserne vierkantige Rohre, die von Fall zu Fall hergestellt werden müssen. Wie schon unter „Dächer" erwähnt, ist auf 1 m² Dachfläche (in der Horizontalprojektion gemessen) ein Fallrohrquerschnitt von 0,8 cm² zu rechnen (siehe Zahlentafel 43).

Zahlentafel 43. Dachentwässerung.

lichter Durchmesser des Abfallrohres mm	Querschnitt cm²	Ausreichend zur Entwässerung einer Dachfläche von m²
100	78	100
125	122	150
150	177	200
200	314	390

Für gußeiserne und Steinzeugleitungen, für Zementkanäle, Schächte, Gullys, Schachtabdekkungen und Steigeeisen hat der Normenausschuß der deutschen Industrie Normblätter aufgestellt.

Für die Bemessung der Rohrleitungen sind in den unten im Auszug wiedergegebenen „Technischen Vorschriften für Bau und Betrieb von Grundstücksentwässerungsanlagen" (DIN 1986) Mindestwerte angegeben. Im übrigen richtet sich die Rohrweite nach den Durchflußmengen und nach dem Gefälle. Zahlentafel 44 gibt hierfür die wichtigsten Werte an. Zur Ermittlung der Abflußmengen dienen die in den Zahlentafeln 45 und 46 zusammengestellten Einheitswerte.

[1] Siehe die Prüfordnung für Benzinabscheider, aufgestellt von einem Prüfausschuß des Deutschen Städtetages und der Vereinigung der Bauverwaltungen deutscher Städte. Berlin: Beuth-Verlag G.m.b.H.

Die oben erwähnten Technischen Vorschriften DIN 1986[1] lauten (auszugsweise) wie folgt:

Zahlentafel 44. Leistungsfähigkeit von Abflußkanälen mit Kreisprofil.

lichte Weite d mm	Regenwassermenge Q l/sek	Schmutzwassermenge Q l/sek
100	3,9	1,9
125	7,3	3,6
150	12,0	6,1
175	18,8	9,4
200	27,0	13,7
225	38,0	19,2
250	51,0	25,5
275	67,0	33,0
300	85,0	42,0
350	130,0	65,0
400	189,0	94,0
500	349,0	174,0
600	574,0	287,0

Bemerkungen: Die vorstehenden Werte sind unter Annahme eines Rauhigkeitsgrades von $m = 0{,}35$ bei einem Gefälle von $J = 1:100$ errechnet. Bei Regenwasserkanälen ist mit ganzer Füllung, bei Schmutzwasserkanälen ist mit halber Füllung gerechnet worden. Für andere Gefälle als $J = 1:100$ sind die Werte nach folgender Formel umzurechnen:

$$Q_1 = \frac{10\,Q}{\sqrt{\frac{1}{J_1}}}$$

§ 1a) 1. Die Hauptgrundleitung und die Nebengrundleitungen müssen so weit sein, daß das anfallende Wasser ordnungsmäßig abgeführt werden kann.

Soweit Niederschlagwässer keine größeren Lichtweiten bedingen, gelten folgende Abmessungen: Die lichte Weite der Hauptgrundleitung muß mindestens 100 mm betragen. Werden mehr als 4 Spülaborte angeschlossen, so ist zu 10 Spülaborten 125 mm Durchmesser, darüber 150 mm Durchmesser zu verwenden. Die Nebengrundleitungen müssen, soweit sie verdeckt sind, mindestens 100 mm lichte Weite haben.

2. Die Fallrohre und Anschlußleitungen sind so zu bemessen, daß die Abwassermenge abgeleitet werden kann, ohne daß ein Absaugen der Geruchverschlüsse erfolgt.

3. Die Fallrohre müssen mindestens die folgenden lichten Weiten haben:

50 mm für den Anschluß bis zu 3 Küchenausgüssen,
70 „ für den Anschluß von mehr als 3 bis zu 8 Küchenausgüssen oder bis zu 4 Bädern oder bis zu 4 Küchenausgüssen und 2 Bädern,

Zahlentafel 45. Ermittelung der Regenwasser-Abflußmengen.

Für die Berechnung ist eine Regenwassermenge von 100 l/sek, ha = 36 mm stündl. Regenhöhe anzunehmen.

Hiervon kommen zum Abfluß bei

Dachflächen	ca. 80—90%
fugendichtem Pflaster	„ 80%
gewöhnlichem Pflaster	„ 60%
Mosaikpflaster	„ 40%
geschotterten Wegen	„ 25%
Rasenplätzen	„ 5%

100 mm für eine größere Anzahl der genannten Anschlüsse oder bis zu 12 Spülaborten,
200 „ für Trockenaborte.

Fallrohre für Regenwasser müssen mindestens 70 mm lichte Weite haben; bei Balkonen und Vordächern bis zu einer Gesamtfläche von 25 m² kann eine lichte Weite von 50 mm zugelassen werden.

4. Einzelanschlüsse für kleine Handwaschbecken müssen mindestens 30 mm weit sein. Für Überlaufleitungen ist eine lichte Weite von 25 mm zugelassen.

b) 1. Alle Rohrleitungen sind von der Wasserablaufstelle an in tunlichst gerader Linie nach der Anschlußleitung zu führen.

2. Die Rohre sind mit der Muffe gegen die Richtung des Wasserabflusses zu verlegen.

Zahlentafel 46.
Ermittelung der Schmutzwasser-Abflußmengen.

Abwassermengen in Fabriken pro Kopf und Tag		ca. 30—50 l
Wohnhäusern	ohne Bäder pro Kopf und Tag	„ 50 l
	mit Bädern pro Kopf und Tag	„ 100 l

Bemerkungen: Betriebswassermengen, die in die Schmutzwasserleitung eingeführt werden, sind besonders zu ermitteln. Die maximale stündl. Abflußmenge beträgt etwa 10% der vorstehenden Werte.

3. Die Rohrleitungen sind so zu verlegen, daß unvermittelte Gefälle- und Richtungsänderungen ausgeschlossen sind.

4. Sind in der Rohrleitung Richtungsänderungen nicht zu vermeiden, so müssen hierzu Formstücke benutzt werden. Bei Rohrleitungen dürfen Bogen von 90° nur verwendet werden, wenn sie durch eine Reinigungsöffnung zugänglich sind.

5. Eine Rohrleitung muß in eine andere stets mit Formstücken, und zwar im spitzen Winkel zur Abflußrichtung eingeführt werden. Dieser hat — von Zementbetonrohren mit 60° abgesehen — 45° zu betragen. Bei Fallsträngen können auch Winkel bis zu 70° zugelassen werden.

6. Verboten ist, Anhauschellen zu verwenden, sowie Anschlußleitungen in Reinigungsstutzen der Abortkörper einzuführen.

7. Die offene Zusammenführung von Leitungen durch einen Schacht im Freien kann von Fall zu Fall gestattet werden (siehe auch § 6).

8. Keine Leitung darf in eine engere eingeführt werden. In eine weitere Leitung ist eine Leitung nur mit Übergangsformstücken einzuführen.

[1] Wiedergabe erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im DIN-Format A 4, das durch den Beuth-Verlag G.m.b.H., Berlin S 14, Dresdner Str. 97, zu beziehen ist.

9. Die Rohrleitungen müssen leerlaufen können; sie sind mit einheitlichem durchgehenden Gefälle, möglichst nicht unter 1 : 50, im übrigen nach der Zeichnung auszuführen. Für größere Höhenunterschiede sind Abstürze, wenn möglich mit Reinigungsöffnungen, einzubauen. Bei Gefällen unter 1 : 100 muß häufige Spülung gewährleistet sein.

10. Die Hauptgrundleitung ist so tief zu legen, daß möglichst das ganze Anwesen später durch einfache Verlängerung der Hauptgrundleitung überall entwässert werden kann. Höfe sind so hoch zu legen und einzuebnen, daß sie ordnungsmäßig ohne Pfützenbildung entwässern können. Auf Frostgefahr ist besonders Bedacht zu nehmen (siehe auch § 15).

11. Fallrohre und unter der Erdoberfläche liegende Leitungen sollen bei Durchführung durch Mauerwerk nicht fest eingemauert werden. Durch Decken geführte Rohre sind gegen die Decken sorgfältig abzudichten, bei Durchführung durch Grundmauern oberhalb des Kellerfußbodens besonders gegen das Eindringen von Wasser.

Die Fallrohre sind in jedem Stockwerk durch Rohrhaken oder -schellen gehörig zu befestigen. Erforderlichenfalls sind sie im Keller mit eisernen Fußbogen zu untermauern.

c) 1. Innerhalb der Gebäude sind Gußeisen-, Flußstahl- oder Bleirohre zu verwenden. Wenn innerhalb der Gebäude Rohrleitungen Stoß und Druck nicht ausgesetzt sind, zugleich unter Fußbodensohle mehr als 30 cm Überdeckung aufweisen und der darüber befindliche Fußboden massiv hergestellt ist, können Steinzeugrohre in gewachsenem Boden verwendet werden. Bei Waschküchen mit 10 cm dickem Betonfußboden genügt eine Überdeckung von 20 cm. Außerdem sind Steinzeugrohre für Ableitung säurehaltiger Abwässer und auch als Fallrohre für Trockenaborte zulässig. Dem Rückstau ausgesetzte Rohre dürfen nicht aus Bleirohr hergestellt werden.

2. Außerhalb der Gebäude sind Gußeisen-, Flußstahl- oder Steinzeugrohre zu verwenden. Für Lüftungsrohre ist außerhalb der Gebäude Zink- und Kupferblech zulässig.

3. Ist eine Belastung der Rohrleitungen durch Bauteile nicht durch besondere Maßnahmen völlig sicher vermieden, so ist an diesen Stellen bis auf 1,5 m Entfernung von dem belastenden Bauteil nur Eisenrohr zu verwenden. Dicht neben dem belastenden Bauteil ist beiderseitig ein Rohrstoß anzuordnen.

4. Regenrohre sind bis zu einer Höhe von mindestens 1,75 m über Gelände und, wenn sie an die Entwässerungsleitung angeschlossen sind, mindestens 0,25 m unter Gelände aus Gußeisen herzustellen. Regenfallrohre innerhalb von Balkonen und Hauslauben sind ebenfalls aus Gußeisen herzustellen. Im übrigen können sie außerhalb der Gebäude aus Zink- oder Kupferblech hergestellt werden.

5. Die Verwendung anderer Werkstoffe, z. B. von Zementbeton, bedarf besonderer Genehmigung.

6. Für gußeiserne Leitungen sind die „Leichten Normal-Abflußrohre" (LNA-Rohre DIN 1172 bis 1178) zu verwenden; in besonderen Fällen sind die „Normalabflußrohre" (NA-Rohre DIN 364, 538 bis 545) zulässig. Sie müssen mit dem Herstellerzeichen versehen und innen und außen asphaltiert sein.

7. Flußstahlrohre müssen gegen Rost sicher geschützt sein.

8. Bleirohre müssen bis zu 50 mm lichte Weite mindestens 2,5 mm, darüber 3 mm Wanddicke haben.

9. Die Steinzeugrohre dürfen höchstens 6% Wasser aufnehmen, weder in der Längs- noch in der Querrichtung verzogen oder rissig sein. Sie müssen hartgebrannt, durchweg dicht gesintert sowie innen und außen glasiert sein. Die Steinzeugrohre müssen den Normen DIN 1203 bis 1206 entsprechen.

§ 2. a) 1. Mit Ausnahme der Fallrohre für Niederschlagwasser ist jede Ablaufstelle mit einem Geruchverschluß zu versehen.

Lassen sich Regenfallrohre, die an Brauchwasserableitungen angeschlossen sind, nicht so anordnen, daß aufsteigende Gase nicht in bewohnte Räume, Balkone usw. dringen oder sonst die Gesundheit gefährden können, so müssen die Geruchverschlüsse mit Reinigungsöffnungen an frostfreier Stelle erhalten. Das ist insbesondere notwendig, wenn die Mündungen dieser Rohre oder deren angeschlossene Einläufe weniger als 2 m von Türen, Fenstern usw. entfernt sind.

2. Zu jeder Ablaufstelle gehört ein besonderer Geruchverschluß. Bei Gruppenwaschtischen u. dgl. können mit besonderer Genehmigung mehrere Ablaufstellen gleicher Art einen gemeinsamen Geruchverschluß erhalten, wenn die Entfernung zwischen Ablaufstelle und Geruchverschluß nicht größer als 2 m ist und an der höchsten Stelle der Sammelleitung eine Reinigungsöffnung angebracht wird. Mit Ausgußbecken zusammengesetzte Spülbecken können einen gemeinsamen Geruchverschluß erhalten, wenn durch die höhere Lage des Spülbeckens das Übertreten von Schmutzwasser aus dem Ausgußbecken in das Spülbecken unmöglich ist.

5. Überläufe aus Wasserbehältern, Regenbehältern, Springbrunnen u. dgl., Abläufe aus Fangschalen und überhaupt alle solche Über- und Abläufe, bei denen die Erneuerung des Wassers im Geruchverschluß nicht gesichert ist, sind nicht unmittelbar an die Entwässerungsleitung anzuschließen, sondern durch ein Rohr zu entwässern, das über einem Ablauf sichtbar ausmündet. Sicherheitsüberläufe sind im Sinne der Fließrichtung vor dem Geruchverschluß abzuschließen.

b) 8. In die Fallrohre für Schmutzwasser darf kein Regenwasser eingeführt werden.

c) 15. In die Fallrohre für Regenwasser darf kein Schmutzwasser eingeführt werden.

Bei dem Trennverfahren sind Vorrichtungen (Wasserscheiden im Pflaster usw.) nötig, um das Schmutzwasser von den Regenabläufen fernzuhalten und das Regenwasser nur von der durch die Verwaltung zugelassenen Fläche in die Schmutzwasserabläufe gelangen zu lassen.

Hofabläufe dürfen nicht unmittelbar über Brunnenkesseln, sondern müssen 5 m von ihnen entfernt liegen.

§ 6. 1. Schächte sind im allgemeinen mit gußeisernen Abdeckungen zu verschließen, die den Verkehr sicher aufnehmen und gegen Einlauf von Wasser von oben schützen. Statt Gußeisen werden Flußstahl, Eisenbeton oder gegen Fäulnis gesicherte Holzbohlen zugelassen. Wenn der Deutsche Normenausschuß Normen für gußeiserne Schachtabdeckungen beschließt, sind diese zu verwenden.

2. Besteigbare Schächte müssen mindestens 90 cm lichten Durchmesser oder eine gleich große Grundfläche haben. Schächte von weniger als 1,6 m Tiefe sind bis dicht unter den Schachtdeckel in den genannten Abmessungen hochzuführen, tiefere können von dieser Höhe ab oben eingezogen werden. Bei einer Tiefe von über 80 cm sind die Schächte mit Steigeisen (DIN 1211 oder DIN 1212) in regelmäßigem Abstand von etwa 30 cm zu versehen.

3. Die Sohle der Schächte mit offenem Durchfluß darf nicht tiefer liegen als die Sohlen der abgehenden Leitungen; sie muß vielmehr so ausgebildet werden, daß das Wasser sich nicht ausbreitet und in geschlossenem Faden möglichst reibungslos weiterfließt.

4. Die Schächte müssen massiv, wasserdicht und bei Ausführung in Mauerwerk innen gefugt sein.

5. Innerhalb von Gebäuden sind die Rohre geschlossen durch die Schächte zu führen (siehe § 7, Ziff. 2).

6. Für Schächte mit Betonringen sind die Normen nach DIN 1202 zu verwenden.

§ 9. 1. Die Hauptgrundleitung ist zu entlüften. In sie dürfen weder Geruchverschlüsse noch Absperrvorrichtungen (Rückstauverschlüsse) noch Schlammfänge eingebaut werden. Auch die unterirdisch in die Straßenleitungen entwässernden Regenrohre dürfen mit Geruchverschlüssen nur versehen werden, wenn die Fälle unter § 2, 1 vorliegen. Zur Lüftung ist jedes Fallrohr ohne Querschnittsverringerung luftdicht bis über das Dach zu führen. Lüftungsleitungen müssen von einer 0,5 m unter Dach gelegenen Stelle an aufwärts mindestens 70 mm weit sein.

6. Zur Lüftung von Räumen dienende Luftschlote und Schornsteine (außer Fabrikschornsteinen) dürfen nicht mitbenutzt werden. Lüftungsleitungen für säurehaltige Dämpfe dürfen auch nicht in Fabrikschornsteine eingeleitet werden, selbst dann nicht, wenn die säurehaltigen Dämpfe vorher kondensiert werden.

9. Sammel-, Klär-, Neutralisationsgruben u. ä. innerhalb von Gebäuden sind dicht abzuschließen und im allgemeinen besonders zu entlüften.

§ 11. 1. In die Entwässerungseinrichtungen von Betrieben, in denen viel Fett abfließt, wie Schlächtereien, Seifenfabriken, großen Küchen, sind Fettabscheider einzuschalten. Sie müssen entlüftet werden, sollen möglichst nahe an den Ablaufstellen liegen, luftdicht verschlossen sein, aus Gußeisen oder einem anderen gleichwertigen Baustoff bestehen, ausreichende Kühlflächen haben und mit zugänglichen Reinigungsöffnungen versehen sein. Sie sollen ferner enen Flüssigkeitsinhalt von mindestens 50 Litern fassen. Für große Betriebe können Fettfänge aus Mauerwerk oder Beton zugelassen werden. Sie dürfen die Entlüftung der Leitungen nicht behindern.

2. Ölhaltige Abwässer und solche mit Sinkstoffen, die die Leitungen verstopfen können, sind möglichst unmittelbar hinter dem Ablauf in geeignete, genügend große Abscheider zu leiten, die die schädlichen Stoffe ausscheiden und von den Entwässerungsleitungen fernhalten.

3. Die Ableitung feuergefährlicher, sprengfähiger, säurehaltiger, schädliche oder widerliche Ausdünstungen oder Gerüche verbreitender, die Baustoffe der Entwässerungsleitungen angreifender oder den Betrieb störender Stoffe und Flüssigkeiten nach einer Ablaufstelle der Entwässerungsanlage kann nur gestattet werden, wenn Vorrichtungen eingebaut werden, die mit Sicherheit das Eindringen dieser Stoffe in die Leitung verhindern (siehe Vorschlag für Bestimmungen zum Schutze von Entwässerungseinrichtungen gegen explosible Leichtflüssigkeiten auf Grundstücken, aufgestellt durch die Vereinigung der Bauverwaltungen deutscher Städte). Für die Ausführung von Benzinabscheidern gelten die Baugrundsätze für Benzinabscheider — DIN 1999.

4. Bei sandhaltigen Wässern sind Sandfänge vorzusehen.

5. Können gröbere Stoffe in die Regenfallrohre gelangen, wie z. B. bei von Bäumen umstandenen oder in schlechtem Zustand befindlichen Dächern, dann sind die Regenfallrohre mit Schmutzfängern oder Drahthauben zu versehen.

6. Die Abscheider dürfen sich nur in den Leitungen solcher Ablaufstellen befinden, für die der Abscheider erforderlich ist. Andere Wässer dürfen ihnen nicht zugeführt werden.

Für aggressive Abwässer (in chemischen Betrieben, Beizereien, Galvanisieranstalten, Nahrungsmittelbetrieben usw.) ist der Wahl des Werkstoffes für die Abflußleitungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Vor der Einleitung solcher Abwässer in die allgemeine Kanalisation oder in öffentliche Leitungen müssen die aggressiven Verunreinigungen durch entsprechende Behandlung neutralisiert werden. Bei säurehaltigen Abwässern von Beizereien geschieht dies z. B. dadurch, daß in die Fußbodenentwässerungen der betreffenden Betriebe laufend Kalkmilch eingeführt wird; außerdem wird in einer Absetzgrube, die zwischen der gesonderten Abflußleitung für die säurehaltigen Abwässer und der allgemeinen Kanalisation liegt, die Ausscheidung der bei dem Neutralisationsvorgang ausgefällten Stoffe vorgenommen. Bei anderen Abwässern muß die Anordnung natürlich entsprechend abgewandelt werden.

Die Entwässerung von Waschanlagen, Betriebseinrichtungen u. dgl. in Kellergeschossen macht mitunter Schwierigkeiten insofern, als die zu entwässernden Objekte unter dem Niveau der Hauptabflußleitungen liegen. In diesem Fall bleibt nichts übrig, als das Abwasser zu sammeln und durch entsprechende Einrichtungen zu heben. Hierzu können entweder Pumpen (in Fabrikbetrieben möglichst Kreiselpumpen) oder pneumatische Förderanlagen dienen. Beide Ausführungen sollen vollständig selbsttätig arbeiten. Der Pumpenbauart ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da nicht jede Pumpe gerade für Schlammförderung bzw. Schmutzwasserförderung geeignet ist. Zu empfehlen ist fast immer die Verwendung von Bronzelaufzeug und Bronzeeinsätzen für die Pumpen, wenn nicht bei aggressiven Abwässern besondere Werkstoffe (z. B. säurefester Guß, Blei) oder innere Schutzbekleidungen (z. B. Gummi) notwendig sind.

Zur Förderung sehr schlammhaltigen Wassers eignen sich pneumatische Heberanlagen besser als Pumpen.

Aus Gründen der Wasser- und Bodenhygiene achten die Aufsichtsbehörden mit Recht streng darauf, daß verunreinigte Abwässer nicht ohne Klärung einem Vorfluter oder dem Grundwasser

zugeführt werden. Wo also solche Abwässer nicht in eine öffentliche Kanalisation abgeleitet werden können, muß bei der Planung auf die Errichtung zweckentsprechender Kläranlagen von vornherein Rücksicht genommen werden.

Die Anforderungen, die an eine Kläranlage zu stellen sind, können sehr verschieden sein und sind durch die Zusammensetzung der Abwässer bedingt. Abwasser kann durch Schwebestoffe und durch gelöste Stoffe oder auch durch Kolloide verunreinigt sein. Die Verunreinigungen sind je nach ihrer Herkunft organischer oder anorganischer Natur. Haselhoff bringt in seinem bereits zitierten Buch zahlreiche Untersuchungsergebnisse von Abwässern der verschiedensten Gewerbe. Eine Zusammenstellung dieser Untersuchungsergebnisse ist in Zahlentafel 47 enthalten, um eine Übersicht zu geben, mit welchen Verunreinigungen für die verschiedenen Industrien zu rechnen ist. Zur Ausscheidung der im Abwasser schwebenden Stoffe bedient man sich mechanischer Kläranlagen, zum Unschädlichmachen gelöster und kolloidaler Verunreinigungen biologischer Kläranlagen. Bei der mechanischen Klärung werden die gröbsten Schwebestoffe durch Rechen, Bürsten oder Siebe entfernt, während die feineren ungelösten Teile durch

Zahlentafel 47. Verunreinigung von Abwässern aus verschiedenen Industrien.

Brauereien	stickstoffhaltige, organische Verbindungen, leicht fäulnisfähig
Bergbau und Salinen	Chloride, Sulfate, Karbonate, freie Säuren, Eisenoxyd
Färbereien	Metalloxyde, Arsensäure, Chromsäure (im allgemeinen trotz des schmutzigen Aussehens verhältnismäßig unschädlich)
Fett- und Ölfabriken	Fettreste, stickstoffhaltige, organische Bestandteile, Schwefelsäure, Zinkchlorid, Glyzerin, Laugen, Kochsalz (evtl. Phenol und flüchtige Säuren)
Gasanstalten	organische Stoffe, Schwefel, Sulfate, Ammoniak, Kalk, Eisenoxyd, Phenole
Gerbereien	faulige, organische Substanzen, Kochsalz, Ätzkalk, Schwefelarsen, Schwefelkalzium, Schwefelnatrium
Hütten- und Metallwerke	Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Sulfate, Karbonate, Schwefelmetalle, Eisenoxyd, Metallsalze
Margarinefabriken und Molkereien	viel fäulnisfähige, stickstoffhaltige, organische Bestandteile. Ferner Kalk, Kali, Phosphorsäure, evtl. Kochsalz
Papierfabriken	fäulnisfähige, organische Bestandteile, fein zerteilte Holzfasern, schweflige Säure, Chlorkalk, Farbstoffe, evtl. Salpeter- und Schwefelsäure
Sodafabriken	Chlornatrium, Chlorkalzium, Sulfate
Stärkefabriken	lösliche Stickstoffverbindungen, Gummi und Zucker; leicht fäulnisfähig. Ferner mineralische Bestandteile (Phosphorsäure und Kali)
Textilfabriken	organische, fäulnisfähige Verbindungen, Soda, Seife, Öle, Farbstoffe (je nach dem Betrieb auch zahlreiche andere Verunreinigungen)
Zuckerfabriken	gärungs- und fäulnisfähige Stoffe in erheblichen Mengen (mitunter auch Zyan).

Verringerung der Stromgeschwindigkeit in Absetzbecken Zeit zum langsamen Niedersinken, d. h. zum Absetzen finden. Je langsamer der Durchfluß durch die Absetzbecken erfolgt, um so gründlicher ist die Abscheidung der ungelösten Stoffe. Gelöste Stoffe können naturgemäß durch Absetzbecken nicht entfernt werden. Sofern sie anorganischer Natur sind, sind sie für den Vorfluter meistens unschädlich; organische gelöste Stoffe dagegen sind schädlich, da sie fäulnisfähig sind. Um sie unschädlich zu machen, läßt man in biologischen Kläranlagen Kleinlebewesen auf das Abwasser einwirken, die die organischen Verbindungen an sich ziehen und sie in anorganische (nicht fäulnisfähige) umwandeln. Auf diesem Vorgang beruht auch hauptsächlich die selbstreinigende Wirkung der Flüsse. Man nimmt unter gewissen Voraussetzungen an, daß bei zwanzigfacher Verdünnung des Abwassers durch Flußwasser nach 18 km Stromweg eine Selbstreinigung eingetreten ist. Bei Fabrikanlagen kann man deshalb mitunter auf eine biologische Reinigung des Abwassers verzichten, wenn der Vorfluter in der Nähe liegt und sehr wasserreich ist.

Eine allen Zwecken entsprechende Konstruktion von Kläranlagen kann es bei den mannigfaltigen Anforderungen nicht geben. Man muß sich bei der Wahl der Kläranlage von Fall zu Fall durch Fachingenieure oder Spezialfirmen beraten lassen. Es erübrigt sich daher, alle gebräuchlichen Konstruktionen zu beschreiben. Lediglich als Ausführungsbeispiele mögen die Abb. 282 und 283 einen einstöckigen und einen zweistöckigen Brunnen für mechanische Kläranlagen zeigen. Einstöckige Brunnen kommen zur Anwendung, wenn schwierige Boden- und Grundwasserverhältnisse vorliegen und wenn besonders hohe Anforderungen an die Frisch-

erhaltung des Abwassers gestellt werden. Im allgemeinen können zweistöckige Brunnen gewählt werden. Bekannt sind die Ausführungen nach Kremer, Oms, Emscherklärgenossenschaft u. a.

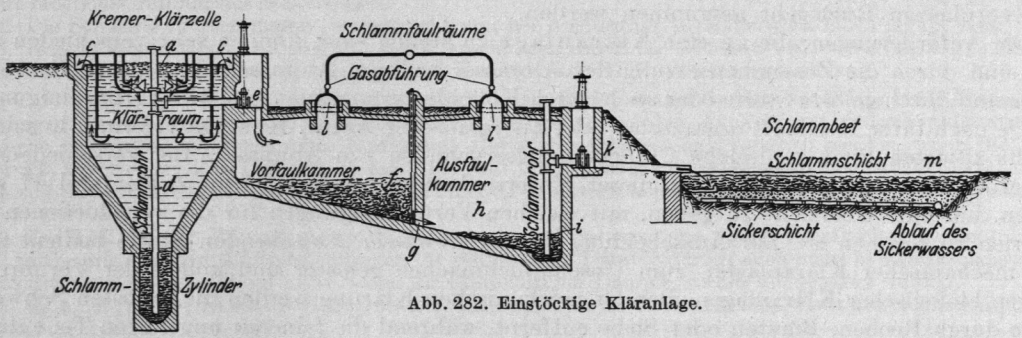


Abb. 282. Einstöckige Kläranlage.

Für die biologische Reinigung kommen hauptsächlich Tropfkörper (siehe Abb. 284) in Frage. Rieselfelder scheiden für Fabrikanlagen des großen Flächenbedarfs halber fast immer aus. Außerdem kennt man noch die neuzeitlichen Belebtschlammanlagen, die die beste Reinigungswirkung haben, dafür aber auch laufende Betriebskosten (Energieverbrauch für Belüftung) erfordern. Tropfkörperanlagen benötigen zwischen Abwasserleitung und Vorfluter ein Gefälle von mehreren Metern. Wenn dieses — wie in den meisten Fällen — nicht zur Verfügung steht, muß das Abwasser durch Pumpen gehoben werden. Unter dieser Annahme ist in Zahlentafel 48 eine Gegenüberstellung des Kraftbedarfs für biologische Kläranlagen nach den Tropfkörper- und nach den Belebtschlammsystemen angegeben. Zahlentafel 49 nennt ferner den Platzbedarf von Kläranlagen. Erwähnt sei noch, daß man im Durchschnitt mit einem Abwasseranfall von von 30 bis 50 l/Tag je Kopf der Belegschaft rechnen kann. Wenn die Fabrikentwässerung gleichzeitig die Abwässer von Wohnungen aufnimmt, steigt der Abwasseranfall auf etwa 100 l pro Tag. Zu diesen Zahlen kommen noch die rein gewerblichen Abwässer, deren Menge von Fall zu Fall verschieden ist. — Die Ausmündung einer Abflußleitung in den Vorfluter bietet technisch nichts Bemerkenswertes; gegebenenfalls ist vor dem Auslauf ein Fett- oder Sandfänger einzuschalten.

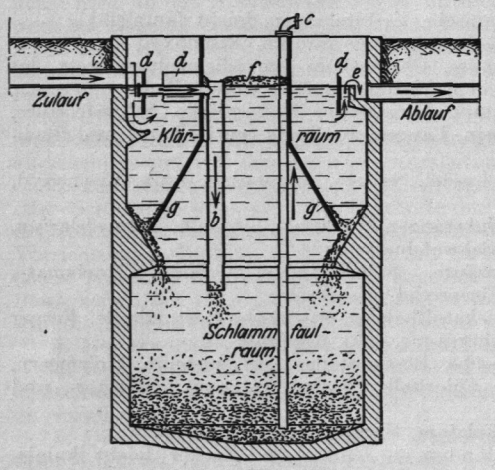


Abb. 283. Zweistöckige Kläranlage.

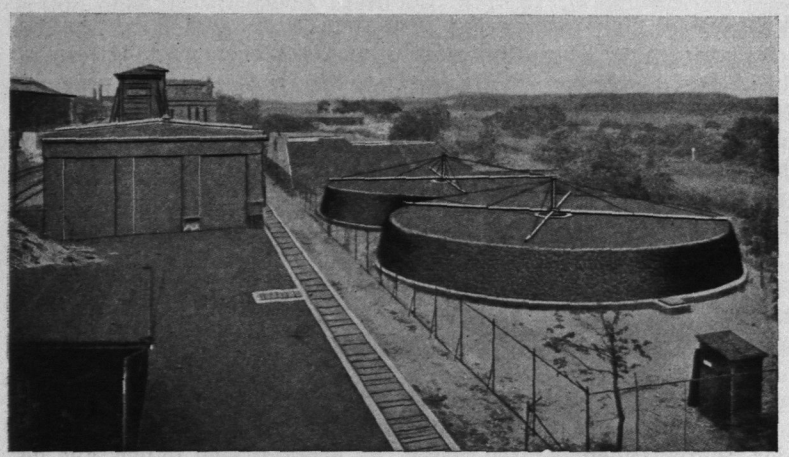


Abb. 284. Tropfkörper für biologische Abwasserreinigung.

Sofern weder der Anschluß an eine bestehende Kanalisation, noch die Einleitung der Abwässer in einen Vorfluter möglich ist, müssen die Abwässer im Boden versickern. Ungereinigtes Abwasser darf nur dann zur Versickerung gebracht werden, wenn die Oberkante der Versickerungsfläche wenigstens 2 m über dem Grundwasserspiegel liegt und wenn außerdem die Beschaffenheit des Bodens Gewähr für eine genügende Filtration der Abwässer bietet. In den Versickerungsbetrieb sind nach Möglichkeit Zwischenpausen von etwa 6 Stunden

einzuschalten. Auf 1 ha Bodenfläche können täglich 250 bis 500 m³ Abwasser versickern. Hierbei ist Voraussetzung, daß die Versickerungsflächen nicht landwirtschaftlich genutzt werden; andernfalls, d. h. beim Rieselfeldbetrieb, ist der Flächenbedarf etwa 10mal so groß.

Sind die vorstehend gekennzeichneten Bedingungen für die Versickerung verunreinigter Abwässer nicht gegeben, so muß vor der Versickerung eine mechanische Klärung vorgenommen werden. Dies gilt besonders für Abwässer, die menschliche oder tierische Abgänge enthalten. Bei der Versickerung gereinigter Abwässer kann die Flächenbelastung auf 1000 m³/ha und 24 Stunden gesteigert werden, da gereinigte Abwässer die Bodenschichten nicht oder nur in geringem Maß verschlammen. Aus diesem Grunde können hierfür auch die oben erwähnten Ruhepausen fortfallen.

Zahlentafel 48. Kraftbedarf von biologischen Kläranlagen.

Täglich anfallende Abwassermengen m³/Tag	Tropfkörperanlagen[1] kWh/Tag	Belebtschlammanlagen kWh/Tag
50	6,5	15
200	28,0	50
500	60,0	120
1000	110,0	230

Bemerkung: [1] Nur wenn natürliches Gefälle unzureichend, 5 m manometrische Förderhöhe angenommen.

Für die Versickerung sind ungedichtete oder geschlitzte Rohrstränge zu verlegen, die das gesamte Versickerungsgebiet durchziehen. Stattdessen kann auch eine Grube ohne dichten Boden ausgeführt werden, die zwar kein allzu großes Versickerungsgebiet umfassen kann, dafür aber den Vorteil bietet, daß das gesammelte Wasser, wenn es nicht verunreinigt ist, für Feuerlöschzwecke, zur Dampfkesselspeisung oder dgl. Verwendung finden kann. In wasserarmen Gebieten wird man von dieser Möglichkeit der Wasserfassung gern Gebrauch machen und gegebenenfalls auch die Sohle des Behälters wasserdicht ausführen, damit lediglich die das Fassungsvermögen der Grube übersteigende Abwassermenge (z. B. bei sehr starken und anhaltenden Regenfällen) in anschließenden Leitungen versickern kann. An Stelle der Gruben können bei günstigen Untergrundverhältnissen auch Stauteiche angewendet werden.

Bei der Planung einer Kläranlage muß man sich dessen bewußt sein, daß kein Klärverfahren vollständig geruchlos arbeitet. Hierauf ist bei der Wahl des Fabrikgrundstückes, bzw. bei der Festlegung des Platzes für die Kläranlage zu achten, damit späteren Streitigkeiten mit Nachbarn und Behörden vorgebeugt wird. Auch prüfe man von Fall zu Fall die juristische Seite der Abwasserfrage; für die Abführung der Abwässer bestehen keineswegs klare gesetzliche Vorschriften.

Zahlentafel 49. Platzbedarf von Kläranlagen.

Täglich anfallende Abwassermenge m³/Tag	Mechanische Anlagen einschl. Schlammtrockenplätze m²	Tropfkörperanlagen[1] m²	Belebtschlammanlagen m²
50	75	125	125
200	300	500	500
500	750	1250	1250
1000	1500	2500	2500

Bemerkung: [1] Einschl. mechanischer Vorklärung und Schlammtrockenplätze.

Falls Schwierigkeiten rechtlicher oder technischer Art bei der Abwasserbeseitigung zu befürchten sind, empfiehlt es sich, ein Gutachten eines anerkannten fachwissenschaftlichen Institutes einzufordern. Als solches sei z. B. die „Preußische Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene" in Berlin-Dahlem genannt. Eine rechtzeitige Einschaltung derartiger Institute lohnt sich in schwierigen Fällen stets, da die Behörden die Genehmigung zur Einleitung von Abwässern in öffentliche Vorfluter vielfach davon abhängig machen, daß der Antragsteller die Abwässer jährlich ein- bis zweimal auf seine Kosten durch eine solche Anstalt untersuchen läßt.

Für Wasserversorgung und Abwasserableitung sind zahlreiche Normblätter erschienen, die zusammen mit den mehrfach erwähnten Vorschriften DIN 1986, 1987 und 1988 in dem DIN-Taschenbuch 16[1] enthalten sind.

[1] Berlin: Beuth-Verlag Januar 1931.

13. Gesundheitstechnische Anlagen und Wohlfahrtseinrichtungen.

Abortanlagen. — Garderoben. — Wasch- und Badeanlagen. — Fabrikspeisung. — Unfallstationen.

Die Abortanlagen sind in erster Linie so anzulegen, daß die Wege für die Belegschaft möglichst kurz werden. Längere Wegstrecken führen zu nicht unbeträchtlichen Zeitverlusten. Im allgemeinen soll wertvolle Fabrikationsfläche von Abortanlagen nicht eingenommen werden. In Stockwerksbauten sind die Treppenhäuser, auch in bezug auf die Entfernung von den Arbeitsplätzen, die gegebene Stelle. Über die Anordnungsmöglichkeiten geben die unter „Treppenanlagen" dargestellten Treppenhausausführungen Aufschluß. Hallenbauten erhalten für diese Anlagen am besten niedrige Anbauten, wenn sich der Einbau nicht unter etwa an den Außenwänden befindlichen Galerien oder in Seitenschiffen ermöglichen läßt. Lediglich bei leichten und niedrigen Flachbauten können Abortanlagen im Innern des Bauwerks an zweckentsprechenden Stellen vorgesehen werden, da die Baukosten des Flachbaues von denen eines Anbaues — bezogen auf 1 m² bebauter Fläche — nicht allzu stark abweichen. Um Gesundheitsschädigungen bei den Arbeitern zu vermeiden, sind die Abortanlagen immer von geschlossenen Räumen aus zugänglich zu machen. In besonderen freistehenden Gebäuden untergebrachte Anlagen sind zu verwerfen, da zu den vorher geschilderten Nachteilen meist noch die Einfriergefahr und hierdurch unhygienische Verhältnisse hinzukommen. Für Kesselanlagen besteht die Vorschrift, daß sich die Aborte für die Heizer im Kesselhaus befinden müssen. Zweckmäßig sind auch für das Personal in Maschinen- und Schalthäusern u. dgl. die Aborte in dem betreffenden Gebäude unterzubringen.

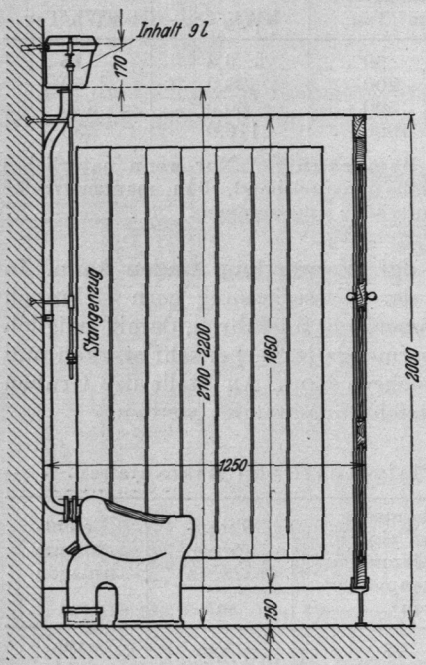


Abb. 285. Arbeiterabort.

Nach den behördlichen Bestimmungen soll jede Abortanlage direktes Licht (Seitenfenster oder Oberlichter) und direkte Lüftung (Lüftungsflügel oder verschließbare Entlüftungsaufsätze bzw. Entlüftungsschächte) erhalten. Die Betätigungsvorrichtung der Lüftungseinrichtung soll nicht, wie dies bei mancher Raumaufteilung der Fall ist, in einer Zelle, sondern außerhalb der Zellen liegen. Ferner wird vorgeschrieben, daß jede Zelle mindestens 1 m² Grundfläche hat. Bei einer Mindestbreite von 0,80 m würde sich also eine Tiefe von 1,25 m ergeben. Zweckmäßige Zellenabmessungen sind

für Arbeiteraborte . . . . . 0,90×1,25 m,
für Angestelltenaborte . . . 1,00×1,30 m.

Die Trennwände bestehen meistens aus Holz, in Angestelltenaborten vielfach auch aus beiderseitig mit Fliesen verkleideten dünnen Rabitzwänden zwischen U- oder Flacheisenrahmen. Sie sind freistehend, beginnen 0,15 m über dem Fußboden und haben eine Gesamthöhe von 2 m. Die Türen haben die gleiche Höhe wie die Wände und eine Breite von 0,65 bis 0,75 m. Ist eine Kontrolle der Arbeiteraborte erwünscht, so können in die Türen Gucklöcher eingeschnitten oder die Türen halbhoch ausgeführt werden. Zweckmäßig sind alle Arbeiter-Abortanlagen mit Vorräumen auszurüsten, die gegen die Aborträume durch durchgehende Wände mit genügend großem Oberlicht abgeschlossen sind, falls die Vorräume kein direktes Licht haben.

Für die Bestimmung der Zahl der Aborte gelten folgende Angaben:

bei Frauenabortanlagen kommt auf je 15 Personen 1 Abort,
bei Männerabortanlagen kommen auf je 20 bis 25 Personen 1 Abort und 1 P. P.-Stand.
Bei Fließfabrikation und kurzen Pausen ist die Zahl der Aborte und P.P.-Stände größer, unter Umständen doppelt so groß zu wählen.

Für Arbeiter-Abortanlagen haben sich von den vielen auf dem Markt befindlichen Modellen die Feuerton-Klosettbecken mit eingelegten Sitzbacken ausgezeichnet bewährt; die Sitzfläche wird gerade oder geneigt (Sattelsitz) ausgeführt. Diese Becken sind leichter zu säubern und hygienisch einwandfreier als solche mit Klappsitz, der vielfach nach einiger Zeit reißt und splittert und fast ständig an den Scharnieren beschädigt ist. Die Sitzbacken bestehen entweder

aus Hartholz oder aus einem hartgummiähnlichen Spezialmaterial mit homogener Oberfläche, das fugenlos mit dem Klosettkörper verbunden wird. Die Berliner Baupolizei läßt nur das letztgenannte Material zu. Über die in Angestellten-Abortanlagen zu verwendenden Klosetts mit aufklappbarem Sitz hat der Deutsche Normenausschuß die Normblätter DIN 1381 bis 1384 entwickelt.

Die Spülung wird meist als Einzelspülung, seltener als periodisch wirkende Massenspülung vorgesehen. Bei Einzelspülung sind Spülkästen von 9 l Inhalt und Stangenzüge mit fest montierter Rohrführung, sogenannte Schulklosettzüge nach Vorschrift der Stadt Berlin, zu verwenden. Jede andere Zugart ist nach kurzer Benutzungsdauer beschädigt. Diese Züge sind auch für Angestelltenaborte zu empfehlen. An Stelle der Einzelspülkästen können auch Zeitspülhähne mit Drückerbetätigung Verwendung finden; hierbei sind die Wasserzuleitungen etwas größer zu dimensionieren als bei Spülkästen.

Die Pissoireinrichtungen in Männerabortanlagen sind entweder gußeiserne, außen asphaltierte, innen weiß emaillierte Wandrinnen oder Wandstände, gegebenenfalls freistehende Doppelstände, die jedoch verhältnismäßig wenig vorkommen. Die Breite für eine Person beträgt 0,60 m. Die Wandstände können aus Zementglättputz oder besser aus Schiefer bestehen. Am besten sind Wandstände aus Torfit mit seitlichen Abschlußwänden, durchlaufender Fußbodenrinne und einer davor mit etwas Neigung verlegten Reihe Platten aus dem gleichen Material. Je nach der Länge befinden sich in der Rinne ein oder mehrere Abflußstutzen. Abb. 286 zeigt einen Torfit-Wandstand im Schnitt. Zu beachten ist hierbei, daß mit Rücksicht auf die Fußbodenrinne die Deckenkonstruktionen entsprechend tiefer gelegt werden müssen. Wandrinnen und Wandstände aus Zementglättputz erhalten ein Spülrohr; Stände aus Schiefer oder Torfit werden nur mit einem desinfizierenden Pissoiröl gestrichen. Stände aus Feuerton bleiben auf Angestelltenaborte beschränkt. In der Hauptsache finden aber hier P.P.-Becken aus Feuerton oder Hartsteingut Verwendung. Ist keine Fußbodenrinne vorhanden, also bei Wandrinnen, P.P.-Becken oder bei Frauenabortanlagen, so ist eine Fußbodenentwässerung einzubauen. In jedem Fall ist ein Sprenghahn mit Schlauchverschraubung vorzusehen. In den Vorräumen sind zu Wasch- und Trinkzwecken viereckige, gußeiserne, innen weiß emaillierte Ausgußbecken anzuordnen. Auf je 5 bis 6 Aborte ist ein Ausgußbecken zu rechnen. Ferner sind in den Werkstätten an verschiedenen Stellen, am besten an den Treppenhauswänden, Trinkwasserstellen vorzusehen. Über Fußbodenbeläge in Abortanlagen siehe den Abschnitt „Fußböden". Die Wände erhalten Ölfarbenanstrich, Fliesenverkleidung oder Glasurverblendung in Höhe der Zellentrennwände.

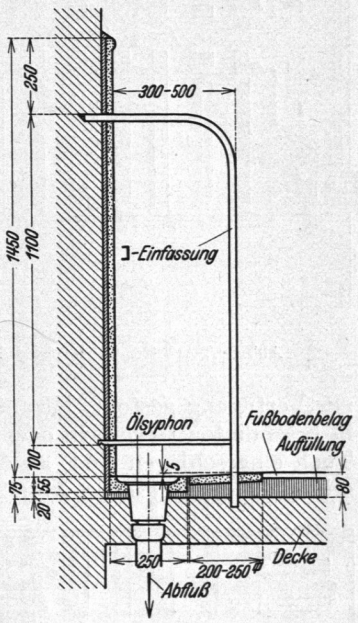


Abb 286. P. P.-Wandstand aus Torfit.

Die Garderobenanlagen werden entweder als Zentralgarderoben oder als kleinere örtliche Garderoben angelegt. Für größere Belegschaften, besonders in ausgedehnten Fabrikanlagen, kommen mehrere zentrale Garderobenanlagen in Frage. Im allgemeinen sind Zentralgarderoben vorzuziehen, da sie sich günstiger aufteilen lassen und in bezug auf die Wasch- und Badeeinrichtungen geringere Anlagekosten erfordern als viele kleinere örtliche Garderoben. Bei großen Garderoben ist die Wartung einfacher und billiger; außerdem ist durch den für jede zentrale Anlage notwendigen und in ihr ständig anwesenden Garderobenwärter eine erhöhte Sicherheit für das Eigentum der Arbeiter gegeben. Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich daher nur auf Zentralgarderoben.

Es gilt auch hier der Grundsatz, daß wertvolle Fabrikationsfläche nicht eingenommen werden soll. Für Betriebe, die in Stockwerksbauten und in benachbarten Hallen- oder Flachbauten untergebracht sind, ist das meistens vorhandene Kellergeschoß der gegebene Ort. Außerdem kommen für Hallenbauten niedrige Seitenschiffe oder ein- bzw. mehrgeschossige Anbauten an den Längs- oder Stirnseiten in Frage. Derartige Anbauten können auch noch die Abortanlagen und gegebenenfalls Fabrikationsräume bzw. Büros und Laboratorien enthalten. Lediglich bei leichten und niedrigen Flachbauten können Garderobenanlagen im Innern des Bauwerkes an zweckentsprechender Stelle angeordnet werden. In manchen Werken werden die Garderoben auch

in besonderen Gebäuden untergebracht. Jede Anlage erhält zweckmäßig zwei entgegengesetzt liegende Ein- bzw. Ausgänge, von denen einer entweder direkt in den Arbeitsraum führt oder möglichst nahe bei ihm bzw. bei der zu ihm führenden Treppe liegt. Eine dieser beiden Türen muß unbedingt ins Freie oder in ein Treppenhaus münden. Bei oberirdischen Anlagen entsprechender Größe sind außerdem noch Nottüren bzw. Notausstiege vorzusehen. Für Kellergeschosse sind in bezug auf Raumgröße und Treppen bzw. Ausstiege auch die Ausführungen unter „Treppenanlagen" zu beachten. Gegen Fabrikations- und Lagerräume müssen Garderoben feuerbeständig abgeschlossen sein.

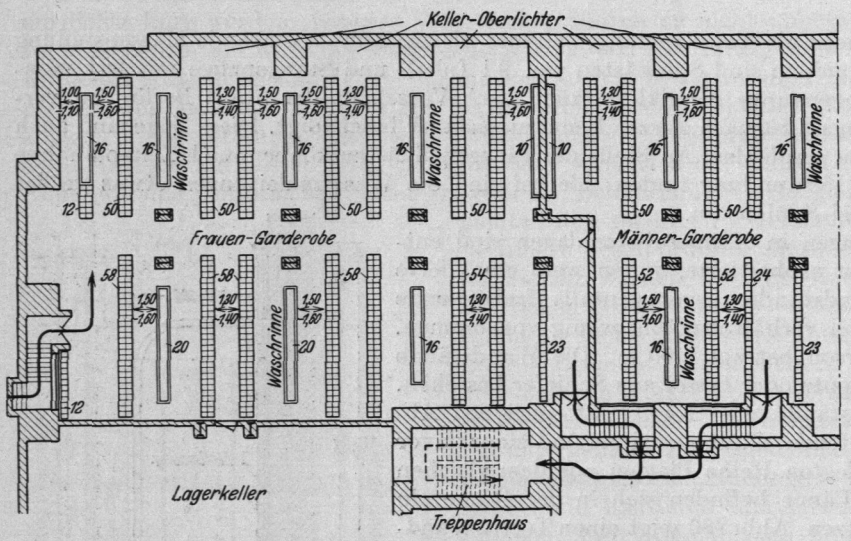


Abb. 287. Arbeiter-Garderobenanlage im Kellergeschoß eines Stockwerksbaues.

Zur Unterbringung der Kleider dienen entweder Schränke oder Kleideraufzüge. Meistens wird jedem Arbeiter allein ein Schrank zur Verfügung gestellt. Mitunter kommt auf zwei Leute ein Schrank. Kleideraufzüge sind nur in bestimmten Gegenden oder Industrien gebräuchlich. Die Kleider werden, nachdem sie in ein Tuch eingeschlagen sind, an die Decke des Raumes gezogen; die Sicherung erfolgt durch Anschließen des Zugseiles. Abb. 287 zeigt die Aufteilung einer in dem Kellergeschoß eines Stockwerksbaues untergebrachten, mit freistehenden Waschrinnen ausgestatteten Garderobenanlage. Aus Abb. 288 ist die Aufteilung je einer Garderobenanlage für Männer und Frauen ersichtlich; die Garderoben befinden sich zu beiden Seiten des Treppenhauses eines mehrgeschossigen Hallenkopfbaues und enthalten einige Brause- bzw. Wannenbäder außer den freistehenden Waschrinnen. Zahlentafel 50 orientiert über die Abmessungen gebräuchlicher eiserner Kleiderschränke, deren Wände entweder aus Blech, Streckmetall oder Drahtgeflecht bestehen. Die Schrankgruppen sind einreihig und doppelreihig erhältlich. Abb. 290 stellt eine Garderobenanlage mit Kleideraufzügen dar. Über Bürokleiderschränke hat der Deutsche Normenausschuß — Fachnormenausschuß für Stahlmöbel — das Normblatt E 4546 entworfen. Hiernach sollen die Schränke einteilig, zweiteilig und dreiteilig in den Breiten von 400, 800 und 1200 mm bei 500 mm Tiefe und 2000 mm Höhe ausgeführt werden. Platzbedarfszahlen für Arbeiter- und Angestelltengarderoben sind aus Zahlentafel 4, S. 11 zu entnehmen.

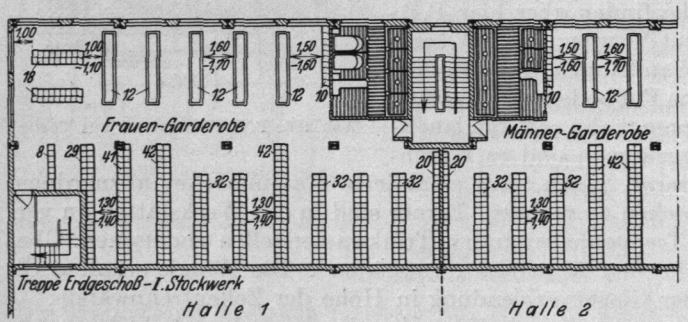


Abb. 288. Arbeiter-Garderobenanlage im 1. Stockwerk eines mehrgeschossigen Hallenkopfbaues.

Zahlentafel 50 (siehe Abb. 289).
Arbeiterkleiderschränke aus Winkeleisen mit Streckmetallwänden.

Anzahl der Abteile	2 (4)	3 (6)	4 (8)	5 (10)
Höhe . . . . . mm		1900 / 1780		
Breite . . . . . mm	620	920	1200	1500
Tiefe . . . . . mm		350 (2 × 350)		

Bemerkung: (- - - -) gelten für Doppelschränke.

Die Waschanlagen sind in der Regel Reihenwaschanlagen, die in den verschiedensten Ausführungen erhältlich sind. Entweder sind sie freistehend (doppelreihig) oder an den Wänden befestigt (einreihig). Glatte Waschrinnen (Waschtröge) haben sich sehr gut bewährt. Sie haben den Vorzug relativer Billigkeit, sind leicht sauber zu halten und als hygienisch einwandfrei anzusprechen, da der Waschprozeß unter fließendem Wasser vor sich geht. Der letztgenannte Vorteil fällt bei Beckenanlagen fort, da sich immer mehrere Personen hintereinander in einem Becken waschen müssen und meist keine Zeit zur gründlichen Zwischensäuberung der Becken vorhanden ist. Bei Kippbecken besteht außerdem leicht die Gefahr der Beschädigung. Über den freistehenden Waschrinnen, die am meisten verwendet werden, befindet sich ein Verteilungsrohr entweder mit einem Hahn, einer Auslauftülle oder 3 Sprühlöchern an jeder Waschstelle. An den Verteilungsrohren sind die Seifenschalen angebracht. Die Standbreite für jede Person beträgt 0,50 m oder 0,60 m. Bis 5 m Länge genügt 1 Ablauf, darüber hinaus müssen 2 Abläufe vorgesehen werden. Die Rinnen bestehen aus verzinktem Eisenblech oder aus Gußeisen. Bei der letztgenannten Ausführung ist die Innenseite des Troges weiß emailliert, die Außenseite asphaltiert. Unter jeder Waschrinne ist zweckmäßig eine Fußbodenentwässerung vorzusehen. Nach neueren Vorschriften der Stadt Berlin sollen bei Waschrinnen ebenso wie bei Badewannen die Ablaufrohre frei in die Fußbodenentwässerungen münden. Je nach der Art des Betriebes können auf eine Waschstelle 5 bis 7 Personen gerechnet werden. Abb. 291 stellt eine gebräuchliche gußeiserne Waschrinne mit Kalt- und Warmwasseranschluß und mit Mischapparat dar. Die End- und Mittelstücke sind je 1,25 m lang, so daß die Mindestlänge solcher Waschrinnen 2,50 m beträgt. In die Kalt- und Warmwasserzuleitungen sind besondere Absperrorgane einzubauen, um jederzeit Reparaturarbeiten ohne Stillegung der anderen Waschanlagen ausführen zu können. Für die Aufteilung von Garderoben sei noch die Ausladung glatter gußeiserner Wandwaschrinnen mit 450 mm angegeben.

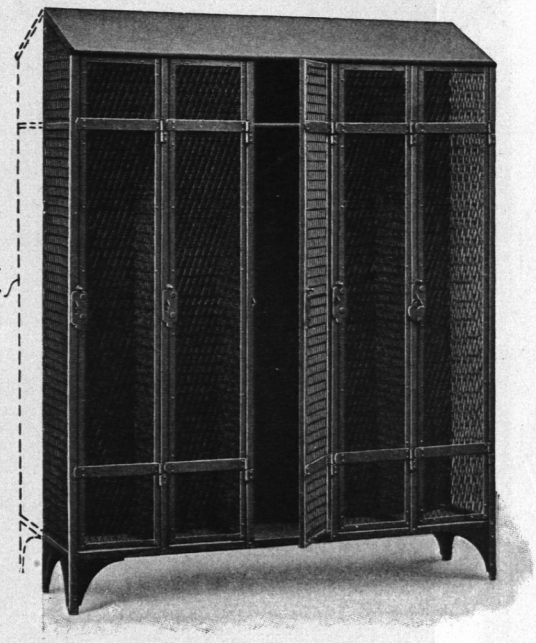


Abb. 289. Skizze zu Zahlentafel 50.

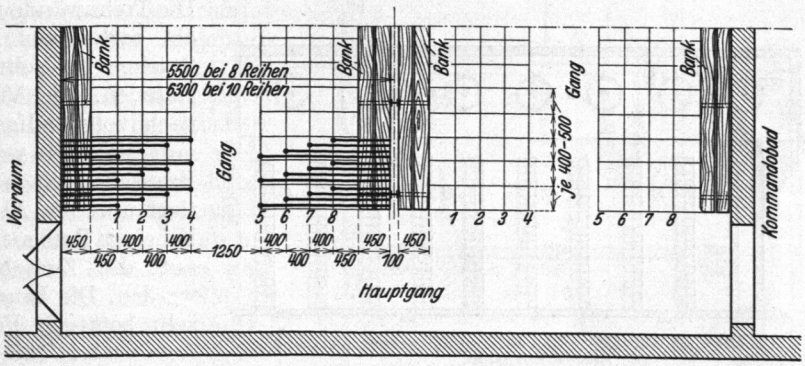


Abb. 290. Arbeiter-Garderobenanlage mit Kleideraufzügen.

In neuerer Zeit sind in Deutschland die in Amerika verbreiteten Waschfontänen eingeführt worden. Diese (siehe Abb. 292) werden für 6 und für 10 Personen gebaut und bestehen aus Kunststein mit polierter Oberfläche. Die Wasserstrahlen ergießen sich von einem in der Mitte liegenden Auslauf glockenförmig nach dem Rand der Waschschale. Der Wasserzufluß erfolgt am besten von oben. Für größere Garderobenanlagen kommen nur Waschfontänen für 10 Personen in Frage. Je nach Art des Betriebes können auf jede dieser Waschfontänen 50 bis 70 Personen gerechnet werden. Abb. 293 zeigt die Aufteilung einer Garderobenanlage unter Verwendung solcher Wascheinrichtungen.

Badeanlagen werden nur vorgesehen, wenn dies für bestimmte Arbeiterkategorien aus gewerbehygienischen Gründen notwendig ist. Für Männer kommen in der Regel Brausebäder,

für Frauen Brause- und Wannenbäder in Frage. Die Zahl der Bäder ist in jedem Falle verschieden und richtet sich nach den vorliegenden Bedürfnissen. Auf 3 Personen kann im allgemeinen ein Brausebad und auf 2 Personen ein Wannenbad gerechnet werden. Je nach der Lage

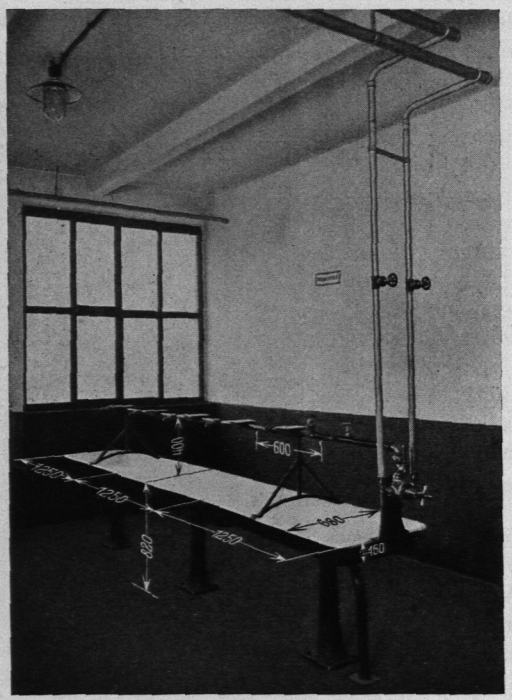


Abb. 291. Freistehende, gußeiserne Waschrinne.

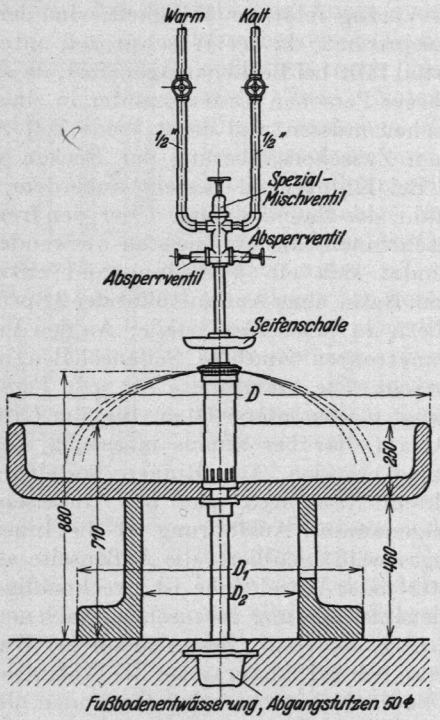


Abb. 292. Waschfontäne.

der Brausebäder können besondere Aus- und Ankleideplätze in den Badeanlagen fortfallen. Bei Wannenbädern sind sie meistens nicht zu entbehren. Die Betätigung der Brausebäder erfolgt entweder einzeln oder von einer Kommandostelle aus (Kommandobad). Für das Mischen des kalten und warmen Wassers ist für jede Badeanlage ein zentraler Mischapparat vorzusehen.

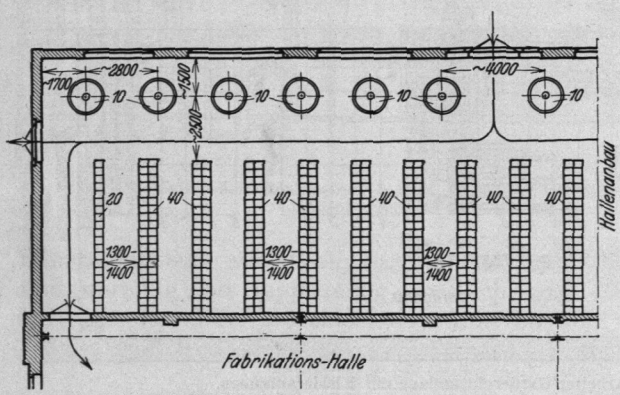


Abb. 293. Arbeiter-Garderobenanlage mit Waschfontänen.

Die Trennwände von Einzelbädern bestehen am besten aus Rohglastafeln von 13 mm Stärke in schmiedeeisernen verzinkten Rahmen. Die Verzinkung darf aber erst nach vollständiger Bearbeitung aller Teile vorgenommen werden. Abb. 294 zeigt eine Brausebadanlage mit Einzelzellen und orientiert über die Abmessungen. Vielfach kann bei einer Reihenanordnung der Bäder auch auf die Zwischentrennwände verzichtet werden. Die Brausen werden trotzdem einzeln betätigt. Für ältere männliche Personen sowie für Frauen sind aber Einzelzellen erwünscht. Für die Bemessung der Zellen für Wannenbäder können die Wannen etwa 1,75 m lang und 0,80 m breit angenommen werden. Die Trennwände von Wannenbädern beginnen zweckmäßig schon 0,15 m über dem Fußboden. Die Mindestfläche für einen Brausestand bei Kommandobädern ist wie bei Einzelbädern 1 m^2. Je nach der Benutzungsart ist ein Vorraum für Aus- und Ankleidezwecke oder zu Wartezwecken vorzusehen.

Senkrechte Brausen sind in etwa 2,10 bis 2,20 m Höhe über dem Fußboden anzubringen. Bei schräg gerichteten Brausen ist die Höhe bis Mitte Tülle mit etwa 2 m und die Strahlrichtung mit 20 bis 30° anzunehmen. Zur besseren Reinigung sind Sitz- bzw. Fußrollen anzuordnen.

Einzelbrausebäder können auch Fußmulden erhalten, die mindestens 0,80 × 0,80 m i. L. groß und 0,12 m tief sein müssen. Meistens werden die Mulden durch Lattenroste abgedeckt. Die Mulden werden entweder an Ort und Stelle hergestellt (Beton, Terrazzo, Fliesen) oder fertig bezogen. Aus Abb. 295 ist ein Einzelbad mit einer an Ort und Stelle hergestellten, durch einen Lattenrost abgedeckten Mulde ersichtlich. Bei Bädern in Reihenanordnung kann zur Verringerung der Installationskosten die Mulde unter allen Bädern durchgehen. Kommandobäder erhalten durchgehende Lattenrostabdeckungen. Über Fußbodenbeläge in Garderoben, Wasch- und Badeanlagen siehe den Abschnitt „Fußböden". Die Wände erhalten Ölfarbenanstrich, in Bädern Fliesenverkleidung oder Glasurverblendung mindestens in Höhe der Trennwände.

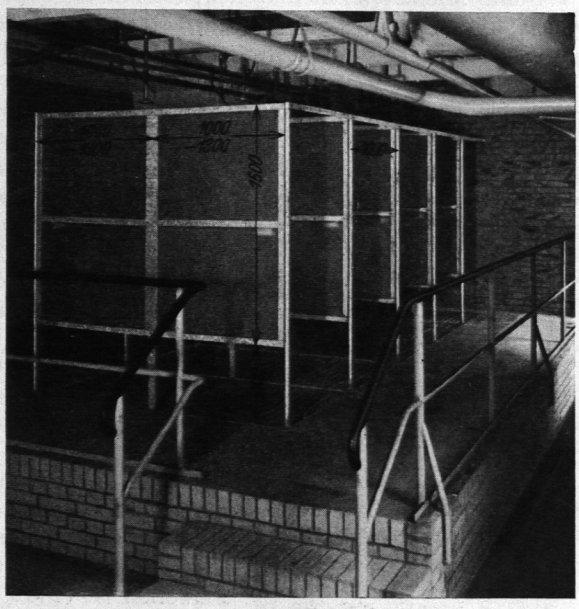


Abb. 294. Arbeiter-Brausebadanlage.

Unter den Anlagen für Fabrikspeisung sind nicht nur die Einrichtungen zur Herstellung von Speisen und Getränken und die Räumlichkeiten, in denen restaurationsmäßig abgegebenes Essen eingenommen werden kann, zu verstehen, sondern auch diejenigen Einrichtungen, die ein Wärmen oder Fertigmachen mitgebrachter Speisen und Getränke sowie ein Verzehren derselben gestatten. Werkküchen und Speiseräume für Arbeiter und Angestellte sind in den meisten Fällen voneinander getrennt. Die Beteiligung an einer Werkspeisung ist bei den Arbeitern fast immer geringer als bei den Angestellten. Aus diesem Grunde haben manche Betriebe auch nur eine Beamtenspeisung. In jedem Falle ist die prozentuale Beteiligung verschieden und richtet sich nach den näheren Umständen. Allgemein gültige Zahlen können nicht gegeben werden. Bei den Beamtenspeisebetrieben liegen die Speiseräume meist in unmittelbarer Nähe der Küchen. Bei den Arbeiterspeisebetrieben ist dies nicht immer der Fall. Vielfach werden bei ausgedehnten Werksanlagen die Arbeiterspeiseräume dezentralisiert in der Nähe der Garderoben angeordnet, um unnötige Wege zu vermeiden. Das Essen wird dann in Transportgefäßen an Ort und Stelle geschafft. Zum Teil wird auch das Essen in die Betriebe gebracht und dort an besonderen Speise- und Getränkeausgaben verabreicht. Die Mahlzeiten werden dann an den Arbeitsplätzen eingenommen. Wird das Essen von Familienangehörigen zugetragen, so sind die Speiseräume zur Aufrechterhaltung der Fabrikordnung an die Werkseingänge zu legen. Für das Wärmen oder Fertigmachen mitgebrachter Speisen und Getränke sind entweder in den Betrieben selbst oder in besonderen Räumen dampf-, gas- oder elektrisch beheizte Wärmeeinrichtungen bereitzustellen. Abb. 296 zeigt einen elektrisch beheizten Wärmeschrank. In vielen Betrieben werden auch werkseitig hergestellte bzw. abgefüllte Getränke,

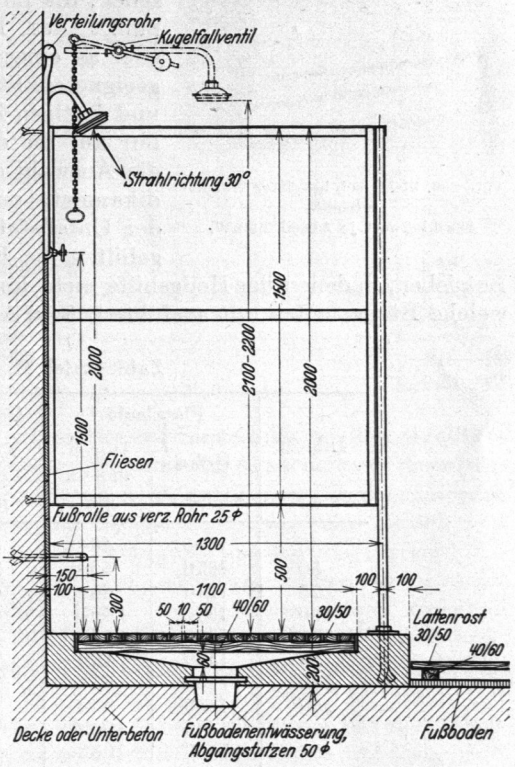


Abb. 295. Schnitt durch ein Brausebad.

wie Kaffee, Tee, Milch, Selterwasser oder Limonade an die Arbeiter und Angestellten abgegeben. Die Herstellung bzw. Abfüllung erfolgt in besonderen Getränkeküchen, die Abgabe von Kaffee, Tee und Milch teils in Flaschen, teils in offenen Gefäßen. Der Konsum ist im allgemeinen sehr groß; die Zahl der ausgegebenen Portionen oder Flaschen (meist ½ l Inhalt) beträgt 75 bis 100% der Belegschaftsziffer. Die Getränke werden kurz vor den Pausen entweder an die Arbeitsplätze gefahren oder an den vorher erwähnten Speise- und Getränkeausgaben abgegeben. Wenn keine Getränkeküche vorhanden ist oder wenn werkseitig nur Selterwasser oder Limonade hergestellt wird, so werden in den Betrieben häufig Heißwasserbereiter aufgestellt, so daß für die Belegschaft die Möglichkeit gegeben ist, warme Getränke selbst zuzubereiten. Zahlentafel 51 unterrichtet über den Platzbedarf und den Energieverbrauch von Heißwasserbereitern. Die Wärmeeinrichtungen und die Heißwasserbereiter sind immer zusammen anzuordnen. Über den Platzbedarf von Werkküchen, Speiseräumen, Getränkeküchen gibt Zahlentafel 4 auf S. 11 Auskunft. Zu beachten ist hierbei, daß Speiseräume, in denen zugetragenes Essen eingenommen wird, die doppelte Zahl Sitzplätze haben müssen.

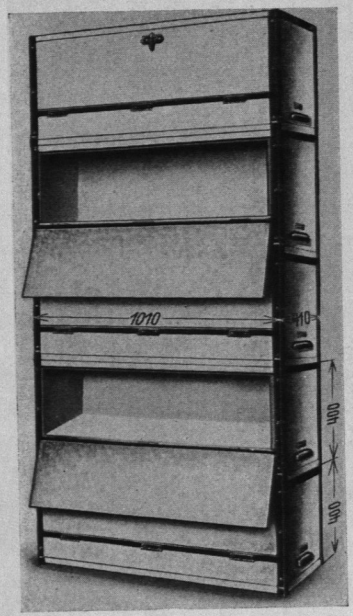


Abb. 296. Elektrisch beheizter Wärmeschrank.
Anschlußwert je Abteil 0,9 kW.



Abb. 297. Unfallstation eines Großbetriebes.

Für die Behandlung von verletzten Personen ist eine Unfallstation vorzusehen, die im Schwerpunkt des Betriebes oder an einer anderen geeigneten Stelle liegen kann und in einem ebenerdigen hellen und luftigen Raum unterzubringen ist. Die Behandlung soll sich nur auf die erste Hilfeleistung erstrecken. Demzufolge ist auch die Auswahl der Einrichtungsgegenstände, Instrumente und Medikamente zu treffen. Bis auf wenige Fälle, in denen ein Arzt der Unfallstation vorsteht, ist nur einem staatlich geprüften Heilgehilfen die Behandlung Verletzter anzuvertrauen. In kleineren Betrieben, in denen der Heilgehilfe nicht hinreichend beschäftigt ist, kann derselbe auch irgendwelche Büroarbeiten mit ausführen. Sein Arbeitsplatz muß aber nahe der Unfallstation liegen.

Zahlentafel 51. Heißwasserbereiter.

Inhalt	Platzbedarf		Gas- und Dampfheizung		Elektr. Heizung	
	Höhe	Durchmesser	Kochzeit	Wärmeverbrauch bis zum Kochen	Kochzeit	Anschlußwert
l	mm	mm	min	kcal	min	kW
30	1200	464	35	3500	45	5,4
50	1270	559	37	5900	50	7,8
75	1270	659	45	8800	50	12,0
100	1370	659	45	11700	65	12,0
125	1350	759	45	14700	65	14,6
150	1410	759	70	17500	75	14,6
200	1430	834	70	23400	75	21,6
250	1450	909	70	29300	85	21,6
300	1430	1009	75	34000	90	25,2
400	1550	1065	90	46800	90	33,6
500	1640	1165	90	58500	90	42,0

Wenn es die Platzverhältnisse erlauben, ist ein besonderer Ruheraum zu empfehlen. Ferner ist je ein Waschbecken mit fließendem kalten und warmen Wasser vorzusehen. Aus hygienischen Gründen sind die Hähne und Abflußventile mit Hebeln zur Betätigung durch die

Ellenbogen bzw. durch die Kniee auszurüsten. Stehen die Mittel zur Verfügung, so wird sich für Großbetriebe, besonders wenn diese von dem nächsten Krankenhaus oder Krankentransportinstitut weit entfernt liegen, ein eigenes Krankenauto zum Abtransport Schwerverletzter empfehlen. Abb. 297 zeigt das Innere der Unfallstation eines Großbetriebes. Die Aufteilung einer in einem Pförtnerhaus untergebrachten Unfallstation geht auch aus Abb. 364, Abschnitt „Werksicherheitsanlagen", hervor.

14. Heizung und Lüftung.

Wärmebedarf. — Örtliche Heizungen. — Zentralheizungen. — Lüftung.

Ausreichende Heizung und Lüftung der Fabrikräume ist in gewerbehygienischer, arbeitsphysiologischer und oft auch fabrikationstechnischer Hinsicht von großer Bedeutung. Heizung und Lüftung stehen in enger Wechselbeziehung zueinander, so daß man den Zusammenhang zwischen beiden nicht aus den Augen verlieren darf, wenn man auch aus Zweckmäßigkeitsgründen jedes Gebiet für sich betrachtet.

Zahlentafel 52. Innentemperaturen, die durch die Heizung erreicht werden müssen.

	°C
Büroräume	+20
Fabrikräume:	
für leichte Handarbeit	+18—20
für schwere Handarbeit	+12—15
Gießereien	+10
Tischlereien	+18—20
Lackierereien	+25—30
Maschinensäle	+15
Druckereien	+18
Setzereien	+20
Textilindustrie	+15
Papierindustrie	+15
Lebensmittelindustrie	+10—12
Zigarren- und Zigarettenindustrie	+15—18
Montagehallen	+12—15
Maschinenhäuser	+12
Schalthäuser	+5—10
Lagerräume	+12—15
Garagen	+5—10
Treppenhäuser:	
in Bürogebäuden	+15
in Fabriken	+5—10
Aborte:	
in Bürogebäuden	+12—15
in Fabriken	+10
Wasch- und Garderobenanlagen:	
für Beamte	+15
für Arbeiter	+15—18
Baderäume	+20—22

A. Heizung. Über die an eine Heizungsanlage zu stellenden Anforderungen herrschen in den Kreisen der Architekten und der Betriebsingenieure noch recht willkürliche Auffassungen. Zum Teil ist hieran die Heizungstechnik selbst schuld, sind doch die auf empirischer Grundlage ermittelten Rechnungsbeiwerte für den Wärmedurchgang der verschiedenen Baustoffe, wie auch die zahlenmäßigen Zuschläge für Himmelsrichtungen, Windanfall u. dgl. die Ursache, daß die Wärmebedarfsberechnungen ziemlich weitgespannte Toleranzen enthalten. Der ausführende und auftraggebende Baufachmann wird naturgemäß vielfach dazu neigen, an die untere Grenze dieser Toleranzen zu gehen, um an Anlagekapital zu sparen; da aber andererseits diese Grenze nicht klar erkennbar ist, so erweist sich die Sparsamkeit im Betrieb oft als falsch und als Quelle späteren Ärgers und unangenehmer Reklamationen. Eine einigermaßen objektive Grundlage für die Heizungsprojekte wird dadurch gegeben, daß für die Ausarbeitung derselben allgemein anerkannte Regeln vorgeschrieben werden, wie sie z. B. unter dem Namen „Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfes von Gebäuden und für die Berechnung der Kessel- und Heizkörpergröße von Heizungsanlagen" (DIN 4701)[1] zur Verfügung stehen. Hierin sind für verschiedene Orte Deutschlands und Österreichs die tiefsten Außentemperaturen angegeben, für die die Heizungsanlagen zu bemessen sind. Diese Temperaturen liegen zwischen -10^0 für einige Städte an der Meeresküste und -20^0 für Orte im Osten Deutschlands bzw. für solche in höheren Gebirgslagen. Im Mittel kann mit -15^0 C gerechnet werden. In südlichen Ländern ist es je nach dem Klima möglich, auf ± 0 bis $+ 5^0$ zu gehen, soweit hier überhaupt Heizungsanlagen erforderlich sind. Die Innentemperaturen, die mit Hilfe der Heizungsanlage bei den tiefsten Außentemperaturen erreicht werden müssen, sind in Zahlentafel 52 festgelegt. Da sich bekanntlich die Temperaturen im Raum mit der Höhe über Fußboden verändern, muß zur Vermeidung von Unstimmigkeiten bei der Ausführung der Heizungsanlage festgelegt werden, wo die in der Zahlentafel geforderten Raumtemperaturen zu messen sind. Im allgemeinen nimmt

[1] Selbstverlag des Verbandes der Zentralheizungs-Industrie e. V., Berlin W 9.

man hierfür 1,50 m über Fußboden an, doch zieht Brabbée eine Höhe von 0,50 m über Fußboden (Kniehöhe) vor mit der lapidaren Forderung „Warme Füße, kühler Kopf".

Der Betrieb einer ausgedehnten Heizungsanlage kostet auf die Dauer viel Geld. Es ist daher notwendig, von vornherein durch bauliche Maßnahmen dafür zu sorgen, daß die Abkühlungsverluste der Baulichkeiten so niedrig wie möglich gehalten werden. Eine sorgfältigere und wärmetechnisch bessere Ausführung lohnt im späteren Betrieb durch Ersparnisse an Brennstoffkosten meistens den Mehraufwand an Anlagekosten, abgesehen davon, daß auch die Anlagekosten der Heizung entsprechend niedriger werden. Die Anwendung dieser Erkenntnis fehlt auch heute noch vielfach im Fabrikbau. Das Verlangen nach reichlicher Tageslichtbeleuchtung führt häufig zu einer Übertreibung der Fenstergrößen, die sich in wärmewirtschaftlicher Beziehung verheerend auswirken kann, besonders wenn die Fenster starke Undichtigkeiten aufweisen. Bei der Anordnung großer

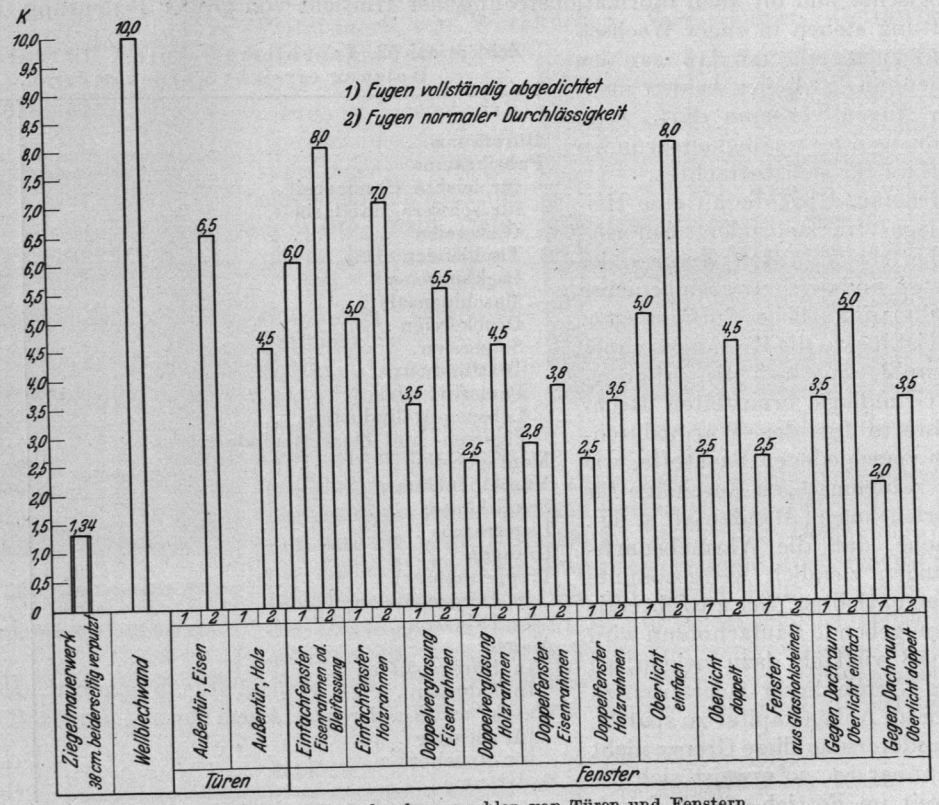


Abb. 298. Wärmedurchgangszahlen von Türen und Fenstern.

Fensterflächen sollte möglichst Doppelverglasung vorgesehen werden. Bedeutend besser sind ausgesprochene Doppelfenster. Abb. 298 läßt den Wärmedurchgang für verschiedene Fensterausführungen und Türen, vergleichsweise auch für eine 38 cm starke, beiderseitig verputzte Ziegelsteinwand erkennen.

Die Ausbildung der Wände, Fensterbrüstungen und Dächer sollte ebenfalls unter Berücksichtigung wärmewirtschaftlicher Gesichtspunkte erfolgen. Die oben erwähnten Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfes von Gebäuden und für die Berechnung der Kessel- und Heizkörpergröße von Heizungsanlagen enthalten ausführliche Tabellen über die Wärmedurchgangszahlen für die verschiedensten Bauausführungen. Für wärmetechnisch weniger bewanderte Leser sei bemerkt, daß unter Wärmedurchgangszahl (k) diejenige Wärmemenge in kcal zu verstehen ist, die in einer Stunde durch 1 m² einer Konstruktion hindurchgeht, wenn zwischen der Luft auf beiden Seiten der Wand ein Temperaturunterschied von 1° besteht. In Abb. 299 sind für einige gebräuchliche Ausführungsarten von Wänden und Fensterbrüstungen die Wärmedurchgangszahlen bei verschiedenen Wandstärken aufgetragen. Der Wert einer guten Isolierung springt bei der Betrachtung der Darstellung sofort in die Augen. Besonders für Fensterbrüstungen, vor denen Heizkörper liegen, ist eine Isolierung durch Kork- oder Torfleichtplatten sehr zu

empfehlen, da hier wegen der Strahlung der Heizflächen der Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen besonders groß ist. Eine einhalbsteinstarke Brüstung mit 2 cm starker Isolie-

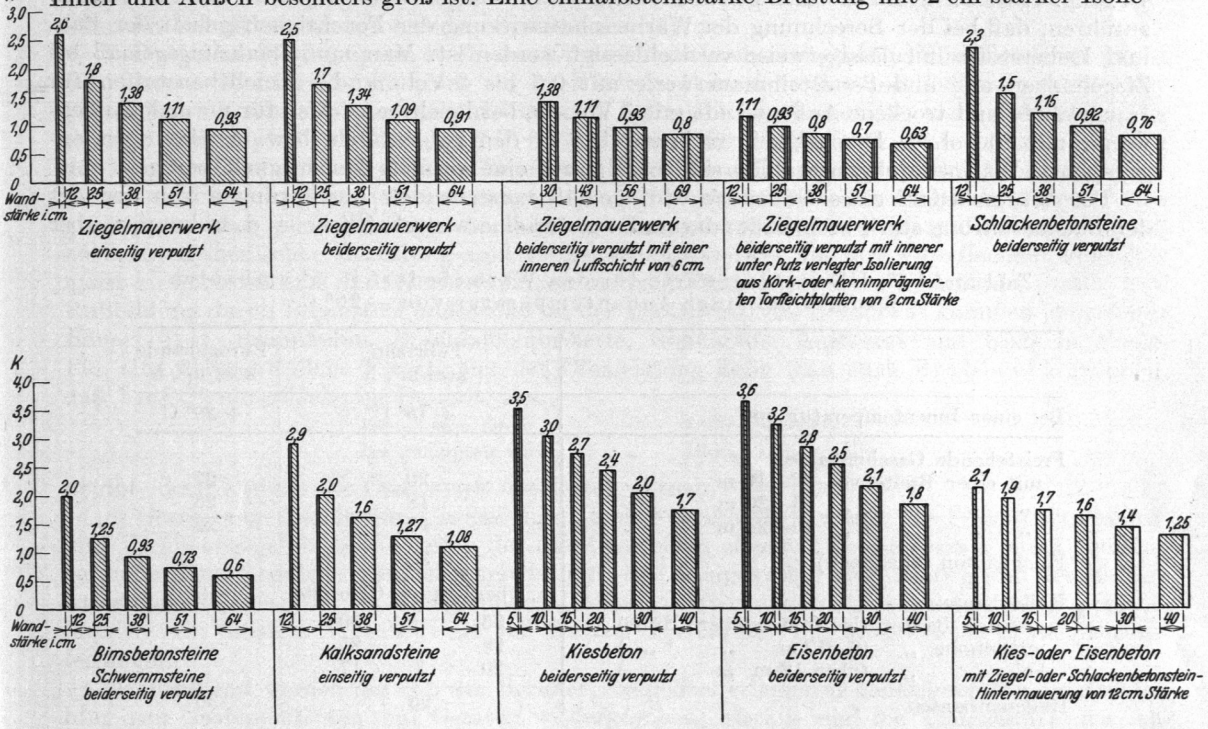


Abb. 299. Wärmedurchgangszahlen von Wänden.

rung ist wärmetechnisch einer 51 cm starken Ziegelsteinwand gleichwertig. Allerdings sind auch die Wetterverhältnisse und der Schutz der Wand gegen Eindringen von Nässe zu berücksichtigen, da die Wärmeleitzahlen der Baustoffe mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt stark wachsen. Vorzuziehen ist daher mindestens eine 25 cm starke Brüstung mit Isolierung durch Leichtplatten oder durch Luftschicht.

Kiesbeton oder Eisenbeton ist wärmetechnisch der Ziegelsteinwand bei gleicher Stärke unterlegen. Daher sollten solche Wände durch Isolierplatten, Schlackenbeton- oder Ziegelhintermauerung geschützt werden, wenn man nicht überhaupt die Eisenbeton-Skelettbauweise wählt, bei der die Wand- und Brüstungsteile durch Ziegelmauerwerk oder Schlackensteine ausgefüllt werden.

Wellblechwände scheiden wegen ihrer hohen Wärmedurchgangszahl ($k = 10$) für Gebäude, bei denen auf Wärmeschutz auch nur geringer Wert gelegt wird, aus.

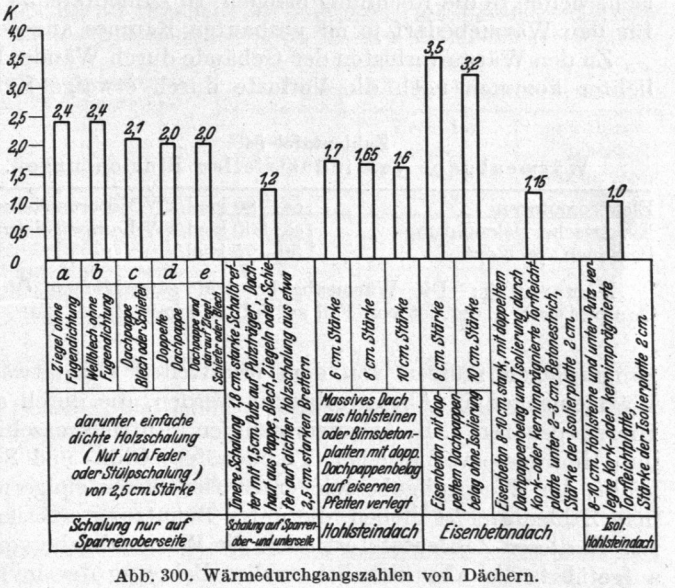


Abb. 300. Wärmedurchgangszahlen von Dächern.

In Abb. 300 sind auch die Wärmedurchgangszahlen für verschiedene Ausführungen von Dachkonstruktionen und Oberlichtern angegeben. Man sieht, daß auch hier eine wärmedichte (möglichst isolierte) Ausführung nutzbringend ist.

Im Siedlungsbau hat man in der Nachkriegszeit mehrfach Mißerfolge bei der Anwendung

neuzeitlicher Bauweisen mit besonderem Wärmeschutz der Wände und Decken gehabt. Wie Dr.-Ing. I. S. Cammerer[1] nachgewiesen hat, sind diese Mißerfolge jedoch darauf zurückzuführen, daß bei der Berechnung der Wärmeschutzwirkung der Feuchtigkeitsgehalt der Bau- und Isolierstoffe unzulässigerweise vernachlässigt worden ist. Man muß erfahrungsgemäß bei Ziegelmauerwerk und Sandsteinmauerwerk mit 0,5 bis 2 Vol.-%, bei Leichtbaustoffen für Innenwände und trockene Außenwände mit 5 Vol.-%, bei Leichtbaustoffen für normale Außenwände mit 10 Vol.-% Feuchtigkeit rechnen. Die in den Zahlentafeln bzw. Abbildungen angegebenen Wärmedurchgangszahlen sind bereits auf eine normale Feuchtigkeit bezogen.

Der Wärmebedarf eines Gebäudes wird gemäß vorstehenden Ausführungen von der Art der Bauausführung stark beeinflußt; darum ist es für eine wirtschaftliche — d. h. knappe, aber

Zahlentafel 53. Überschlagswerte für den Wärmebedarf je m³ umbauten Raumes bei einer Außentemperatur von —20° C.

	Fabriken kcal/m³, h		Bürogebäude kcal/m³, h
Bei einer Innentemperatur von	+ 15° C		+ 20° C
Freistehende Geschoßbauten			
mit einer Breite von 12—16 m	20		27
„ „ „ „ 16—20 m	18		25
„ „ „ „ 20—24 m	15		22
Flachbauten (Sheddach)	35		
Hallenbauten	m. Oberlicht	o. Oberlicht	
niedrige Bauten (bis 6 m mittlere Höhe)	35	30	
mittelhohe „ (6—12 m „ „)	28	25	
hohe „ (über 12 m „ „)	20	17	
Hallenanbauten	25		30

doch ausreichende — Dimensionierung der Heizungsanlage nicht angängig, mit Erfahrungswerten für den Wärmebedarf pro m³ umbauten Raumes zu rechnen. Lediglich für überschlägliche Berechnungen des voraussichtlichen Jahreswärmebedarfs oder dgl. können solche Werte zugrunde gelegt werden, da hierbei die übrigen Annahmen (z. B. die Heizdauer) schon große Unsicherheiten in die Rechnung bringen. In Zahlentafel 53 sind für diese Zwecke Überschlagswerte für den Wärmebedarf je m³ umbauten Raumes angegeben.

Zu den Wärmeverlusten der Gebäude durch Wände, Fenster, Türen, Tore, Dächer und Oberlichter kommen noch die Verluste durch etwaige Lüftungs- und Absaugungseinrichtungen. Die zusätzlichen Verluste dürfen keineswegs vernachlässigt werden, können sie doch in manchen Fällen ein Mehrfaches der übrigen Verluste ausmachen. Diese Verluste ergeben sich aus der Berechnung der Lüftungs- und Absaugungsanlagen.

Zahlentafel 54.
Wärmeabgabe von industriellen Einrichtungen.

Elektromotoren	ca. 80 kcal/kW Motorenleistung
Elektrische Beleuchtung	ca. 800 kcal/kW Lampenleistung
Personen, je Kopf	50—75 kcal/h.

Bemerkung: Die Wärmeabgabe von gewerblichen Öfen, Dampffässern u. dgl. ist von Fall zu Fall zu ermitteln.

Für die Bemessung der Heizungsanlagen müssen von dem ermittelten Gesamtwärmebedarf eines Gebäudes diejenigen Wärmemengen in Abzug gebracht werden, die durch andere Wärmequellen gedeckt werden. Hierzu gehören z. B. Arbeitsmaschinen, Antriebsmaschinen, Glühlampen, industrielle Dampf- und Heißwasserverbraucher, Trockenöfen, Glüh- und Schmelzöfen u. dgl. Es ist nicht immer leicht, die Wärmeabgabe solcher Einrichtungen einigermaßen genau zu ermitteln. Als Anhalt mag Zahlentafel 54 dienen, die unter Benutzung amerikanischer Veröffentlichungen aufgestellt ist. In dieser Zahlentafel ist auch die Wärmeabgabe von arbeitenden und ruhenden Menschen aufgeführt, die aber nur bei starker Belegung der in Frage kommenden Räume von Bedeutung ist.

[1] Siehe Bericht Nr. 2 der Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen. Berlin: Beuth-Verlag G.m.b.H. 1930.

Nach Abzug des durch andere Wärmequellen gedeckten Wärmebedarfes ergibt sich der Wärmebedarf, für den die Heizungsanlage zu bemessen ist. Die Ausführung der Heizungsanlage[1] kann im Fabrikbau nach folgenden Systemen erfolgen:

I. Örtliche Heizungen. α) *Eiserne Öfen.* In mittleren und großen Fabrikbetrieben findet man eiserne Öfen für Raumheizung nur noch selten. Feuersicherheit und Bedienungsfragen verbieten ihre Anwendung in größerem Umfange. Lediglich für Sonderfälle kann die Aufstellung eiserner Öfen empfohlen werden, so z. B. für Schuppen oder Werkstätten, die vom Hauptkomplex der Fabrikanlage sehr weit entfernt liegen und deren Anschluß an eine zentrale Heizungsanlage wirtschaftlich nicht gerechtfertigt erscheint. Auch für provisorische Heizung haben eiserne Öfen große Bedeutung; sie sind billig, schnell aufzustellen, gut regelbar und heizen die Räume schnell hoch. In hygienischer Beziehung sind sie selten einwandfrei, da ihre Oberflächentemperatur meist zu hoch ist und Staubverbrennungen unausbleiblich sind. Dazu kommt die Staub- und Rußbildung durch Brennstoff und Asche bei der Bedienung. Als Brennstoff kommen je nach der Bauart Torf, Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Steinkohle, Anthrazit und Koks in Frage. Für eine überschlägliche Berechnung der Ofenleistung kann man nach Brabbée[2] annehmen, daß 1 m² Ofenheizfläche im Dauerbetrieb

bei glatten Öfen . . . . . 1500—2000 kcal/h,
bei gerippten Öfen . . . . . 1000—1300 kcal/h.

abgibt, doch können die Öfen stark überlastet werden.

β) *Gasheizung.* Die direkte Gasheizung hat im Fabrikbetrieb wegen der Feuer-, Explosions- und Vergiftungsgefahr sowie wegen der im allgemeinen ziemlich hohen Kosten kaum Eingang gefunden. Die Regulierungsmöglichkeit ist gut, die Anlagekosten sind niedrig und der Betrieb ist sauber. Zu beachten ist, daß gesonderte Abzugsvorrichtungen für jeden Gasheizkörper vorhanden sein müssen. Vorschrift ist der Einbau sogenannter Zugunterbrecher in die Abzugsleitungen.

Nachstehend werden die von der Berliner Baupolizei erlassenen Richtlinien für die Aufstellung von Gasfeuerstätten und Geräten wiedergegeben; hieraus sind die Querschnitte der Abzugsleitungen ersichtlich.

I. Anschluß an die Gasleitung.

1. Gasfeuerstätten und -geräte wie Heizöfen, Herde, Warmwasserbereiter und gewerbliche Gasfeuerstätten, die ihren Standort nicht zu wechseln brauchen, sind fest und gasdicht an die Gasleitung anzuschließen.

2. Bei kleinen versetzbaren Kochern, Bratöfen, Bügeleisen im Haushalt und bei gasbeheizten Werkzeugen wie Lötkolben, Lötpistolen, Schweiß- und Schneidbrennern usw. können Schläuche verwendet werden, wenn vor ihnen in der festen Leitung ein Abschlußhahn, der bei Abstellung der Gasfeuerung geschlossen werden muß, angebracht ist und die Enden der Schläuche auf den Schlauchtüllen durch Schellen, Klammern oder ähnliche Vorrichtungen gegen Abrutschen gesichert sind.

3. Gasfeuerstätten mit besonderer Zündflamme müssen eine Verriegelung zwischen Brennerhahn und Zündflammenhahn besitzen.

II. Rohre für die Ableitung der Abgase (Abgasrohre).

1. Als Abgasrohr eignen sich Rohre aus verbleitem Blech[3], Aluminium sowie aus Formstücken von Asbestzement, Holzzement oder Ton, die durch Falze einwandfrei gedichtet sind. Am unteren Ende der Rohre aus Ton und aus Holzzement ist eine Vorrichtung zur Entnahme sich etwa ansammelnden Niederschlagwassers vorzusehen. Die Weiten der Abgasrohre sind der Zahlentafel 55 zu entnehmen.

Zahlentafel 55. Abgasrohre.

Minutliche Leistung kcal	Erforderlicher Querschnitt cm²	gewählter lichter Durchmesser cm
120	63	9
240	98	11
320	135	13
650	176	15

2. Bei quadratischem Querschnitt der Rohre muß die Seitenlänge gleich dem oben angegebenen Durchmesser sein.

3. Die Abgasrohre sind ohne genügende Isolierung nicht an oder in Außenwänden oder in kalten Dachböden zu verlegen.

III. Abführung der Abgase.

1. Die Verbindung zwischen Gasgerät und Schornstein muß möglichst kurz sein.

2. Es ist darauf hinzuwirken, daß für je 2 Gasfeuerstätten ein Schornstein von rund 200 cm² lichter Querschnitt (14 × 14) angelegt wird.

3. Die Abführung der Abgase von geschlossenen Gasherden, Brat- und Backschränken, Suppenkesseln, Wurst- und Schinkenkesseln, Lackier- und Trockenöfen, Brot- und Konditorbacköfen, Dampfkesseln usw. in

[1] Siehe auch Rietschel: Heiz- und Lüftungstechnik, 9. Aufl. von Dr.-Ing. H. Gröber. Berlin: Julius Springer 1930.

[2] Rietschel-Brabbée: Heiz- und Lüftungstechnik, 7. Aufl. Berlin: Julius Springer 1924.

[3] Nach dem Biegen verbleit.

gewerblichen Betrieben in Schornsteine ist anzustreben. Ist dies unmöglich, so ist für eine ausreichende Belüftung und Entlüftung der Arbeitsräume zu sorgen.

4. Badeöfen und alle größeren Wassererhitzer, wozu auch die Warmwasserautomaten für ganze Gebäude oder einzelne Stockwerke gehören, sind ausnahmslos an Schornsteine anzuschließen.

5. Bei sehr kleinen Badezimmern empfiehlt sich die Aufstellung der Gasbadeöfen oder der Stromautomaten in einem Nebenraum, z. B. der Küche oder dem Flur, sofern dadurch die Warmwasserleitung nicht übermäßig verlängert wird.

6. Werden Badeöfen oder überhaupt Warmwasserbereiter in Badezimmern aufgestellt, so ist nicht nur für die Abführung der Verbrennungsgase, sondern auch für die Zuführung frischer Luft zum Baderaum zu sorgen. Da ein Gasbadeofen zur Verbrennung des für ein Vollbad notwendigen Gases in 15 bis 20 Minuten mindestens 6 m^3 Luft braucht, sind mindestens unten an der Tür Schlitze oder Löcher anzubringen, die so gelegen sein müssen, daß sie nicht verstopft werden.

7. Keines Abzuges bedürfen wegen ihres geringen und vorübergehenden Gasverbrauches die unter I, 2 aufgeführten Gasfeuerstätten und -geräte. Ebenso bedürfen keines Abzuges Vorratserwärmer bis zu 10 l Wasserinhalt, sowie kleinere Durchflußerwärmer bis zu 130 kcal minutlicher Leistung, sofern sie nur minutenweise betrieben werden und in gut entlüftbaren Räumen untergebracht sind.

8. Die Gasschornsteine brauchen nicht bis über Dach geführt werden, sondern dürfen in einen unbenutzten, gut entlüfteten Dachraum münden, wenn Gewähr gegeben ist, daß ihre Ausmündung nicht verstopft werden kann.

9. In Ergänzung des Runderlasses des Ministers für Volkswohlfahrt vom 26. Januar 1929 — II, V 1064 — (Volkswohlfahrt S. 139) wird für bestehende Gebäude folgendes bemerkt:

Ist bei bestehenden Gebäuden ein freies Schornsteinrohr nicht vorhanden und kann nach Angabe des Bezirksschornsteinfegers durch Verlegen der Anschlüsse ein Schornsteinrohr nicht freigemacht werden, so kann die Einführung der Abgase dieser Gasfeuerstätten in Schornsteine, an die schon Kohlenfeuerstätten — jedoch höchstens zwei — angeschlossen sind, ausnahmsweise und auf Widerruf zugelassen werden. Befinden sich die Kohlenfeuerstätten im unmittelbar darunter- oder darüberliegenden Stockwerk, so ist der Anschluß der Gasfeuerstätten nur zulässig, wenn eine örtliche Untersuchung dies unbedenklich erscheinen läßt. Der Anschluß von Gas- und Kohlenfeuerstätten des gleichen Stockwerkes an einen gemeinsamen Schornstein ist unzulässig.

An einen von keiner Kohlenfeuerstätte beanspruchten Schornstein dürfen in der Regel nicht mehr als zwei Gasheizöfen oder drei Badeöfen usw., und wenn in den Schornstein bereits eine Kohlenfeuerung eingeführt ist, nicht mehr als ein Gasheizofen oder zwei Badeöfen usw. angeschlossen werden.

Die Abführung der Abgase von geschlossenen Gasherden usw. (III Ziff. 3) ist in bestehenden Gebäuden auch an ein von keiner Kohlenfeuerstätte beanspruchtes Schornsteinrohr zulässig.

Besteigbare Schornsteine dürfen für die Gasableitung nicht benutzt werden.

IV. Rückstromsicherung.

Ausmündungen der Abgasrohre durch die Außenwand ins Freie sind tunlichst zu vermeiden. Erfolgt diese Ausführung, so sind zur Unschädlichmachung der Windstöße in der senkrechten Strecke des inneren Abgasrohres Rückstromsicherungen anzubringen, sofern die Gasfeuerstätten (Heizöfen, Badeöfen usw.) sie nicht bereits besitzen. Sie können bei Abgasrohren und Schornsteinen, die über Dach führen, gefordert werden, wenn infolge der Lage des Hauses zu Nachbargebäuden, Anhöhen, hohen Bäumen usw. durch Windstöße die Flammen zum Erlöschen gebracht werden könnten. An Stelle der Rückstromsicherungen sind auch sicher wirkende Windschutzhauben (Schornsteinaufsätze), die nicht im Gebiete des ruhenden Winddruckes liegen dürfen, zulässig.

V. Weitergehende Bestimmungen.

Für Theater, öffentliche Versammlungsräume, Zirkusanlagen, Lichtspieltheater, Waren- und Geschäftshäuser, sowie feuergefährliche Betriebe sind außerdem die hierfür geltenden Einzelvorschriften zu beachten.

Für die Berechnung der Heizleistung von Gasöfen kann überschläglich mit einem Wirkungsgrad von 75 bis 85% gerechnet werden.

Indirekt läßt sich die Gasheizung dadurch anwenden, daß die Kessel einer Zentral- oder Fernheizungsanlage mit Gas beheizt werden. Auf Hüttenwerken, die mit niedrigen Gaskosten rechnen können, sind diese Ausführungen vielfach angewandt. Durch die Einführung der Ferngasversorgung wird hoffentlich ein starker Impuls zur Senkung der Gaspreise auch für andere Verbraucher gegeben, so daß dann die indirekte Gasheizung mit ihren unverkennbaren Vorzügen (anpassungsfähig, betriebsbereit, sauber, wenig Bedienung) größere Verbreitung finden dürfte.

γ) *Elektrische Heizung.* Im allgemeinen ist für Heizungen die hochwertige elektrische Energie zu teuer, um in die minderwertigere Energieform der Wärme umgewandelt zu werden. Die elektrische Raumheizung kommt daher für Fabrikgebäude nur in besonders gelagerten Fällen in Betracht, so, wenn ein außerordentlich günstiger Stromtarif den Bezug von billigem Heizstrom ermöglicht oder wenn Wasserkraftanlagen überschüssige Energiemengen für Heizzwecke verfügbar haben. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, eine zentrale Heizungsanlage durch Elektrokessel zu versorgen, doch gehen damit die eigentlichen technischen Vorteile der elektrischen Heizung wieder verloren. Wenn man sich im Ausnahmefall für elektrische Raumheizung entschließt, dann ist die örtliche Aufstellung von elektrischen Heizkörpern vorzuziehen, da hierbei

alle Rohrleitungsanlagen usw. in Fortfall kommen. Allerdings sind statt dessen die Verteilungskabelnetze entsprechend stärker zu bemessen, da der Strombedarf elektrischer Heizanlagen beträchtlich ist. Die Ausführung der Heizkörper kann als Widerstandsheizkörper, als Strahlofen mit Heizlampen (beide wegen der hohen Temperaturen hygienisch unerwünscht) oder als Warmwasserheizkörper mit eingebauter Heizpatrone erfolgen. Auch können Luftheizapparate (siehe weiter unten) mit elektrischer Heizung versehen werden.

Für die Berechnung elektrischer Heizanlagen gilt die Formel

$$Q = 860 \cdot \eta \cdot L ,$$

worin bedeuten

Q = den Wärmebedarf in kcal/h,
L = die erforderliche elektrische Leistung in kW,
η = den Wirkungsgrad der Heizung (95 bis 99%).

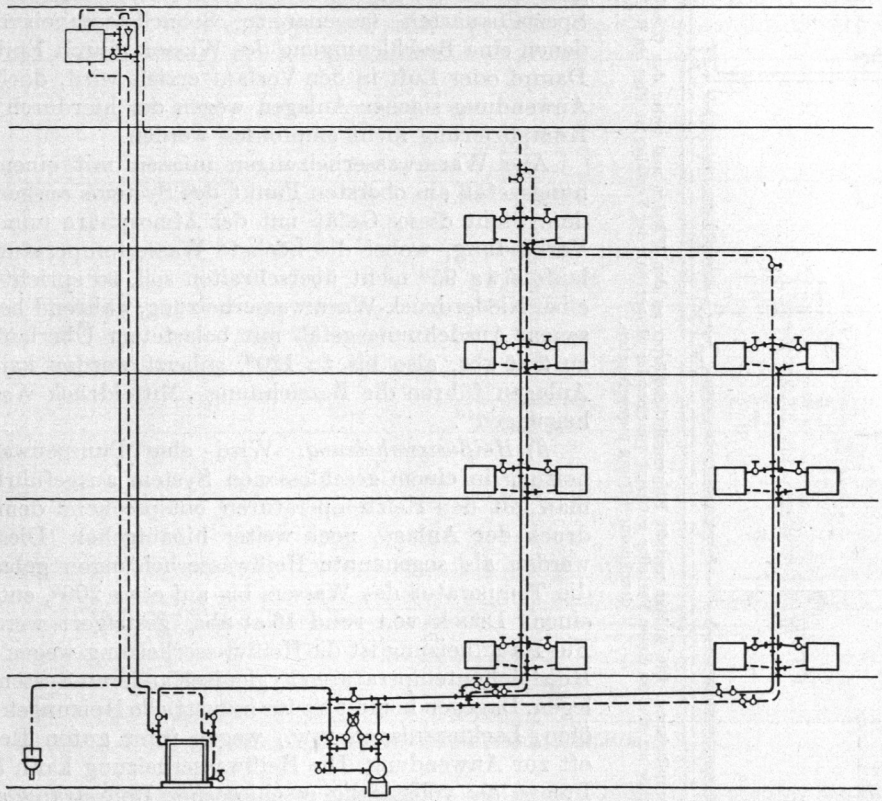


Abb. 301. Schema einer Pumpen-Warmwasserheizung.

II. Zentralheizungen. α) *Warmwasserheizung.* Die hygienisch einwandfreieste Form der gebräuchlichen Zentralheizungssysteme ist die Warmwasserheizung. Die verhältnismäßig niedrigen Oberflächentemperaturen dieser Heizungsart vermeiden Staubverbrennungen, wie sie bei anderen Systemen unausbleiblich sind. Die Warmwasserheizung ist zentral sehr gut regelbar, indem man die Vorlauftemperatur der Witterung anpaßt. Andererseits ist als Nachteil die thermische Trägheit der Wassermassen zu nennen, die eine längere Anheizdauer, besonders bei ausgedehnten Anlagen notwendig macht. Für Fabrikanlagen kommt hinzu, daß bei Stillstand der Werksanlagen strenge Kälte eine Einfriergefahr mit sich bringt. Ist öfter mit Umänderungen und Umbauten, wie sie im Fabrikbetrieb nicht zu vermeiden sind, zu rechnen, so gesellt sich als weiterer Nachteil die Empfindlichkeit des Systems gegen Entleeren der Anlage von Heizwasser und Neuauffüllen mit frischem Wasser hinzu. Eine öftere Erneuerung des Wasserinhalts bringt nämlich eine starke Schlamm- und Steinablagerung im ganzen Heizungssystem mit sich. Eine ausgedehnte Heizungsanlage mußte aus diesem Grund nach 15jähriger Betriebszeit gründlich erneuert werden, womit man die Umstellung der Anlage auf Dampfheizung verband.

Für Bürogebäude, Laboratorien oder dgl. ist die Warmwasserheizung wegen ihrer hygienischen Vorzüge und wegen ihrer Geräuschlosigkeit das gegebene Zentralheizungssystem. Die Warmwasserheizung kann als Schwerkraftheizung (Auftriebsheizung) oder als Pumpenheizung ausgeführt werden. Zweckmäßig ist die Anwendung des sogenannten Zweirohrsystems entweder mit oberer oder mit unterer Verteilung. Für größere Anlagen, die waagerecht weit verzweigt sind, kommt bei zentraler Anordnung der Kesselanlage meistens nur die Pumpenheizung in Frage (siehe Abb. 301). Bei Anordnung einer Pumpenheizung ist es z. B. auch möglich, Räume, die tiefer liegen als der Kessel, zu versorgen, während dies bei einer Schwerkraftheizung naturgemäß nicht möglich ist. Es gibt allerdings auch hierfür Spezialbauarten (sogenannte Schnellstromheizungen), bei denen eine Beschleunigung des Wassers durch Einblasen von Dampf oder Luft in den Vorlauf erzielt wird, doch kann die Anwendung solcher Anlagen wegen der hierdurch bedingten Komplizierung nicht empfohlen werden.

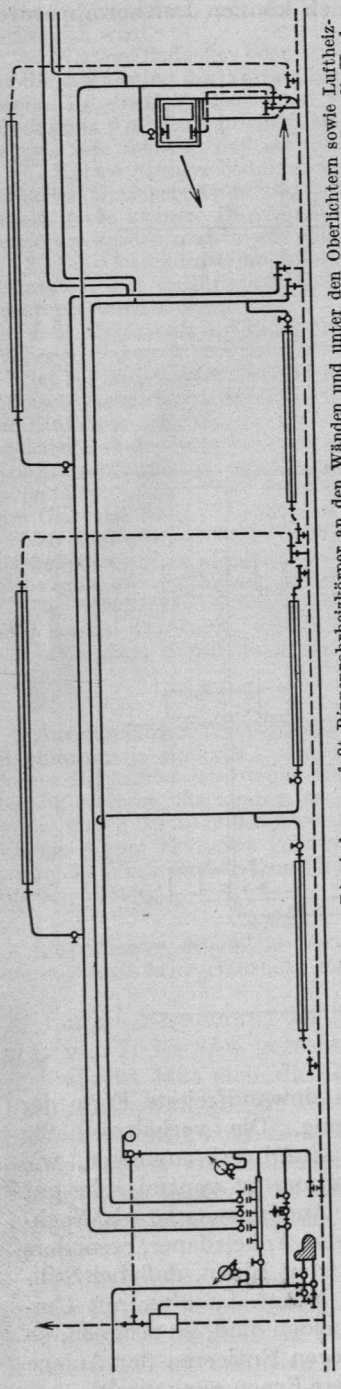


Abb. 302. Schema einer Mitteldruckdampfheizung. Die Anlage umfaßt Rippenrohrheizkörper an den Wänden und unter den Oberlichtern sowie Luftheizapparate; diese drei Gruppen von Heizflächen sind an einem Verteiler getrennt voneinander absperrbar; der Verteiler ist über ein Reduzierventil an die Hochdruckdampfleitung angeschlossen.

Alle Warmwasserheizungen müssen mit einem Ausdehnungsgefäß am obersten Punkt des Systems ausgerüstet werden. Steht dieses Gefäß mit der Atmosphäre unmittelbar in Verbindung, wobei die höchste Wassertemperatur des Vorlaufs etwa 95° nicht überschreiten soll, so spricht man von einer Niederdruck-Warmwasserheizung, während bei geschlossenem Ausdehnungsgefäß mit belastetem Überlaufventil bis zu 2 at abs, also bis zu 120°, geheizt werden kann. Solche Anlagen führen die Bezeichnung „Mitteldruck-Warmwasserheizungen".

β) *Heißwasserheizung.* Wird eine Pumpenwarmwasserheizung in einem geschlossenen System ausgeführt, so kann man mit den Heiztemperaturen, entsprechend dem Betriebsdruck der Anlage, noch weiter hinaufgehen. Diese Anlagen werden als sogenannte Heißwasserheizungen gebaut, wobei die Temperatur des Wassers bis auf etwa 200°, entsprechend einem Druck von rund 16 at abs, gesteigert werden kann. Für Raumheizung ist die Heißwasserheizung wegen der hohen Heizflächentemperaturen hygienisch anderen Systemen unterlegen. Dagegen kommt sie für industrielle Heizungen (Trockenöfen, Lackieranlagen usw.) wegen ihrer guten Regelbarkeit oft zur Anwendung. Die Heißwasserheizung kann auch ohne Pumpe als vollständig geschlossener Rohrstrang ausgeführt werden, bei dem ein Teil des Rohrstranges im Feuer liegt und somit als Kessel anzusprechen ist, während der übrige Teil der Rohrleitungen die Verteilung bzw. die Heizkörper bildet. Gebräuchlicher ist heute die Ausführung von Pumpenheißwasserheizungen, bei denen das Heißwasser aus einem normalen Dampfkessel entnommen wird. Grundsätzlich haften der Heißwasserheizung neben dem hygienischen Nachteil die gleichen Nachteile wie der Warmwasserheizung an (Einfriergefahr, Trägheit). Ein wesentlicher Vorteil der Heißwasserheizung gegenüber den Hochdruck- und Mitteldruckdampfheizungen ist der Fortfall der Kondenswasserableitungen und die bequeme zentrale Regelbarkeit; andererseits ist für weit verzweite Industrieanlagen die Heißwasserheizung zu schwerfällig, da sich eine etwa erforderliche Abstufung der Heiztemperaturen für verschiedene Wärmeverbraucher nur auf umständliche Art und Weise erreichen läßt. Auch ist bei ausgedehnten Anlagen mit verschiedenen Heiztemperaturen eine geordnete Rückführung des Wassers zur Kesselanlage erschwert.

γ) *Dampfheizung.* Für alle Fälle, in denen die Heizungsanlage nicht ununterbrochen betrieben wird, sondern nur in ein oder zwei Schichten täglich, ist die Dampfheizung wegen der raschen Erwärmung und schnellen Abkühlung nach Abstellen der Anlage sowie wegen stark verringerter Einfriergefahr den Warm- und Heißwasserheizungen überlegen. Für Fabrikanlagen kommt also diese Heizungsart hauptsächlich zur Anwendung. Sie hat außerdem den Vorteil, daß sich die Rohrleitungen beliebig führen lassen und daß die Anlagekosten niedriger sind als bei anderen Systemen. Man unterscheidet:

1. Hoch- und Mitteldruckdampfheizungen,
2. Niederdruckdampfheizungen,
3. Vakuumheizungen.

Die Hoch- und Mitteldruckdampfheizungen arbeiten mit Oberflächentemperaturen von 120° und mehr, sind also in hygienischer Beziehung ebenfalls nicht einwandfrei. Außerdem läßt sich die Wärmeabgabe der Heizkörper nur schlecht regeln, die Kondensatableiter erfordern eine

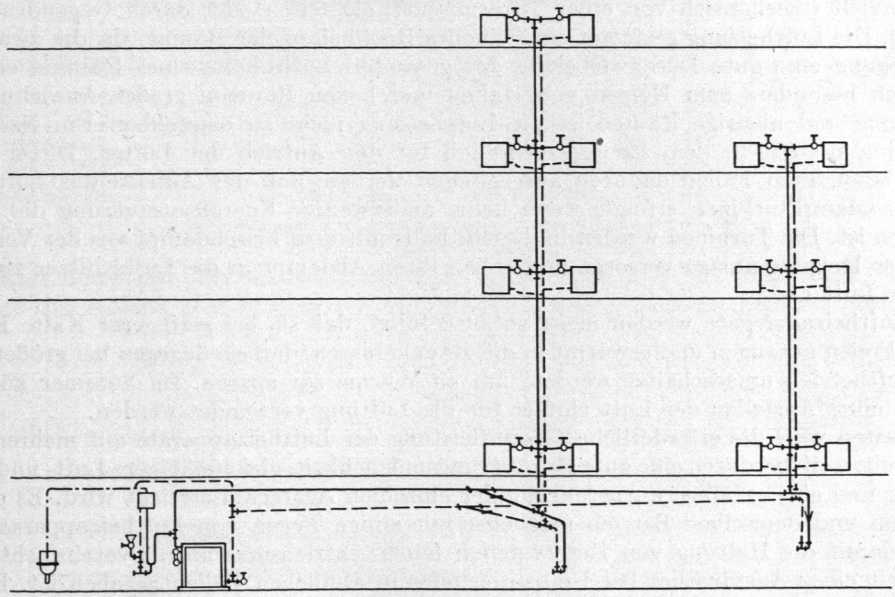


Abb. 303. Schema einer Niederdruckdampfheizung.

dauernde Wartung. Wasserschläge und Geräusche sind unausbleiblich. Wegen der bequemen Fernübertragung finden solche Heizungen dennoch in Fabrikbetrieben Anwendung. Man sollte aber von Hochdruckheizungen ganz absehen und höchstens Mitteldruckheizungen mit etwa 2 bis 3 at abs Betriebsdruck wählen, schon mit Rücksicht auf eine etwaige Kupplung von Kraft- und Heizwirtschaft, wobei immer ein möglichst niedriger Heizungsdruck von Vorteil für die Krafterzeugung ist. Das gebräuchliche System einer Mitteldruckdampfheizung ist aus Abb. 302 ersichtlich.

Die Niederdruckdampfheizungen arbeiten mit Drücken von 1,05 bis 1,20 at abs. Der höchstzulässige Druck beträgt 1,50 at abs, da bei Überschreitung dieses Druckes die Kessel der Heizungsanlagen den gesetzlichen Bestimmungen für Hochdruckkessel unterliegen. Die schematische Anordnung der Niederdruckdampfheizung ist aus Abb. 303 ersichtlich. Die Heizkörper der Niederdruckdampfheizungen lassen sich durch doppelt einstellbare Regulierventile fein regulieren.

Vakuumheizungen sind solche Heizungen, die mit Drücken unter dem Atmosphärendruck arbeiten oder Warmwasserheizungen, bei denen als Wärmeerzeuger ein zu einer Dampfmaschinenanlage gehöriger Oberflächenkondensator dient. Bei Vakuumdampfheizungen erhalten die Rohrleitungen und Heizflächen sehr große Querschnitte, wodurch die Anlagekosten außerordentlich erhöht werden. Trotz sorgfältiger Ausführungen sind Undichtigkeiten und damit Vakuumverluste unvermeidlich. Die Regulierfähigkeit solcher Anlagen ist beschränkt.

δ) *Dampf-Warmwasserheizung.* Bei diesem Heizungssystem wird der Kessel der Warmwasserheizungsanlage durch einen Gegenstromapparat oder Boiler ersetzt, der mit Dampf evtl. auch mit Heißwasser beheizt wird. Solche Heizungen finden Anwendung, wenn in einer Fabrikanlage, die im übrigen mit Hochdruck- oder Niederdruckdampf arbeitet, aus besonderen Gründen, z. B. für Laboratorien oder Büros eine geräuschlose, hygienisch einwandfreie Warmwasserheizung benötigt wird und wenn hierfür aus wärmewirtschaftlichen oder betriebstechnischen Gründen keine eigene Kesselanlage aufgestellt werden soll. Natürlich läßt sich eine Dampf-Warmwasserheizung auch mit einer normalen Warmwasserheizung derart kombinieren, daß für Reservezwecke und für den Fall des Stillstandes der Fabrikheizung ein normaler Warmwasserkessel abschaltbar an die Warmwasserheizung angeschlossen wird. Die Anlage kann dann je nach Bedarf wechselweise mit dem Gegenstromapparat oder mit dem Kessel betrieben werden.

ε) *Luftheizung.* Die Luftheizung wird dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmeträger heiße Luft dient, die in Luftheizapparaten auf die erforderliche Temperatur erwärmt wird. Die Erwärmung kann in Lufterhitzern mit Dampf-, Warmwasser- oder Heißwasserheizung oder in besonderen feuer-, gas- oder abgasbeheizten, schließlich auch in elektrischen Erhitzern erfolgen.

Die Luftbewegung wird in allen Fällen am besten durch Lüfter (Ventilatoren) mit Kraftantrieb erzielt (mechanisch von einer Transmission, elektrisch oder durch Gegendruckdampfturbinen). Die Luftheizung gestattet ein schnelles Hochheizen der Räume, da die zwangläufige Luftbewegung eine gute Durchwirbelung des gesamten Luftinhalts eines Raumes ergibt. Sie eignet sich besonders zum Heizen von Hallen und hohen Räumen großer Ausdehnung. Für Einzelräume und niedrige Räume ist die Luftheizung nicht zu empfehlen. Ein Nachteil der Luftheizung besteht in dem Energieverbrauch für den Antrieb der Lüfter. Dieser Nachteil kann in besonderen Fällen dadurch ausgeglichen werden, daß der Antrieb der Lüfter durch Gegendruckdampfturbinen erfolgt, wenn keine anderweitige Energieausnutzung des Dampfes vorgesehen ist. Die Turbinen werden in diesem Falle mit dem Frischdampf aus der Verteilungsleitung der Heizungsanlage versorgt und geben ihren Abdampf in die Lufterhitzer zur Erwärmung der Luft ab.

Die Luftheizaggregate werden meist so ausgeführt, daß sie bei geringerer Kälte Frischluft aus dem Freien ansaugen und erwärmt in die Räume blasen, daß sie dagegen bei größerer Kälte auf Umluftbetrieb umgeschaltet werden, um an Wärme zur sparen. Im Sommer können die Apparate ohne Anstellen der Lufterhitzer für die Lüftung verwendet werden.

Am besten wird die erforderliche Gesamtleistung der Luftheizapparate auf mehrere Aggregate verteilt, weil hierdurch eine gute Regulierungsmöglichkeit, gleichmäßigere Luft- und Wärmeverteilung und eine gefälligere Ausführung der einzelnen Aggregate erreicht wird. Es empfiehlt sich, in ein und demselben Betrieb möglichst nur einige Typen von Luftheizapparaten anzuwenden, damit die Haltung von Reserveteilen (auch Antriebsmaschinen) vereinfacht und die Möglichkeit eines Austausches bei Umbauten oder in ähnlichen Fällen gegeben ist. Es dürfte vielfach genügen, wenn man die Leistungen der Luftheizapparate folgendermaßen abstuft:

25000 kcal/h
50000 kcal/h
75000 kcal/h
100000 kcal/h
} (Abb. 304a und 304b)

Wo heiße Abgase von Kesseln oder gewerblichen Öfen zur Verfügung stehen, kann man mit Vorteil den Wärmeinhalt der Abgase für die Raumheizung nutzbar machen. Es ist hierfür nur erforderlich, einen Lufterhitzer in den Rauchgasfuchs einzubauen und durch diesen Erhitzer und eine anschließende Verteilungsleitung Luft in den zu erwärmenden Raum zu blasen. Die Lufterhitzer können als Plattenlufterhitzer oder Röhrenlufterhitzer gebaut werden. Abb. 305 zeigt eine derartige Anlage, bei der die Abgase eines Dampfkessels in einem Plattenlufterhitzer zur Raumheizung ausgenutzt werden. Zur Förderung der Luft dient ein Ventilator, der durch eine kleine Gegendruckturbine angetrieben wird. Der Abdampf der Turbine wird in der Bürodampfheizung ausgenutzt. Die Turbine treibt gleichzeitig einen zweiten Ventilator zur Verstärkung des Schornsteinzuges an, da durch den Einbau eines Lufterhitzers der Zugbedarf der Kesselanlage vergrößert wird. Zu beachten ist ferner, daß die Rauchgase der Kessel im Lufterhitzer auch bei künstlichem Zug nicht zu tief herabgekühlt werden dürfen, da andernfalls mit Taubildung und Korrosionen zu rechnen ist[1].

[1] Siehe unter „Schornsteine" im Kapitel „Energieversorgung".

Die Abmessungen der Lufterhitzer richten sich nach den Betriebsverhältnissen der Anlagen; Normen lassen sich daher hierfür nicht aufstellen.

In Sonderfällen ist es auch möglich und zweckmäßig, besondere Feuerungen für die

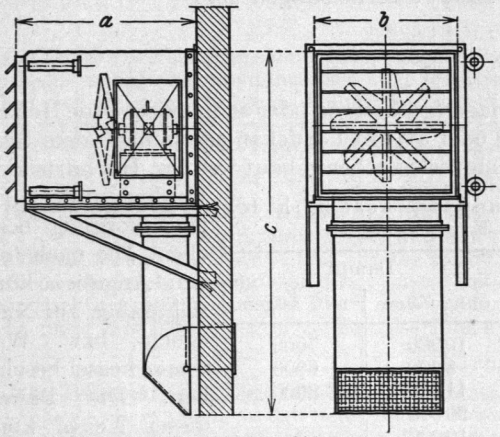


Abb. 304a.

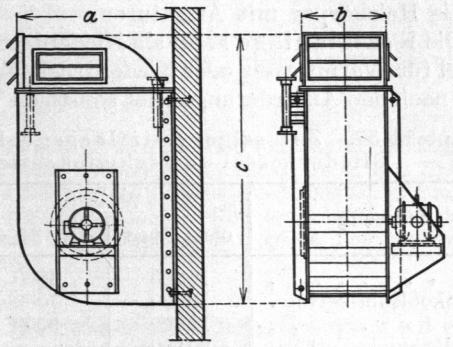


Abb. 304b.

Leistung	Ausführung A			Ausführung B		
	a	*b*	*c*	*a*	*b*	*c*
25000 kcal/h	820	500	2600	675	310	1400
50000 kcal/h	900	710	2700	875	460	1500
75000 kcal/h	1000	820	2800	975	565	1700
100000 kcal/h	1100	870	2900	1085	615	1800

Abb. 304a und b. Abmessungen von Luftheizapparaten (in mm).

Lufterhitzer derartiger Luftheizungen zu bauen. Dies trifft z. B. für Sägewerke oder dgl. zu, bei denen die Abfälle der Fabrikation zur Heizung direkt nutzbar gemacht werden sollen.

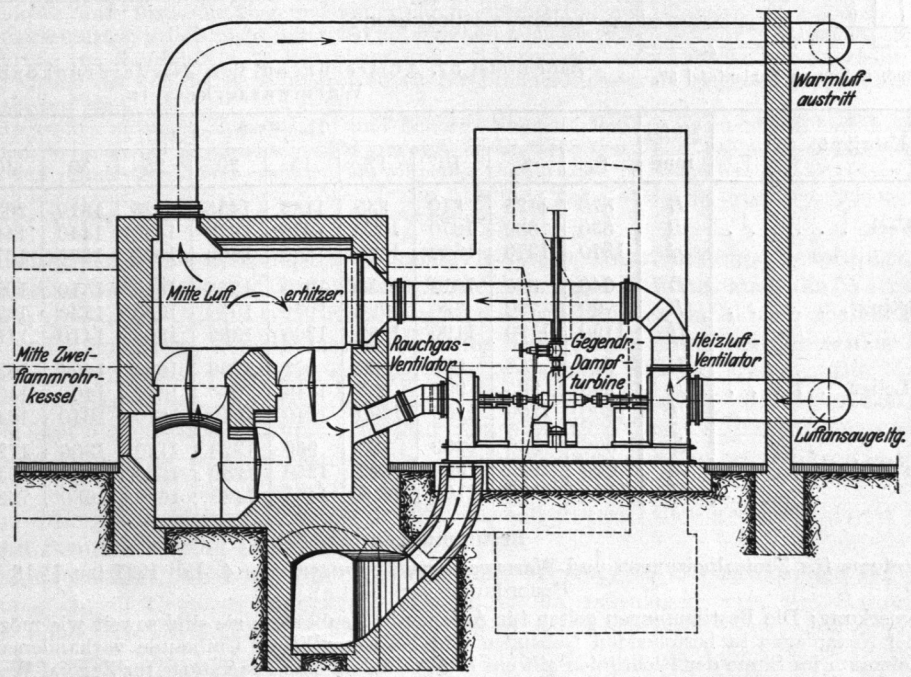


Abb. 305. Die Abgase eines Flammrohrkessels können durch einen Lufterhitzer für den Betrieb einer Luftheizungsanlage ausgenutzt werden.

Aus Gründen der Hygiene und der Feuersicherheit dürfte aber im allgemeinen die Verbrennung solcher Abfälle in Kesselfeuerungen und die Anwendung von Dampf- oder Warmwasser- bzw. Heißwasser-Luftheizungen vorzuziehen sein.

Die Angaben über die Ausführung von Heizungsanlagen können sich auf die üblichen Zentralheizungssysteme beschränken, da die sonstigen Heizungsarten Sonderfälle darstellen. Die Elemente der Dampf-, Warmwasser- und Heißwasserheizungen sind

die Kesselanlagen,
die Rohrleitungsanlagen,
die Heizkörper mit Armaturen.

Die Kesselanlage kann als Niederdruckanlage (gußeiserne oder schmiedeeiserne Heizungskessel für Warmwasser oder Niederdruckdampf) oder als Hochdruckanlage je nach dem System oder nach den Anforderungen der sonstigen Wärmeverbraucher gebaut werden. Hochdruckkessel werden unter „Energieversorgung" besprochen. Die nachstehenden Angaben können sich daher auf Niederdruck- bzw. Warmwasserkessel beschränken. Die Bauarten dieser Kessel können als bekannt vorausgesetzt werden. Übrigens enthalten die Kataloge der namhaften Heizungsfirma meistens ausführliche Beschreibungen. Wichtig ist lediglich die Angabe der zulässigen Kesselheizflächenbelastungen (siehe Zahlentafel 56) und die Angabe einiger Kesselgrößen, wie sie im Fabrikbau vorwiegend Anwendung finden (siehe Zahlentafel 57).

Zahlentafel 56. Zulässige Heizflächenbelastung in kcal/m², h für Gliederkessel und schmiedeeiserne Kleinkessel.

Feuerung	Wasser		Dampf	
	ohne Züge	mit Zügen	ohne Züge	mit Zügen
Koks	12000	8000	10000	7000
Braunkohlenbriketts	10000	7000	8000	6000
Öl	12000	9000	11000	8000
Gas (Röhrenkessel)	20000		20000	
Gas (Kleinkessel)	10000		10000	

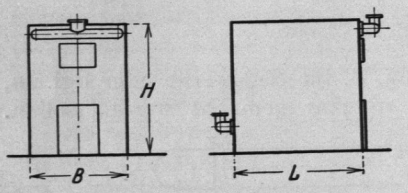


Abb. 306. Skizze zu Zahlentafel 57.

Derartige Kessel können unter bewohnten Räumen, also auch im Keller oder Erdgeschoß von Fabrikräumen aufgestellt werden. Bei der Aufstellung und beim Anschluß an Schornsteine sind folgende behördliche Vorschriften, die ihrer Wichtigkeit wegen ungekürzt wiedergegeben werden sollen, zu beachten:

Zahlentafel 57. Abmessungen von Niederdruckdampf- und Warmwasserkesseln.

Fabrikat	Maße mm	Heizfläche ca. m²									
		6	8	10	12	15	20	25	30	40	50
Strebel-Werk	L	875	1125	810	935	1185	1435	1326	1610	2036	
	B	630	630	1070	1070	1070	1070	1440	1440	1440	
	H	1370	1370	1600	1600	1600	1600	1675	1675	1675	
Gebr. Körting	L	640	885	1010	1135	1080	1255	1630	1510	1920	2325
	B	790	790	790	790	1050	1050	1050	1330	1330	1330
	H	1190	1190	1190	1190	1360	1360	1360	1410	1410	1410
Buderus-Lollar	L	640	756	972	1080	972	1296	1620	1404	1836	2052
	B	905	905	905	905	1040	1040	1040	1400	1400	1400
	H	1200	1200	1200	1200	1640	1640	1640	1640	1640	1640
Nationale Rad.-Ges.	L	600	960	1200	720	960	1320	1120	1360	1720	1960
	B	925	925	925	1250	1250	1250	1530	1530	1530	1530
	H	1165	1165	1165	1485	1485	1485	1680	1680	1680	1680

Bestimmungen

über Heizräume für Zentralheizungen und Warmwasserversorgungen vom 4. Juli 1927 (zu §§ 18 bis 20 der Bauordnung von Berlin).

Vorbemerkung: Die Bestimmungen gelten für Anlagen in Neubauten; sie sind soweit wie möglich anzuwenden bei Neuanlagen in bestehenden Gebäuden und bei wesentlichen Umbauten vorhandener Anlagen.

Als Heizraum im Sinne der Richtlinien gilt ein Raum, in dem eine Feuerstätte für Zentral-Warmwasserheizung, Warmwasserversorgung, Heißwasserheizung, Niederdruckdampfheizung oder Luftheizung aufgestellt ist.

Ausgänge.

1. Der Heizraum ist mit mindestens zwei möglichst entgegengesetzt liegenden Ausgängen zu versehen. Als Notausgang genügt ein Ausstieg durch ein Fenster mittels Steigeeisen. Bei Großanlagen muß einer der beiden Ausgänge ins Freie führen.

Die Türen müssen feuerhemmend hergestellt sein, nach außen aufgehen und selbsttätig schließen.

Fenster.

2. Der Heizraum muß durch Fenster mit der Außenluft in Verbindung stehen. Die Fenster sollen in handlicher Höhe zu öffnen sein, wenn möglich durch Kippflügel.

Decken und Wände.

3. Die Decke des Heizraumes und seiner Nebenräume ist durch Anstrich (z. B. Wasserglas) gasdicht herzustellen; Rohr- und Kabeldurchführungen sind sorgsam abzudichten.

Neben dem Heizraum belegene Wohnräume, gewerbliche Werkstätten und dergleichen müssen von dem Heizraum durch mindestens 25 cm starke, gemauerte oder gleicherweise feuerfeste Wände abgeschlossen sein; eine Verbindung, etwa durch Fenster oder Türen, ist unzulässig.

Zu- und Abluft.

4. Der Heizraum ist mit einer oberen Abluftöffnung, die bei natürlichem Auftrieb einen freien Querschnitt von 25% des Schornsteinquerschnittes hat, und einer über dem Fußboden[1] möglichst hinter den Kesseln einmündenden, unverschließbaren Zuluftöffnung von 50% des Schornsteinquerschnittes zu versehen. Um den erforderlichen Auftrieb im Abluftkanal zu sichern, soll dieser möglichst in der Nähe des Schornsteins liegen und über Dachfirst ausmünden. Die Zuluft muß aus dem Freien entnommen werden, jedoch nicht an Stellen, die dicht unter den Öffnungen zu Aufenthaltsräumen liegen.

Schornsteine.

5. Jede Feuerstätte der Zentralheizung, der zentralen Warmwasser- und Dampfversorgung soll einen eigenen Schornstein erhalten, an den weder andere Feuerstätten angeschlossen noch Entlüftungseinrichtungen angebracht werden. Eine Zusammenfassung mehrerer in einem Raum untergebrachten Feuerstätten der Zentralheizungs- usw. Anlagen zu einzelnen Gruppen mit je einem Schornstein ist zulässig. Dabei ist im Betrieb jedoch darauf zu achten, daß der einzelne Schornstein nach Möglichkeit voll beansprucht wird. Die Türen der nicht betriebenen Feuerstätten müssen geschlossen gehalten werden.

Die Schornsteine sollen an Innenwänden des Heizraumes liegen und sind an ihrem Fuße mit einem Aschensack von mindestens 0,12 m Tiefe zu versehen.

Rauchzüge.

6. Das Mauerwerk der Feuerstätten, Rauchkanäle und Schornsteine ist dicht herzustellen und dauernd dicht zu erhalten. Putzdeckel, Pyrometerhülsen u. dgl. müssen luftdicht schließen. Rauchkanäle dürfen nicht feucht liegen, ihre Reinigungsöffnungen müssen jederzeit zugänglich sein.

Rauchkanäle und Rauchrohr müssen auf dem kürzesten Wege mit Steigung und ohne scharfe Krümmungen nach dem Schornstein zu geführt werden.

Rauchschieber und Drosselklappen müssen in ihrem oberen Teil mit Abzugsöffnungen gleich 3% des Schornsteinquerschnittes, jedoch nicht unter 20 cm² versehen sein. Einrichtungen zur Regelung des Zuges, die durch Einführung von Nebenluft in die Rauchkanäle oder Schornsteine wirken, dürfen nur eingebaut werden, wenn sie auf Grund der von der Arbeitsgemeinschaft für Brennstoffersparnis aufgestellten Richtlinien zum Einbau zugelassen sind.

Verbindungsrohre zwischen Feuerstätten und Schornsteinen dürfen nur dann aus Schmiedeeisen hergestellt werden, wenn sie bei Lichtweite bis 200 mm eine Wandstärke von 3 mm, bei größerer Lichtweite eine Wandstärke von mindestens 5 mm erhalten, um schnelles Durchrosten zu verhüten. Aus letzterem Grunde sind statt schmiedeeiserner Verbindungsrohre für die Ableitung der Rauchgase möglichst Schamotterohre und gußeiserne Muffen- oder Flanschenrohre zu verwenden.

Die gußeisernen Zentralheizungskessel haben meistens Koksfeuerung. Neuerdings findet auch Gasheizung und Ölheizung in stärkerem Maße Anwendung. Wenn auch die Wärmepreise dieser Brennstoffe höher liegen als bei Koksfeuerung, so ergeben sich im Betrieb doch erhebliche technische und hygienische Vorteile insofern, als die Bedienung außerordentlich sauber ist und die Kessel leicht mit einer selbsttätigen Regelung ausgerüstet werden können. Die Regelung beeinflußt in Abhängigkeit von der Temperatur der beheizten Räume die Brennstoffzufuhr, so daß sich eine gleichmäßige Raumtemperatur und eine gute Brennstoffausnutzung ergeben. Für Gas- und Ölheizung werden zweckmäßig besondere Kesselbauarten (Röhrenkessel) verwendet. Abb. 307 bis 309 zeigen solche Ausführungen.

Die Anordnung von Heizungskesseln in Räumen soll übersichtlich erfolgen, damit die Bedienung und Beaufsichtigung erleichtert wird.

Wie schon erwähnt, wird bei Dampf-Warmwasserheizungen die Kesselanlage der Warmwasserheizung durch Gegenstromapparate ersetzt. In Fabrikanlagen wird die Raumheizung häufig aus einer Hochdruckkesselanlage mit Dampf versorgt. Hochdruckkesselanlagen und Rohrleitungen sowie Druckminderungsorgane (Dampfdruckregler, Reduzierventile) werden im Abschnitt „Energieerzeugung“ eingehend behandelt. Desgleichen werden dort Berechnung und Ausführung von Schornsteinen besprochen.

Die Rohrleitungen der Heizungsanlagen sollen im Fabrikbau übersichtlich und möglichst leicht zugänglich verlegt werden. Sofern nicht besondere Gründe für eine verdeckte Verlegung

[1] Ist der Heizerstand vertieft, so gilt seine Sohle als Fußboden.

sprechen (z. B. in repräsentativ eingerichteten Büros, Sitzungszimmern oder dgl.) sollten alle Leitungen auf der Wand bzw. auf Pfeilern verlegt werden. Bei der Anordnung der senkrechten Rohrstränge ist von vornherein auf Unterzüge und Deckenträger Rücksicht zu nehmen, damit möglichst Bogen vermieden werden. Es ist vorteilhaft, das ganze Rohrnetz zu schweißen. Die Vorteile der Schweißung (keine scharfen Krümmungen, dichte Verbindungen, gefälliges Aussehen) liegen auf der Hand und werden heute wohl nur noch von anderweitig interessierten Kreisen abgestritten. Änderungen und Auswechselungen lassen sich mit dem Schneidbrenner in kürzester Zeit herstellen, so daß auch in dieser Hinsicht keine Einwendungen gegen die Schweißung zu machen sind. Lediglich die Heizkörperverbindungen können zweckmäßig verschraubt werden, damit ausbesserungsbedürftige Ventile und etwaige Kondenswasserableiter auch ohne Schweißung jederzeit ausgewechselt werden können[1].

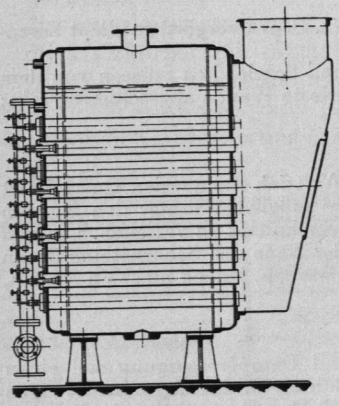


Abb. 307.

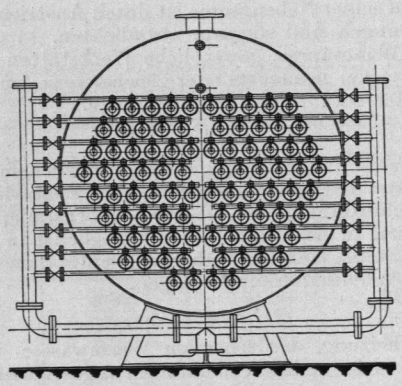


Abb. 308.

Abb. 307 und 308. Zentralheizungskessel mit Gasfeuerung.

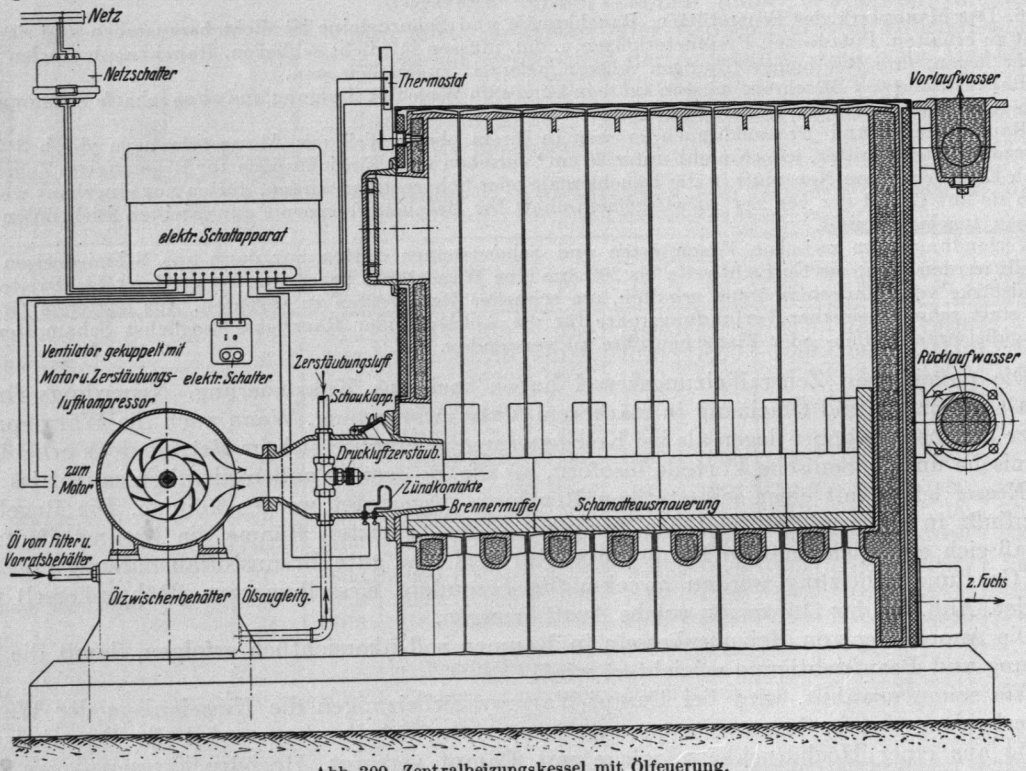


Abb. 309. Zentralheizungskessel mit Ölfeuerung.

Als Heizkörper kommen glatte Rohre, Rippenrohre und Radiatoren in Frage. Glatte Rohre stellen die teuerste Ausführung der Heizflächen dar, da ihre Wärmeabgabe relativ gering ist. Infolgedessen nehmen derartige Heizkörper auch sehr viel Wandfläche bzw. Brüstungs-

[1] Siehe hierzu auch O. Leppin: Überwachung und Instandhaltung von Rohrleitungen im Fabrikbetrieb. Z. Maschinenbau — Der Betrieb Bd. 12. Berlin: VDI-Verlag G.m.b.H. 1933.

fläche ein. Andererseits lassen sie sich leicht reinigen und verursachen wegen ihrer großen Ausdehnung eine gleichmäßige Erwärmung der Räume. Sie sind also hygienisch durchaus einwandfrei. Gerade entgegengesetzt sind die Rippenrohre zu beurteilen. Sie weisen eine spezifisch hohe Wärmeabgabe auf, nehmen dementsprechend wenig Platz in Anspruch, sind aber in hygienischer Beziehung unvollkommen. Dennoch finden sie wegen ihres niedrigen Preises in ausgedehntem Maße Anwendung. Für Oberlicht- und Deckenheizung sind sie — besonders in schmiedeeiserner Ausführung — wegen ihres geringen Gewichtes (bezogen auf die Wärmeabgabe) nicht zu entbehren. Gußeiserne Rippenrohre werden meist in Längen von 2 m verarbeitet. Sie haben ein höheres Gewicht als schmiedeeiserne Rohre, lassen sich mit der Rohrleitung nicht verschweißen und sind daher für Oberlichtheizung — vor allem in hohen Hallen, bei denen wegen der schlechten Zugänglichkeit auf Dichtigkeit besonderer Wert zu legen ist — weniger geeignet. Ein weiterer Nachteil gußeiserner Rippenrohre besteht in der Empfindlichkeit gegen mechanische Beanspruchungen. Man findet daher in älteren Anlagen oft gußeiserne Rippenrohre mit abgeschlagenen Rippen, deren Heizwirkung natürlich beeinträchtigt ist.

Nach den Maßstäben des Preises und der Hygiene liegen Radiatoren etwa in der Mitte zwischen glatten Rohren und Rippenrohren. Die Radiatoren werden in der verschiedensten Form, einsäulig und mehrsäulig, mit verschiedenen Bauhöhen und in gußeiserner und schmiedeeiserner Ausführung geliefert. Radiatoren werden im Fabrikbau meistens für Büroräume, Laboratorien, Treppenhäuser, Vorräume, Maschinen-, Schalthäuser und dgl. verwendet. Mit Hochdruckdampf und Heißwasser unter hohem Druck können Radiatoren nicht betrieben werden. Schon bei Mitteldruckdampf von 2 bis 3 at abs ist Vorsicht am Platze; wenn die Heizkörper auch diesen Druck ohne weiteres aushalten, so treten doch oft Undichtigkeiten auf, die auf ungleichmäßige Ausdehnung beim An- und Abstellen zurückzuführen sind. Hierbei werden die Dichtungen zwischen den einzelnen Radiatorgliedern ungünstig beansprucht und durch Ermüdungserscheinungen im Laufe weniger Jahre zerstört. Die sogenannten Leichtradiatoren werden meistens nur für Warmwasserheizungen angewandt.

Zahlentafeln 58 und 59 geben Abmessungen von Heizkörpern und ihre spezifischen Wärmeleistungen wieder. Um die Zahlentafeln nicht zu umfangreich werden zu lassen, mußten sich die Angaben auf einige im Fabrikbau vorwiegend gebräuchliche Größen und Ausführungen beschränken.

Die Anordnung verschiedener Heizkörper im Raum zeigen die Abb. 313 bis 315. Hieraus ist auch ersichtlich, wieviel Platz die einzelnen Heizkörperbauarten bei richtiger Anordnung beanspruchen, ferner sind ordnungsgemäße, den oben entwickelten Leitlinien entsprechende Heizkörperanschlüsse und Stränge eingezeichnet, damit man sich an Hand dieser Skizzen ein zusammenhängendes Bild über die zweckmäßige Anordnung machen kann.

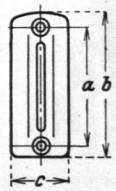


Abb. 310. Skizze zu Zahlentafel 58.

Zahlentafel 58. Stündliche Wärmeabgabe von Radiatoren (siehe Abb. 310)
(Baulänge eines Gliedes bei Schwermodell 76 mm, bei Leichtmodell 60 mm, Einsäulige 69 mm).

	Schwermodell 2-säulig			Schwermodell 3-säulig				Leichtmodell 3-säulig			Leichtmodell 4-säulig				Leichtmodell 5-säulig				1-säulig	
a	345	495	975	385	480	635	965	555	700	900	450	555	700	900	450	555	700	900	555	900
b	440	590	1080	495	590	745	1080	619	764	964	514	619	764	964	514	619	764	964	627	972
c	180	180	180	235	235	235	235	168	168	168	220	220	220	220	248	248	248	248	160	160
Innentemp.	Wärmeabgabe in kcal/m²h bei Warmwasserheizung																			
10°	500	490	455	455	450	440	415	470	460	450	470	460	455	440	465	460	450	440	500	475
12°	490	475	440	440	435	430	405	455	450	435	455	450	440	430	450	445	440	425	490	460
15°	470	455	420	420	415	410	385	435	430	415	435	430	425	410	430	425	420	405	470	440
18°	450	435	405	405	395	390	370	415	410	395	415	410	400	390	410	405	400	390	450	420
20°	430	420	390	390	385	380	360	400	395	385	400	395	390	380	400	390	385	375	430	410
25°	400	385	360	360	350	345	330	370	360	350	370	360	355	345	365	360	355	345	400	375
Innentemp.	Wärmeabgabe in kcal/m²h bei Niederdruckdampfheizung																			
10°	790	765	700	675	660	640	610	700	695	675	700	695	685	665	700	690	680	660	810	775
12°	775	750	680	660	640	625	595	685	680	660	685	680	670	650	680	675	665	650	790	755
15°	750	720	660	635	620	600	575	660	655	640	660	655	645	630	660	650	640	625	765	730
18°	720	700	635	615	600	580	555	640	630	615	640	630	620	610	635	630	620	600	740	705
20°	700	680	620	600	585	570	540	625	615	600	625	615	610	590	620	610	605	590	720	690
25°	660	640	580	560	550	530	505	585	580	565	585	580	570	555	580	575	565	550	675	645

Zahlentafel 59. Stündliche Wärmeabgabe von Rippenrohren

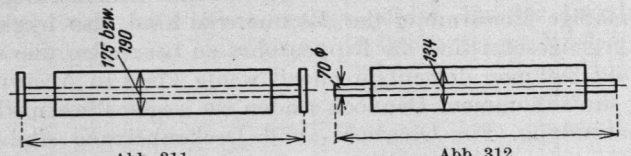


Abb. 311.
in Längen von 1000, 1500 und 2000 mm
mit Heizflächen von 2, 3 und 4 m²
oder „ „ „ 2,5, 3,75 und 5 m²

Abb. 312.
in Längen von 1000, 2000, 4000 und 6000 mm,
mit Heizflächen von 2, 4, 8 und 12 m²
oder „ „ „ 2,5, 5, 10 und 15 m²

Abb. 311 und 312. Skizzen zu Zahlentafel 59.

Raumtemperatur ϑ	Warmwasser				Niederdruckdampf			
	Einfache Lage		Doppelte Lage		Einfache Lage		Doppelte Lage	
	Gußeisen	Schmiedeeisen	Gußeisen	Schmiedeeisen	Gußeisen	Schmiedeeisen	Gußeisen	Schmiedeeisen
10	350	350	315	315	405	495	440	440
12	340	340	305	305	485	495	430	430
15	325	325	295	295	470	470	415	415
18	310	310	280	280	450	450	400	400
20	300	300	270	265	440	440	395	395
25	280	280	250	250	420	420	380	380

Die Verteilung der Heizflächen soll derart vorgenommen werden, daß die Heizung den zu beheizenden Raum gegen die abkühlenden Flächen abschirmt. Daher sollen Heizkörper unter den Fenstern und unter Oberlichtern, ferner neben Türen und Toren vorgesehen werden.

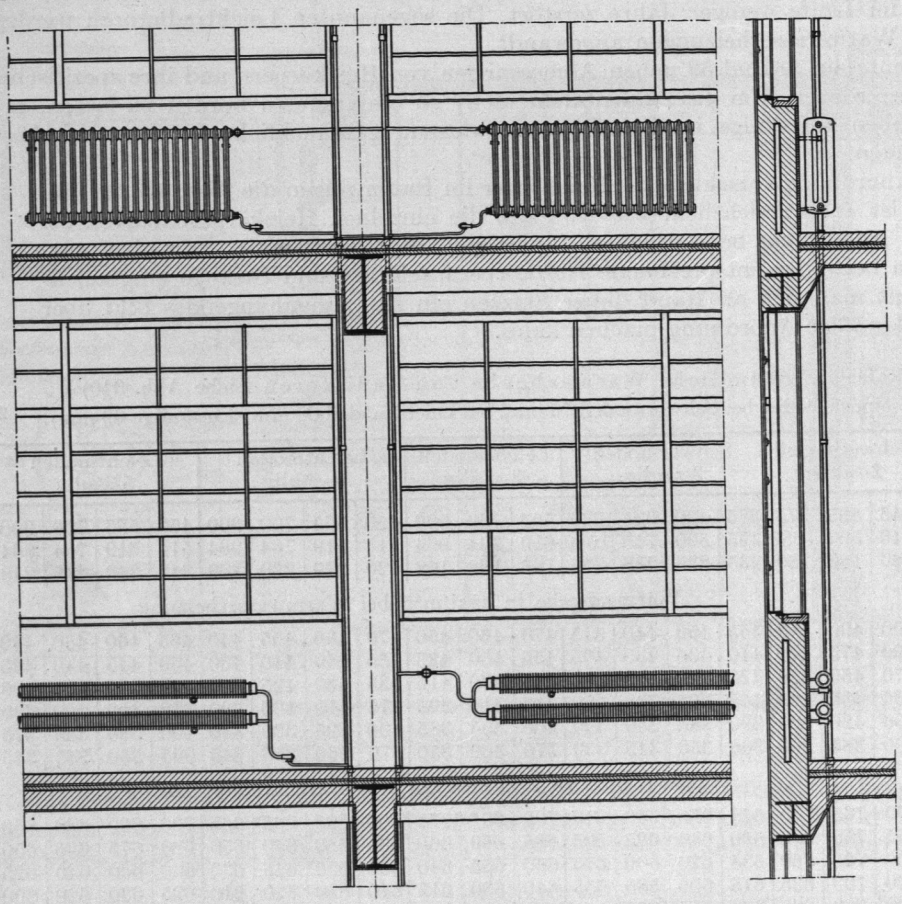


Abb. 313. Anordnung von Heizkörpern in einem Stockwerksbau; die Lage der Dampf- und Kondensatstränge ist einerseits durch die Fenster, andererseits durch die Deckenunterzüge bedingt.

Endlich soll der Vollständigkeit halber eine neue Heizungsart gestreift werden, bei der die aus glatten Rohren bestehende Heizfläche in den Decken der Geschosse angeordnet wird. Hiervon verspricht man sich eine indirekte, gleichmäßige und angenehme Erwärmung der Räume ledig-

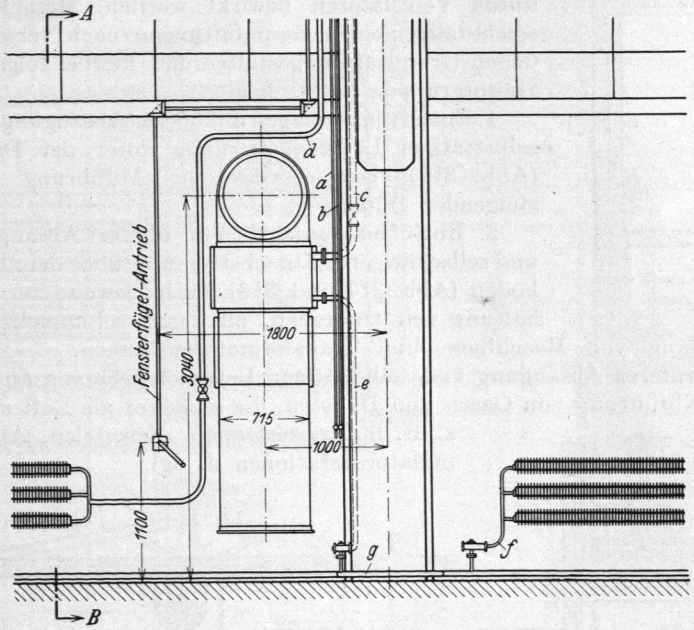
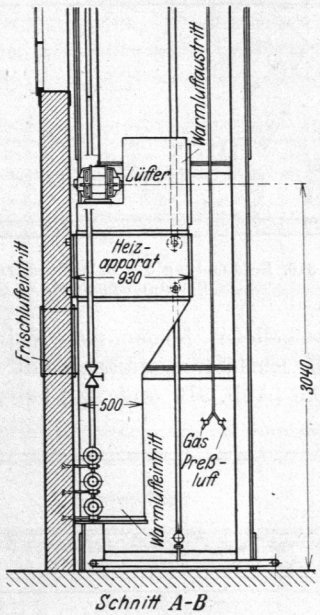


Abb. 314.



Schnitt A-B

Abb. 315.

Abb. 314 und 315. Anordnung von Rippenrohrgruppen und Luftheizapparaten in einer Halle; die Dampfverteilungsleitungen liegen längs der Kranbahn.

a Preßluftleitung, *b* Gasleitung, beide für den Anschluß von Arbeitsgeräten, *c* Dampfanschluß für den Luftheizapparat, *d* Dampfanschluß für die Rippenrohrgruppe, *e* Kondensatanschluß für den Luftheizapparat, *f* Kondensatanschluß für die Rippenrohrgruppe, *g* Kondensathauptleitung.

lich durch milde Strahlung; außerdem werden keinerlei Wandflächen für die Unterbringung der Heizkörper beansprucht. Dieses Heizungssystem ist verhältnismäßig teuer und kommt im Fabrikbau höchstens für Bürogebäude in Frage. Ausreichende Erfahrungen mit derartigen Heizungen liegen in Deutschland nicht vor.

B. Lüftung. Zur allgemeinen Lüftung der Arbeitsräume dienen auch im Fabrikbetrieb wie im Wohnungswesen Fenster und Türen; in vielen Fabrikanlagen wird diese natürliche Lüftung noch durch Entlüftungsdachaufbauten unterstützt. Undichtigkeiten an den Fenstern und Türen sowie das durch den Verkehr bedingte zeitweise Öffnen der Türen ergeben auch bei geschlossenen Fenstern eine gewisse Lüftung. Benutzt man als Maßstab für die Lüftung den „Luftwechsel", d. h. das Verhältnis der einem Raum in einer Stunde zugeführten Luftmenge zum Inhalt des betreffenden Raumes, so kann man für die vorstehend erwähnte „natürliche" Lüftung bei normalen Fabrikbauten neuzeitlicher Gestaltung einen 1 bis 2fachen Luftwechsel, bei Fabrikbauten mit Dachentlüftern einen 2 bis 3fachen Luftwechsel annehmen. In Fabrikbetrieben, die

Zahlentafel 60. Erforderlicher stündlicher Luftwechsel bei künstlicher Lüftung.

1.	Metallschmelzen, Gießereien u. dgl.	10—20fach
2.	Metallschleifereien	10—20 „
3.	Beizereien, Galvanisierungsanlagen u. dgl.	20—30 „
4.	Lackierereien, Imprägnier- und Tränkanlagen	15—25 „
5.	Holzbearbeitung	10—20 „
6.	Papierindustrie	10—20 „
7.	Keramische Industrie	5—10 „
8.	Lederindustrie	10—20 „
9.	Gummiindustrie	10—20 „
10.	Textilindustrie	15—25 „
11.	Tabakindustrie	15—25 „
12.	Lebensmittelindustrie	5—15 „
13.	Akkumulatorenräume	8—15 „
14.	Laboratorien	10—15 „
15.	Wasch- und Baderäume	— 5 „
16.	Werksküchen	10—15 „

Bemerkung: Die höheren Werte gelten für schlechtere Lüftungsverhältnisse, z. B. niedrige oder kleine Räume, starke Belegschaftsziffer und forcierten Betrieb.

in stärkerem Maße Dünste, Dämpfe oder Staub entwickeln, ist die natürliche Lüftung nicht ausreichend, da hier ein stärkerer Luftwechsel gefordert werden muß (siehe Zahlentafel 60). Ein solcher kann nur mittels künstlicher Lüftung durch Ventilatoren bewirkt werden. Man kann solche allgemeinen Raumlüftungen nach verschiedenen Grundsätzen gestalten und hierbei folgende Hauptgruppen unterscheiden:

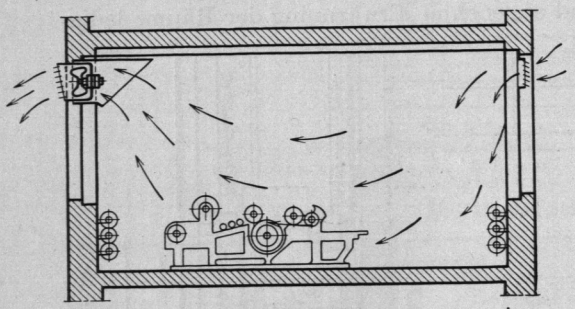


Abb. 316. Entdunstung des Ballenbrecherraumes einer Baumwollspinnerei.

1. Entlüftungsanlagen mit oberer Absaugung und selbsttätiger Luftnachströmung unter der Decke (Abb. 316), beispielsweise zur Abführung aufsteigender Dünste.

2. Entlüftungsanlagen mit oberer Absaugung und selbsttätiger Luftnachströmung über dem Fußboden (Abb. 317 und 318), beispielsweise zur Erhaltung von trockenen, pilz- und schimmelfreien Lagerkellern, ferner zur Kühlung von Maschinen- und Transformatorenräumen.

3. Entlüftungsanlagen mit unterer Absaugung und selbsttätiger Luftnachströmung an der Decke (Abb. 319 und 320) zur Abführung von Gasen und Dünsten, die schwerer als Luft sind, z. B. in Kesselräumen, Beizereien, Akkumulatorenstationen u. dgl.

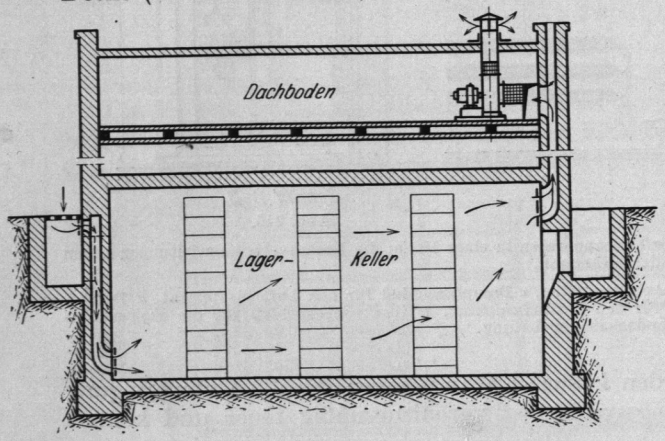


Abb. 317. Lüftung eines Lagerkellers zur Trockenhaltung des Raumes.

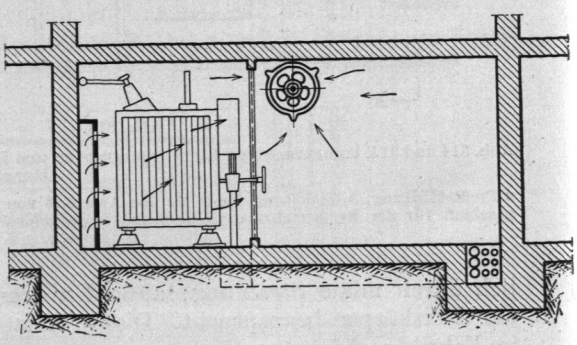


Abb. 318. Lüftung eines Transformatorenraumes zur Wärmeableitung.

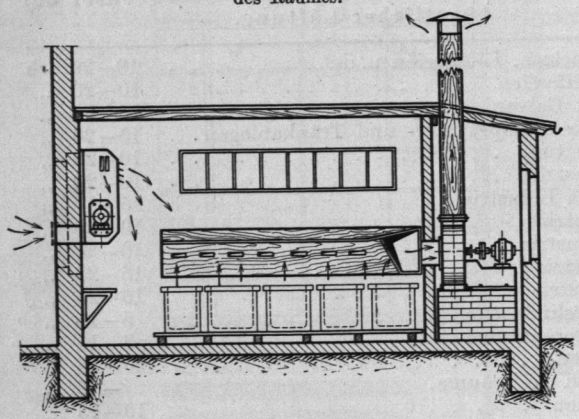


Abb. 319. Abführung nitroser Gase aus einer Metallbrenne.

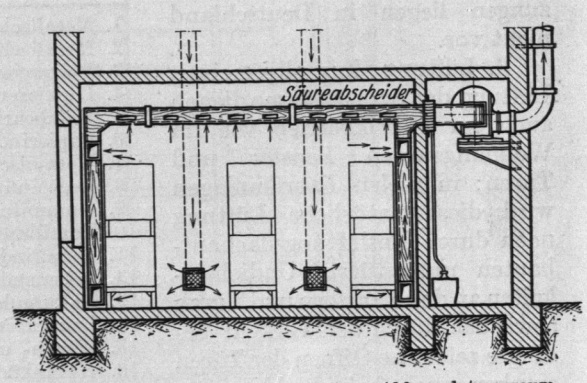


Abb. 320. Ableitung der Dünste aus einem Akkumulatorenraum.

4. Entlüftungsanlagen mit ausgeglichenem Zug, mit Absaugung an der ganzen Fläche einer Seitenwand und Luftnachströmung auf der gegenüberliegenden Seite (Abb. 321 und 322), z. B. für Stapelräume von wertvollen Hölzern u. dgl.

5. Belüftungsanlagen mit Zulufteintritt am Fußboden und Ablüftung an der Decke unter Mitbenutzung des natürlichen Auftriebes (Abb. 323 und 324), z. B. zur Nebelbindung in Kochereien u. dgl.

6. Belüftungsanlagen mit Lufteintritt an der Decke und Absaugung am Fußboden (Abb. 325 und 326), z. B. für Laboratorien.

7. Absaugungsanlagen für Staub, Gase, Dünste, u. dgl. unmittelbar an der Entstehungsstelle (Abb. 327 bis 329), z. B. in Schleifereien, Lackierereien, Sandstrahlereien, Druckereien usw.

8. Umluftanlagen mit teilweiser Lufterneuerung für Heizzwecke (Abb. 330) oder als „Klima-

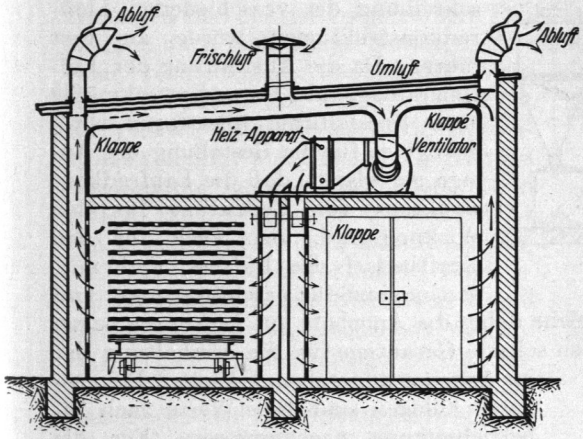


Abb. 321. Überdrucklüftung zur Holztrocknung.

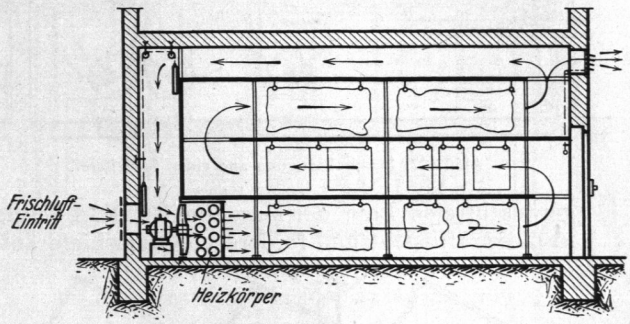


Abb. 322. Künstliche Luftbewegung zur Ledertrocknung.

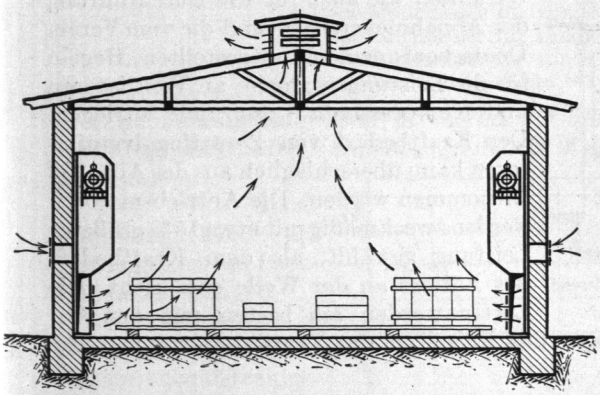


Abb. 323. Entnebelung eines Färbereibetriebes.

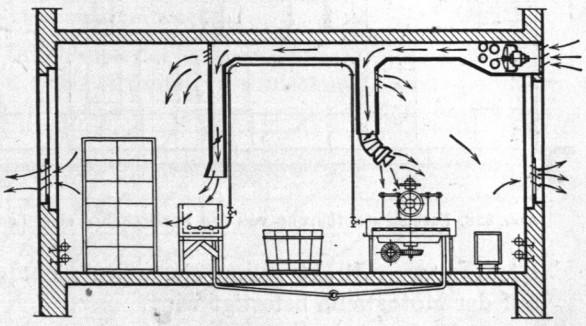


Abb. 324. Nebelbildung in einer Flaschenspülerei.

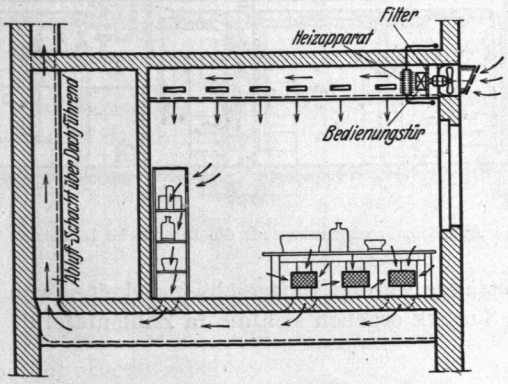


Abb. 325. Überdrucklüftung in einem chemischen Laboratorium (Giftraum).

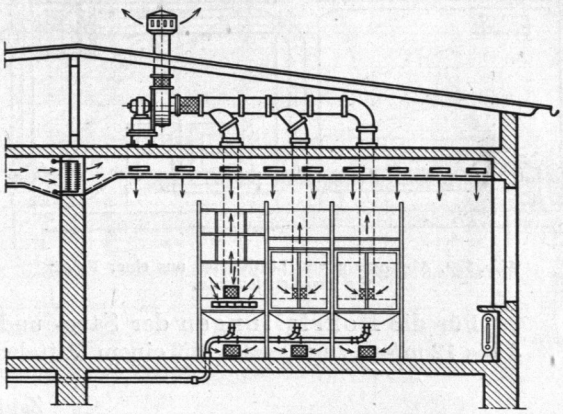


Abb. 326. Be- und Entlüftung eines chemischen Laboratoriums mit Digestorien.

anlagen“ zur Herstellung bestimmter Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse (Abb. 331) in Textilfabriken, in der Tabakindustrie, in Holz- und Porzellantrocknungsanlagen u. dgl.

Der wichtigste Teil jeder künstlichen Lüftungsanlage ist der Lüfter (Ventilator, Exhaustor). Die Lüfter werden als Axial- oder Radialgebläse gebaut. Axialgebläse finden als Fenster- und Wandringlüfter Anwendung. Für größere Leistungen und zum Betrieb von Lüftungen mit an-

geschlossenen Saug- oder Druckleitungen werden Radialgebläse (Zentrifugalventilatoren) benutzt. Es gibt hierfür zahlreiche Bauarten, die sich in erster Linie durch die Form der Laufräder voneinander unterscheiden. Eine Beschreibung der verschiedenen Laufradkonstruktionen würde zu weit führen. Da die Ausführung der Lüftungsanlage als Ganzes zweckmäßig einer Spezialfirma übertragen wird, genügt es für die Bestellung der Anlage zu wissen, daß die Laufradkonstruktion von Bedeutung für den Wirkungsgrad, also auch für den Kraftbedarf des Lüfters, und mitbestimmend für erschütterungs- und geräuschfreien Lauf der Maschine ist. Man vergleiche daher die Angebote auf Lüftungsanlagen in dieser Hinsicht und fordere von dem Lieferanten scharfe Garantien für die Einhaltung der im Angebot angegebenen Werte. Bei größeren Anlagen sind diese Werte nach Inbetriebsetzung nachzumessen. Für die Garantien wie auch für die Durchführung der Abnahmeversuche sind die vom Verein Deutscher Ingenieure aufgestellten „Regeln für die Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren“[1] zugrunde zu legen. Der Kraftbedarf von Zentrifugalventilatoren kann überschläglich aus der Abb. 332 entnommen werden. Die Antriebsmotoren werden zweckmäßig mit etwa 15% größerer Leistung gewählt, als dem Kraftbedarf des Lüfters an der Welle entspricht. Die Lüfter werden am besten mit den Antriebsmotoren direkt gekuppelt, wenn nicht sogar das Flügelrad des Ventilators unmittelbar auf der Motorwelle befestigt wird.

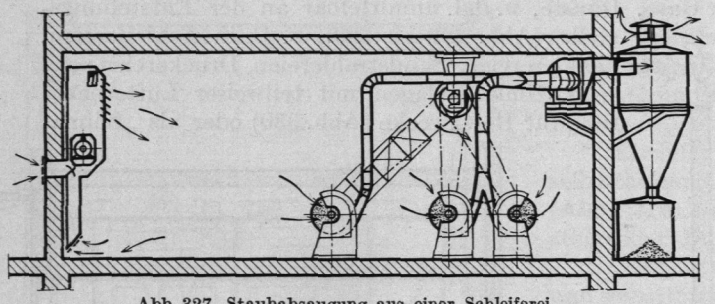


Abb. 327. Staubabsaugung aus einer Schleiferei.

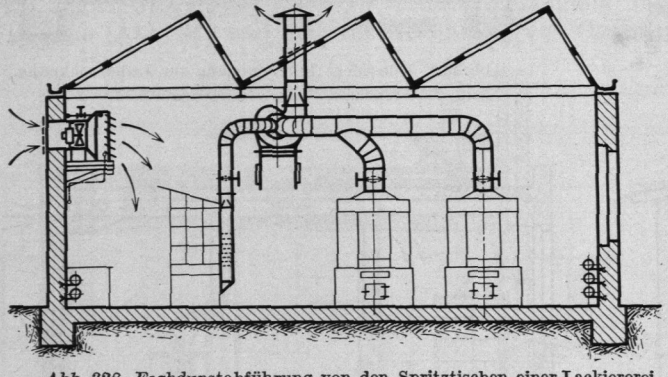


Abb. 328. Farbdunstabführung von den Spritztischen einer Lackiererei.

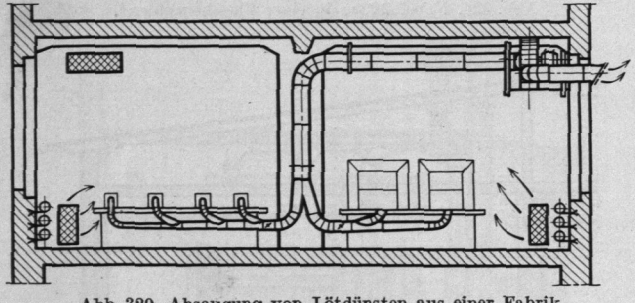


Abb. 329. Absaugung von Lötdünsten aus einer Fabrik für Trockenelemente.

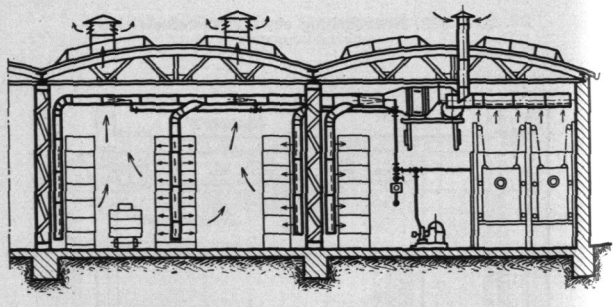


Abb. 330. Trockenanlage für die keramische Industrie.

Für die Rohrleitungen der Saug- und Druckstränge werden Luftgeschwindigkeiten von 4 bis 12 m/sek zugelassen. Mit einem Mittelwert von 8 m/sek ergeben sich die in Zahlentafel 61

Zahlentafel 61.
Rohrdurchmesser für Lüftungsanlagen bei einer Luftgeschwindigkeit von 8 m/sek.

Luftmenge . .	m³/h	1000	2000	3000	4000	5500	7500	9000	11000	14000	18000	24000
Rohrdurchmesser . . .	mm	225	300	375	425	500	575	625	700	800	900	1000
Mindest-Blechstärke . . .	mm	0,75	0,75	0,75	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25	1,25	1,5	1,5

[1] 2. Aufl. Berlin: VDI-Verlag GmbH.

angegebenen Durchmesser für runde Leitungen. Die Leitungen werden aus schwarzem oder verzinktem Blech, für Säuredünste auch aus karboliniertem Holz, aus Steinzeug oder aus Aluminiumblech hergestellt. Die praktisch in Frage kommenden Mindestwandstärken von Blechrohrleitungen sind aus der vorgenannten Zahlentafel zu ersehen. An Stelle der kreisrunden Leitungen können auch rechteckige Leitungen Anwendung finden, doch ist der kreisförmige Querschnitt dem rechteckigen Querschnitt strömungstechnisch und bei Blechleitungen auch konstruktiv überlegen; für Holzleitungen kommt aus Herstellungsgründen fast nur der rechteckige Querschnitt in Frage. Ein rechteckiger Querschnitt ist um so günstiger, je mehr sich das Seitenverhältnis dem Quadrat nähert. Ein Verhältnis der Höhe zur Breite von 2 zu 3 soll daher nicht unterschritten werden. Zur Vermeidung übermäßiger Strömungsverluste sollen ferner die Krümmungshalbmesser der Rohrleitungen möglichst nicht kleiner gewählt werden als

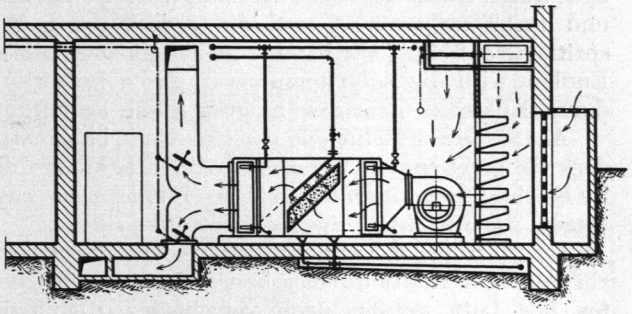


Abb. 331. Bewetterungsstation für die Tabakindustrie.

1 Rohrdurchmesser für runde Leitungen,
2 Rohrdurchmesser für runde Leitungen bei Lackdunstabsaugungen,
3 Rohrdurchmesser für runde Leitungen bei Späneabsaugungen,
1,5 Kanalbreite bzw. -höhe für rechteckige Leitungen.

Der Krümmungshalbmesser ist hierbei auf der Innenseite der gekrümmten Leitung gemessen. Abzweige sind unter Vermeidung scharfer Ecken nach strömungstechnischen Gesichtspunkten anzuordnen.

Auf gute Reinigungsmöglichkeit der Leitungen ist bei Lackdunstabsaugungen, Späneabsaugungen — besonders von Schleifereien, Sandstrahlgebläsen u. dgl. — zu achten. An passender Stelle sind hierfür Reinigungsdeckel vorzusehen. Bei Lack- oder Farb-Dunstabsaugungsanlagen muß ferner durch Einbau von Sieben und Prallblechen an den Hauben der Absaugestellen das Mitreißen von Lack- bzw. Farbteilchen möglichst eingeschränkt werden (siehe Abb. 333). In die Ausblaseleitung von Absaugungsanlagen werden vielfach Vorrichtungen eingebaut, die die festen oder tropfbaren Bestandteile aus der ausgeblasenen Luft ausscheiden, sei es zur Erfüllung gewerbehygienischer Forderungen, sei es aus wirtschaftlichen Gründen zur Rückgewinnung von wertvollen Abfallstoffen oder Lösungsmitteln. Feste Bestandteile werden durch „Entstauber", das sind Separatoren (siehe Abb. 334) oder Filter der verschiedensten Bauart zurückgehalten. Eine restlose Abscheidung ist selten möglich. Tropfbare Bestandteile werden durch Kondensation, durch Absorption oder durch chemische Reaktion ausgefällt. Die Kondensationserscheinungen werden in Riesel- oder Oberflächenkühlern hervorgerufen; zur Absorption wird das zu rei-

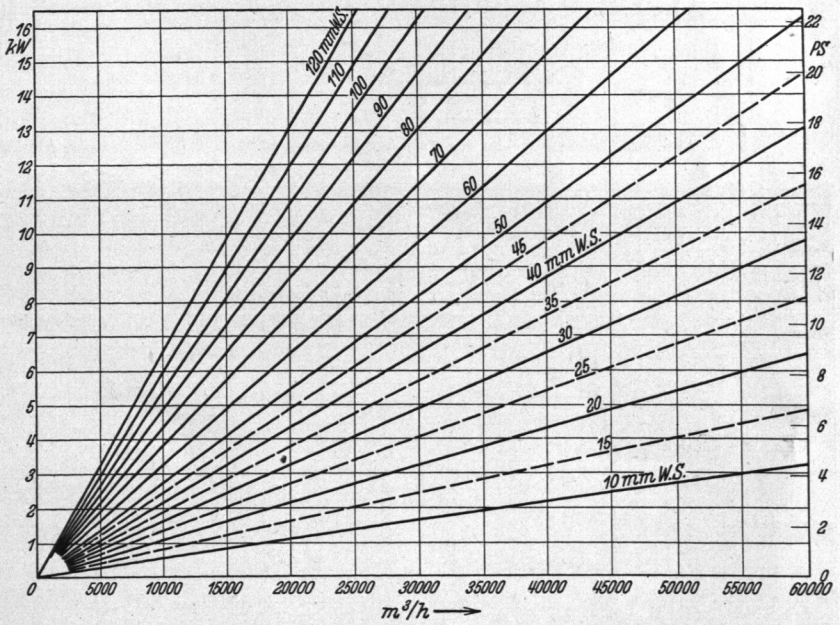


Abb. 332. Kraftbedarf von Zentrifugalventilatoren.

nigende Gas (bzw. die verunreinigte Luft) über entsprechend wirksame Stoffe (z. B. Silica-Gel, aktive Kohle oder dgl.) geleitet.

Auch die angesaugte Luft von Belüftungsanlagen wird in vielen Fällen einer besonderen Behandlung unterworfen. So wird die Zuluft für Lackierereien, Trocknungsanlagen usw. durch Filter von Staub gereinigt. In der Tabakindustrie und im Textilgewerbe wird die Zuluft durch Wassereinspritzung auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt gebracht. Endlich wird die Zulufttemperatur durch Lufterhitzer oder durch Kühler in dem gewünschten Sinne beeinflußt.

Als Filter zur Reinigung der Frischluft haben sich besonders die sogenannten Viscin-Zellenfilter bewährt; diese sind in Blechrahmen zusammengefaßte Filterkörper aus Metallringen, die mit einem Spezialöl getränkt sind.

Die vorstehend erwähnten Luftbefeuchtungsanlagen zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Feuchtigkeitsgehaltes der Luft werden nach verschiedenen Systemen ausgeführt. Grundsätzlich wird bei allen Systemen der Raum-

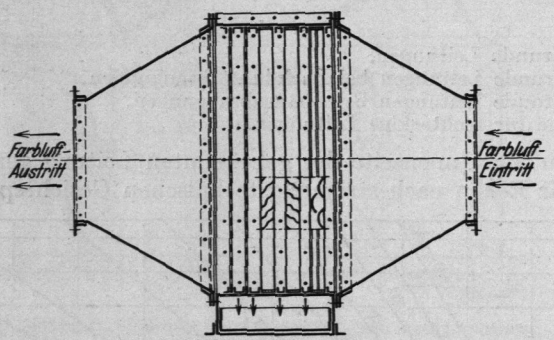


Abb. 333. Lackabscheider für Absaugungsleitungen.

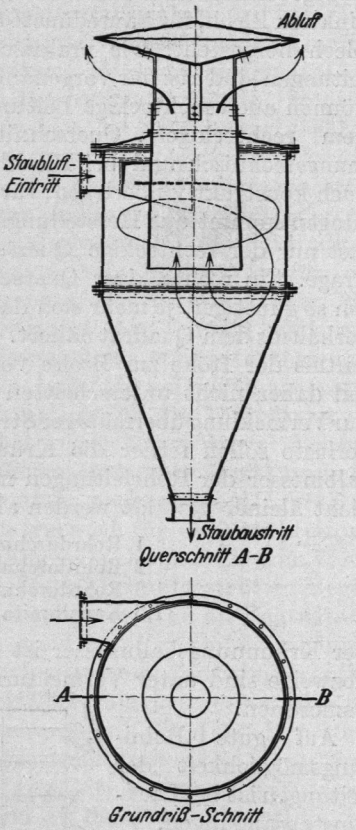


Abb. 334. Entstauber (Separator).

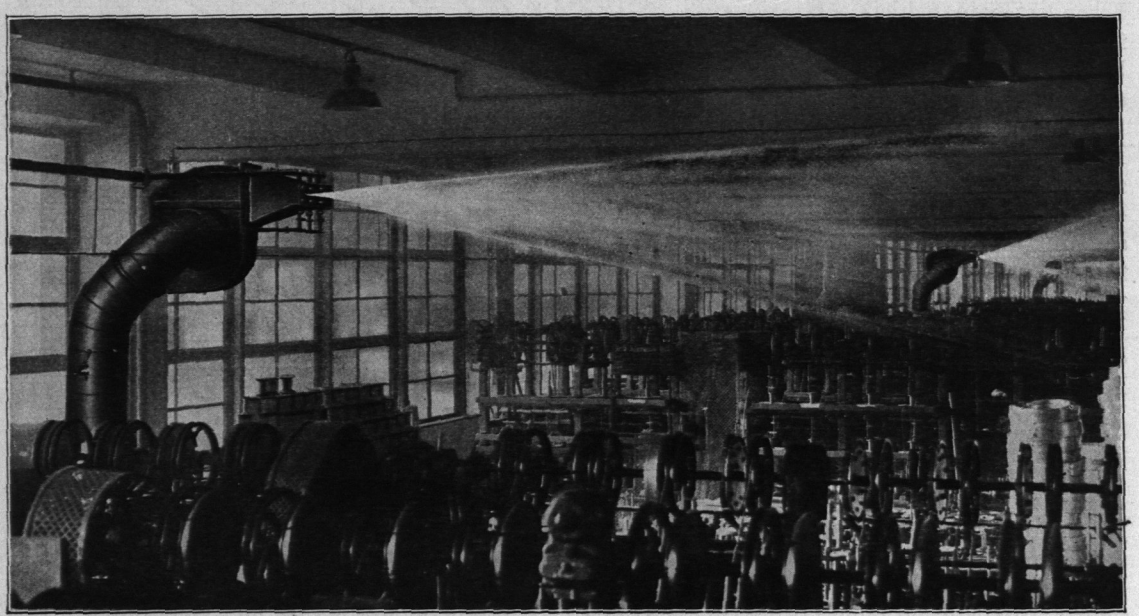


Abb. 335. Luftbefeuchtungsanlage.

luft Wasser in fein verteilter Form durch Sprühdüsen oder dgl. zugeführt. Die eingeführte Wassermenge wird automatisch in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft geregelt.

Das zugeführte Wasser wird entweder in Druckluftzerstäubern direkt als Nebel in den Raum geblasen oder in Verbindung mit einer künstlichen Lüftung im Ausblasemundstück des Ventilators der Luft zugesetzt (siehe Abb. 335); in diesem Fall läßt sich die Luftbefeuchtungsanlage auch mit der Raumheizung kombinieren. Wichtig ist unter allen Umständen, daß nicht mehr Wasser zugeführt wird, als die Luft aufnehmen kann, damit Tropfenfall im Raum vermieden wird[1].

Durch Abkühlung der Frischluft unter den Taupunkt kann man andererseits auch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft verringern; von dieser Möglichkeit macht man in manchen Fällen im Sommer Gebrauch, um übermäßig feuchte Luft vom Arbeitsraum fernzuhalten.

Durch Kombination der vorstehend erwähnten Einrichtungen lassen sich Anlagen schaffen, die Sommer und Winter jede gewünschte Raumlufttemperatur und Feuchtigkeit unabhängig von der Außenluft und dem Wetter gewährleisten.

Je nach dem Charakter des Fabrikbetriebes und je nach der Lage der künstlich zu lüftenden Räume werden zentralisierte oder örtliche Lüftungsanlagen ausgeführt. Es ist von Fall zu Fall zu prüfen, welcher Ausführungsform der Vorzug zu geben ist. Die Abb. 336 bis 339 zeigen eine zentralisierte und eine dezentralisierte Anlage im Schema. Bei der zentralisierten Anlage sind immerhin noch 6 Lüfter vorhanden, und zwar an jeder Stranggruppe 3 Maschinensätze. Die Verteilung auf drei Stränge wurde hier notwendig, weil heiße Abgase nicht mit explosiblen Lackdünsten und diese zur Vermeidung von Schmutzablagerungen nicht mit Schleifereistaub zusammengebracht werden dürfen.

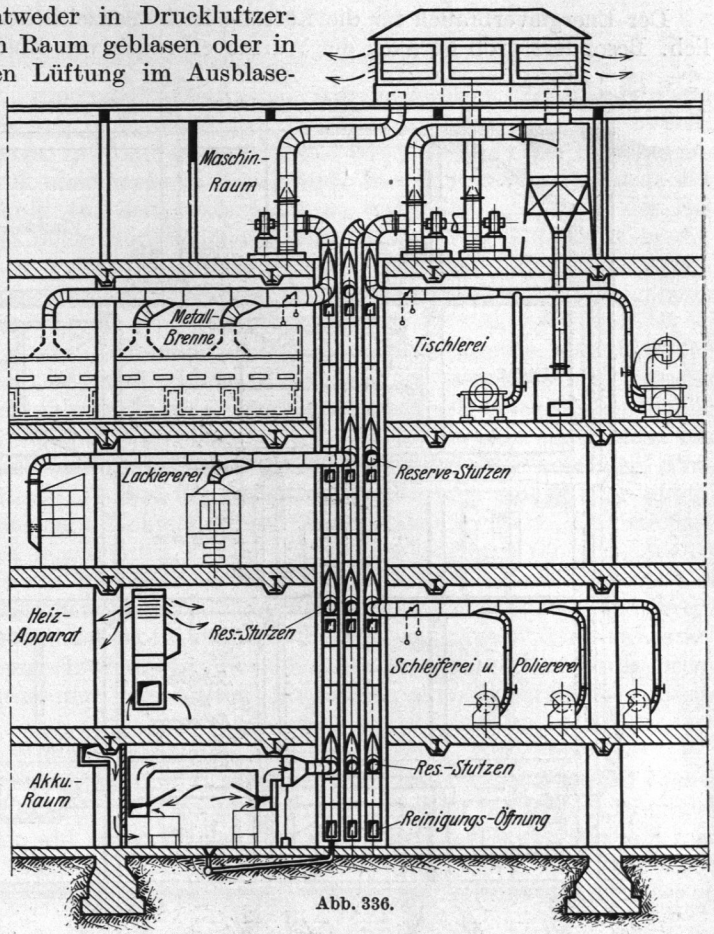


Abb. 336.

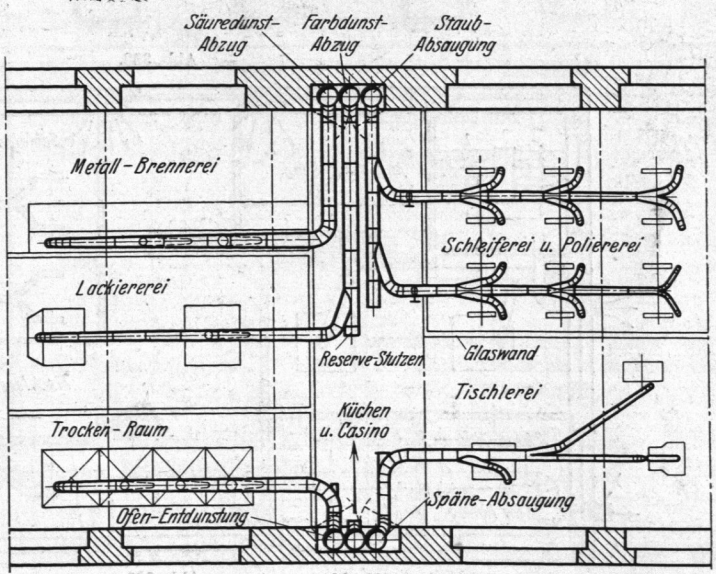


Abb. 337.

Abb. 336 und 337. Zentralisierte Anordnung von Lüftungsanlagen.

[1] Die bei verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen zuzuführende Wassermenge läßt sich graphisch durch Benutzung der Jx-Tafeln feuchter Luft von Dr.-Ing. M. Grubemann ermitteln. Berlin: Julius Springer 1926.

Der Energieverbrauch für die Lüftung ist in neuzeitlichen Fabrikanlagen nicht unbeträchtlich. Besonders groß ist auch der Wärmeverbrauch von Lüftungsanlagen; die Erneuerung der

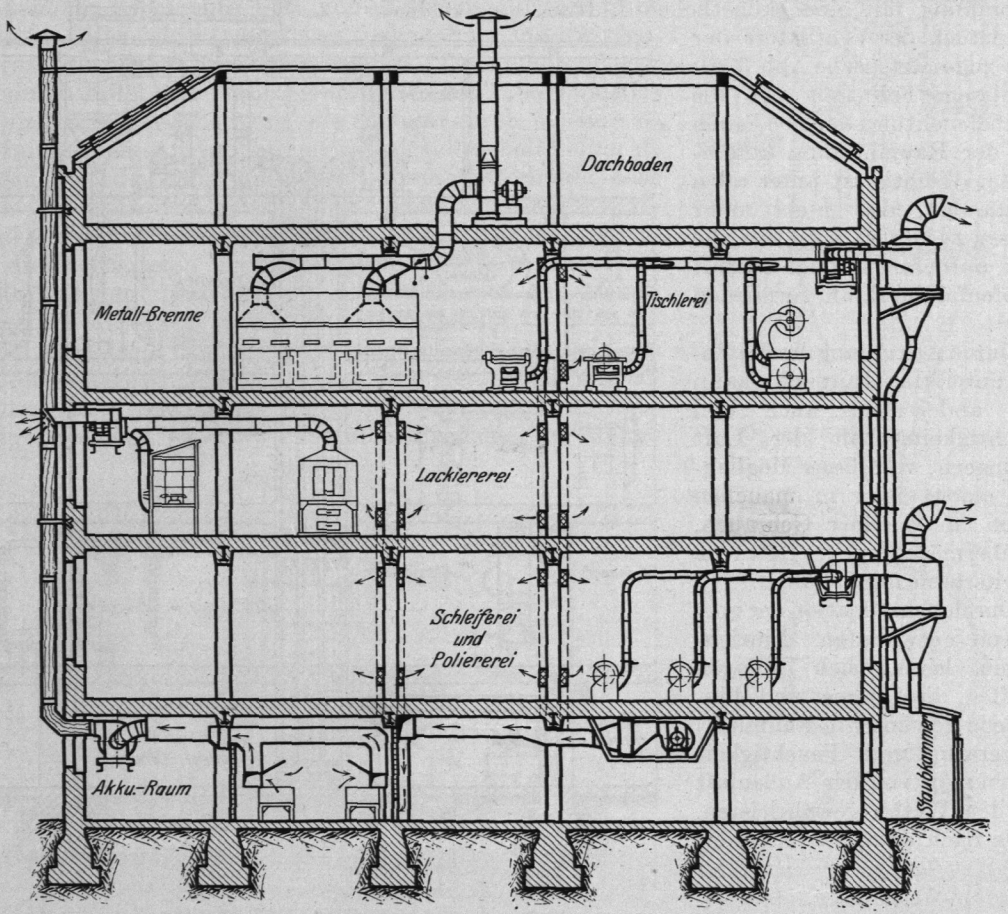


Abb. 338.

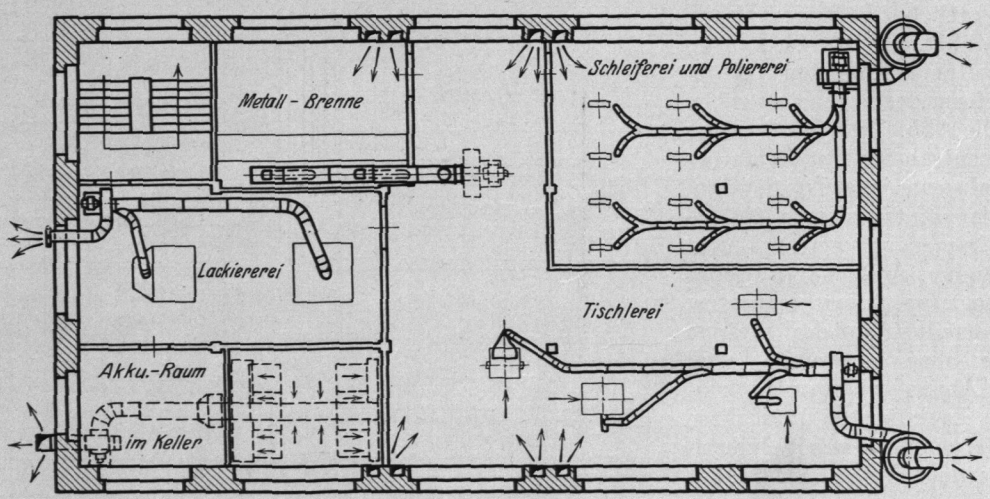


Abb. 339.

Abb. 338 und 339. Dezentralisierte Anordnung von Lüftungsanlagen.

Raumluft durch Absaugungs- und Belüftungsanlagen erfordert im Winter einen beträchtlichen Wärmeaufwand. Dieser kann verringert werden, wenn es gelingt, der ins Freie entweichenden Abluft einen Teil der Wärme zu entziehen und hiermit die Frischluft vorzuwärmen.

15. Beleuchtung.

Lichttechnische Grundbegriffe. — Tageslichtbeleuchtung. — Künstliche Beleuchtung.

Lichttechnische Grundbegriffe. Eine der wichtigsten physiologischen Voraussetzungen für eine Steigerung der Arbeitsleistung in Werkstätten und Büros ist eine gute und zweckmäßige Beleuchtung der Arbeitsplätze. Der Baufachmann kann daher heute an den Forschungsergebnissen der Beleuchtungstechnik nicht mehr vorübergehen. Trotzdem ist die Kenntnis der wichtigsten Gesetze der Lichttechnik zur Zeit noch nicht so verbreitet, wie es für die Behandlung praktischer Beleuchtungsfragen notwendig ist. Abweichend von dem sonst in der vorliegenden Arbeit innegehaltenen Prinzip soll daher nachstehend auf die physikalischen Grundlagen und auf die wichtigsten Methoden der Beleuchtungsberechnung kurz eingegangen werden[1].

Die von einem Lichterzeuger in der Zeiteinheit ausgestrahlte Lichtenergie, die allein für die Beleuchtungstechnik maßgebend ist, wird „Lichtstrom" genannt. Die Maßeinheit hierfür ist das „Lumen" (Lm). Die Beleuchtungsstärke einer von einer Lichtquelle beleuchteten Fläche ist gleich dem Quotienten aus Lichtstrom und Fläche. Wenn die Lichtquelle den Lichtstrom in einer bestimmten Richtung ausstrahlt (z. B. bei einem Scheinwerfer oder bei einem Projektionsapparat), so bezeichnet man den Winkel, den die äußersten Strahlen miteinander bilden, als „Raumwinkel" (ω). Der Quotient aus Lichtstrom und Raumwinkel wird als „Lichtstärke" (J) bezeichnet. Die Helligkeit einer leuchtenden Fläche heißt „Leuchtdichte" (e). Die Leuchtdichte ist bei gleicher Lichtstärke um so größer, je kleiner die ausstrahlende Fläche ist. Die Leuchtdichte einer vom Licht bestrahlten Fläche ist von der Farbe der Fläche bzw. von ihrem Reflexionsvermögen abhängig. Als Einheit der Lichtstärke dient die sogenannte „Hefner-Kerze" (HK). Eine Hefnerkerze ist diejenige Lichtstärke, die von einer besonders gleichmäßig brennenden Amylazetatlampe, die bestimmten Vorschriften entsprechen muß, in horizontaler Richtung ausgestrahlt wird.

Zwischen den vorstehend aufgeführten Einheiten bestehen folgende Beziehungen:

Wird eine Hohlkugel von 1 m Halbmesser von innen durch eine Lichtquelle mit einer Lichtstärke von 1 HK beleuchtet, so entfällt auf 1 m² Oberfläche dieser Kugel der Lichtstrom 1 Lumen. Ein Lichtstrom von 1 Lumen ruft auf einer Fläche von 1 m² die Beleuchtungsstärke 1 Lux hervor. Nach den „Normen und Regeln für Licht, Lampen und Beleuchtung" der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft (DBG.) bestehen also die in Zahlentafel 62 angegebenen Beziehungen.

Zahlentafel 62. Lichttechnische Grundbegriffe.

Begriff	Zeichen	Formel	Einheit
Lichtmenge	Q	$Q = \Phi \cdot T$	Lumenstunde (Lmh)
Lichtstrom	Φ	$\Phi = \frac{Q}{T} = E \cdot F$	Lumen (Lm)
Lichtstärke	J	$J = \frac{\Phi}{\omega}$	HK
Beleuchtungsstärke	E	$E = \frac{\Phi}{F}$	Lux (Lx)
Zeit	T	—	Stunde (h)
Fläche	F	—	m²
Raumwinkel	ω	—	Verhältnis eines Stückes der Kugeloberfläche zum Quadrat ihres Halbmessers.

Der Maßstab der Beleuchtung ist nach vorstehenden Ausführungen die Beleuchtungsstärke (gemessen in Lux). Für die erforderlichen Beleuchtungsstärken sind in Zahlentafel 63 Werte für Fabrikanlagen wiedergegeben. Eine Messung der Beleuchtungsstärke ist heute ohne besondere Vorkenntnisse mit verhältnismäßig einfachen Geräten, z. B. mit dem Osram-Beleuchtungsmesser, möglich. Ein solches Instrument sollte in keinem größeren Betriebe fehlen, da die Nachprüfung der tatsächlichen Beleuchtung vom Standpunkt des Betriebsmannes wie auch

[1] Siehe auch Dr.-Ing. L. Bloch: Die Grundbegriffe der Lichttechnik, herausgegeben von der Osram G.m.b.H.; Dr. Lux: Fabrikbeleuchtung S. 709ff. des „Taschenbuches für den Fabrikbetrieb", herausgegeben von H. Dubbel. Berlin: Julius Springer.

Zahlentafel 63. Für verschiedene Arbeiten erforderliche Beleuchtungsstärken.

Art der Arbeit	Reine Allgemeinbeleuchtung			Allgemeinbeleuchtung nebst Arbeitsplatzbeleuchtung		
	Mittlere Beleuchtungsstärke		Beleuchtungsstärke der ungünstigsten Stelle	Allgemeinbeleuchtung		Platzbeleuchtung
	Mindestwert Lux	Empfohlener Wert Lux	Mindestwert Lux	Mittlere Beleuchtungsstärke Lux	Beleuchtungsstärke der ungünstigsten Stelle Lux	Beleuchtungsstärke der Arbeitsstelle Lux
Grobe	20	40	10	20	10	50— 100
Mittelfeine . .	40	80	20	30	15	100— 300
Feine	75	150	50	40	20	300—1000
Sehr feine . .	150	300	100	50	30	1000—5000

Bemerkung: Zusammengestellt nach den Leitsätzen der DBG. von E. Wittig (Z. VDI 1932 S. 295).

des Baufachmannes unbedingt gefordert werden muß. Es wird jetzt wohl nicht mehr bestritten, daß eine gute Beleuchtung die menschliche Arbeitsleistung in physiologischer und psychologischer Beziehung günstig beeinflußt; dies ist auch durch zahlreiche Ermüdungsstudien belegt worden.

Tageslichtbeleuchtung. Es wird manchen Leser befremden, daß der Tageslichtbeleuchtung im Rahmen dieses Buches ein weiterer Raum gewidmet wird; ist doch das Fenster — in seinem eigentlichen Wesen als Öffnung der Wand — eine Jahrtausende alte Erfindung. Auch steht das Tageslicht innerhalb der astronomisch bedingten Grenzen in reichlichem Maße scheinbar kostenlos zur Verfügung. Zieht man aber andererseits in Betracht, daß der Anordnung beliebig großer Fensterflächen wärmewirtschaftliche Grenzen gesetzt sind, so erkennt man schon hieraus die Notwendigkeit einer objektiven Beurteilung derartiger Fragen. Objektiv urteilen heißt aber in diesem Zusammenhang zahlenmäßig abwägen. Darum ist es zu begrüßen, daß in neuerer Zeit die Beleuchtungstechniker sich mehr als bisher der Tageslichtberechnung zugewandt haben. Allerdings dürfen die Anforderungen an eine Tageslichtberechnung nicht überspannt werden. Die atmosphärischen Einflüsse und die für jeden Breitengrad verschiedenen geophysikalischen Verhältnisse machen eine absolute Berechnung und Angabe der Beleuchtungsstärken im Freien und im Innern der Räume unmöglich. Diese Absolutwerte interessieren aber bei der Tageslichtberechnung auch weniger als bei der Berechnung der künstlichen Beleuchtung; es kommt hier vielmehr darauf an, Vergleichsunterlagen zu schaffen, die die Wahl der Fenstergrößen und der Fensteranordnung, wie auch die Bemessung der Stockwerkshöhen und Raumtiefen auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnis ermöglichen. Daß die bisherige Methode, solche Werte auf Grund alter Überlieferungen — bestenfalls auf Grund empirischer Ermittlungen — festzulegen, gerade im Fabrikbau auf die Dauer nicht befriedigen kann, erklärt sich daraus, daß hier auf eine gleichmäßige und gute Beleuchtung aller Arbeitsplätze um so größerer Wert gelegt wird, je weiter die Betriebswissenschaft auch in die physiologischen Bedingungen der menschlichen Arbeit eindringt.

Wie es bei jungen Wissenschaften im allgemeinen und bei dem spröden Charakter der vorliegenden im besonderen nicht anders zu erwarten ist, existieren verschiedene Theorien und Methoden, auf die mit Rücksicht auf den verfügbaren Platz nicht im einzelnen eingegangen werden kann. Vielmehr basieren die nachstehenden Ausführungen hauptsächlich auf der von Dr.-Ing. H. G. Frühling angegebenen „Wirkungsgradmethode“[1]. Diese zeichnet sich vor allem dadurch aus, daß sie auf die tatsächlich vorliegenden baulichen Verhältnisse in genügendem Maße Rücksicht nimmt. Im besonderen werden auch Einflüsse der Nachbargebäude auf die Innenbeleuchtung durch Einführung des Begriffes „Fenster-Faktor“ gewürdigt.

Die Wirkungsgradmethode geht davon aus, daß der Satz von der Erhaltung der Energie auch für den Lichtstrom gilt. Die Summe der Beleuchtungsmengen der Flächen eines Innenraumes, d. h. also die Summe der Fußboden-, Wand- und Einrichtungsbeleuchtung, ist also

[1] Siehe Dr.-Ing. Frühling: Die Beleuchtung von Innenräumen durch Tageslicht, ihre Messung und ihre Berechnung nach der Wirkungsgradmethode. Berlin: Union Deutsche Verlags-Gesellschaft.

gleich der Summe des durch die Fensterflächen eintretenden Lichtstromes. Bezeichnet man das Verhältnis des Lichtstromes auf einer horizontalen Arbeitsebene (in einer Höhe von etwa 0,80 bis 1 m über dem Fußboden) zu dem Lichtstrom, der durch die Fenster eintritt, als Wirkungsgrad η, so ist also nur ein bestimmter Teil des eintretenden Lichtstromes Φ_0 für die Arbeitsfläche nutzbar gemacht und zwar der Lichtstrom

$$\Phi_n = \eta \cdot \Phi_0 .$$

Der Rest dient zur Beleuchtung der übrigen Raumfläche. Nach zahlreichen Versuchen von Frühling liegt der Wirkungsgrad zwischen 30 und 50%; er kann im Mittel zu etwa 40% angenommen werden. Der Wirkungsgrad ist natürlich von den baulichen Verhältnissen abhängig, vor allem von der Höhenlage der Fensteröffnung und von der Durchlässigkeit der verwendeten Glassorte bzw. der Vorhänge. Das Reflexionsvermögen der Wände übt dagegen nur einen geringfügigen Einfluß auf den Wirkungsgrad aus. Die Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Höhenlage der Fensteröffnung ist von Frühling untersucht worden; es hat sich gezeigt, daß der Wirkungsgrad, wie es auch nicht anders zu erwarten ist, um so größer wird, je weiter die Fensteröffnung nach unten verlegt wird. Hieraus darf nun nicht voreilig geschlossen werden, daß eine tiefe Lage der Fenster beleuchtungstechnisch erwünscht ist, vielmehr kommt dem Wirkungsgrad bei der Tageslichtbeleuchtung keine ausschlaggebende Bedeutung zu. Viel wichtiger ist gerade im Fabrikbau die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung. Als Gleichmäßigkeit wird im allgemeinen das Verhältnis von Minimalbeleuchtung zur Maximalbeleuchtung betrachtet. Dieses Verhältnis schwankt in außerordentlich weiten Grenzen (1 : 5 bis 1 : 350). In Abb. 340 sind zwei Kurven dargestellt, die die Abhängigkeit der Beleuchtung von der Entfernung vom Fenster zeigen. Aus dem Charakter dieser Kurven ist andererseits schon zu ersehen, daß das oben als Gleichmäßigkeit definierte Verhältnis der Minimalbeleuchtung zur Maximalbeleuchtung keine befriedigende Kennzeichnung der Beleuchtung ergeben kann, da der Punkt der Maximalbeleuchtung auf dem steilen Ast der Kurve in der Nähe des Fensters nur schwer bestimmbar ist. Einfacher und eindeutiger erscheint es daher für die Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung, den Quotienten der Minimalbeleuchtung zur mittleren Beleuchtung zu verwenden. Nach Frühling beträgt die Minimalbeleuchtung im allgemeinen 3 bis 15% der mittleren Horizontalbeleuchtung. In welchem Maße die Höhenlage der Fenster die Beleuchtungsverteilung im Raum beeinflußt, zeigt die Abb. 341. Es ist hieraus ersichtlich, daß durch eine hohe Anordnung der Fenster wohl, wie schon oben gesagt, der Wirkungsgrad der Beleuchtung herabgesetzt wird, daß jedoch andererseits die Verteilung der Beleuchtung günstiger wird; vor allem werden die in größter Entfernung vom Fenster liegenden Plätze besser beleuchtet. Große Fensteranzahl und geringe Pfeiler- bzw. Stützenbreiten sowie auch geringe Raumtiefe begünstigen selbstverständlich die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung. Durch Erhöhung einer dem Fenster etwa gegenüberliegenden Gebäudefront wird die Gleichmäßigkeit in ungünstigem Sinne beeinflußt. Der Einfluß gegenüberliegender Gebäude usw. wird durch den bereits weiter oben erwähnten Begriff des „Fensterfaktors" berücksichtigt. Der Fensterfaktor ist das Verhältnis der Vertikalbeleuchtung im Fenster zur gleichzeitig gemessenen Horizontalbeleuchtung im Freien. Für senkrechte Fenster kann der Fensterfaktor höchstens den Wert 0,5 annehmen, da ja ein vertikales Fenster im günstigsten Falle nur von der einen Hälfte der Himmelshalbkugel beleuchtet wird. Praktisch wird jedoch der Fensterfaktor immer erheblich kleiner als 0,5 sein, da einmal gegenüberliegende

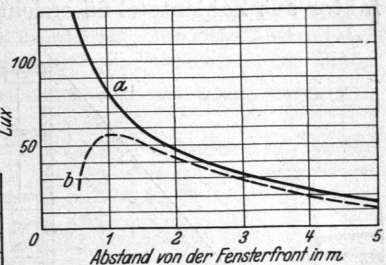


Abb. 340. Veränderung der Beleuchtungsstärke mit dem Abstand von der Fensterwand.

a in der Fensterachse. *b* in der Pfeilerachse.

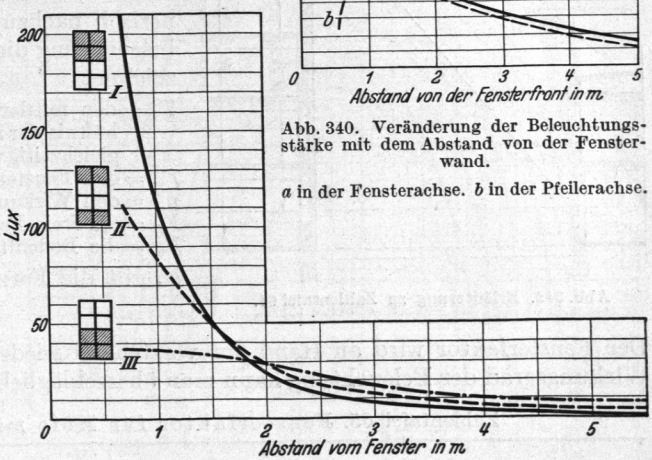


Abb. 341. Die Höhenlage der Fensterfläche beeinflußt die Verteilung der Beleuchtung im Raum. (Die nichtschraffierten Flächen sollen die Höhenlage der Fensterfläche über Fußboden andeuten.)

Gebäude, dann aber auch Mauervorsprünge (Fensterleibungen) die Beleuchtung des Fensters beeinträchtigen. Noch ungünstiger wird der Fensterfaktor auf Höfen beeinflußt. Der Fensterfaktor ist nach Frühling von ausschlaggebender Bedeutung für die Beleuchtung im Raum. Um ein Beispiel für die Größe des Fensterfaktors zu geben, ist in Zahlentafel 64 der Fensterfaktor für Räume an Straßen in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe, der Fensterhöhe und der Straßenbreite nach Frühling angegeben. Die Bedeutung der Buchstabenbezeichnungen in der Zahlentafel erhellt am besten aus Abb. 342. Für Höfe mit rechteckigem Grundriß ist der Fensterfaktor aus Zahlentafel 65 ersichtlich. Da praktisch alle Wände immer eine gewisse Stärke besitzen müssen, ist der Fensterfaktor noch durch Multiplikation mit dem Reduktionsfaktor ϱ zu verkleinern. Der Reduktionsfaktor ist in Zahlentafel 66 angegeben.

Zahlentafel 64. Fensterfaktor für Straßen.

$\frac{H-h}{B}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
f%	50	45	40	35,6	31,4	27,7	24,2	21,3	18,8	16,5	14,7	11,5	9,3	7,58	6,25	5,25

Bezeichnungen: Es bedeuten: H = Höhe der Gegenfront über der Straßenebene; h = Höhe der Fenstermitte über der Straßenebene; B = Straßenbreite.

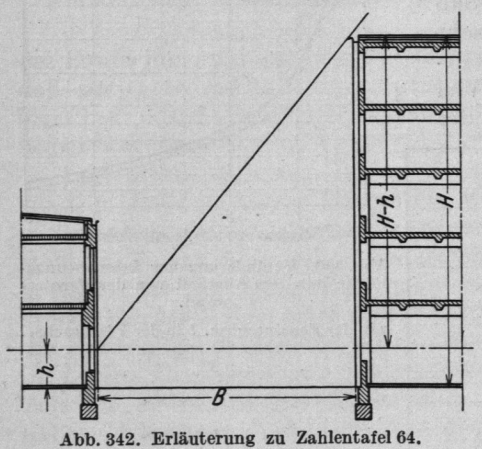


Abb. 342. Erläuterung zu Zahlentafel 64.

Mit den vorstehend behandelten Mitteln ist es nun möglich, die Beleuchtung eines Raumes daraufhin rechnerisch nachzuprüfen, ob bei einer gegebenen Außenbeleuchtung die Innenbeleuchtung ausreichend ist. Bezeichnet

T_m = den mittleren Tageslichtquotienten[1], d. i. das Verhältnis der mittleren Horizontalbeleuchtung im Raum zur gleichzeitig vorhandenen Horizontalbeleuchtung im Freien,
f = den Fensterfaktor,
η = den Wirkungsgrad der Beleuchtung,
F_f = die freie Fensterfläche,
F_b = die Bodenfläche des beleuchteten Raumes,

so gilt die Formel

$$T_m = f \cdot \eta \frac{F_f}{F_b}.$$

Der Fensterfaktor wird an Hand der vorstehend wiedergegebenen Zahlentafeln ermittelt; den Wirkungsgrad der Beleuchtung kann man überschläglich zu 0,4 annehmen. Ist z. B. der Fenster-

Zahlentafel 65. Fensterfaktor für Höfe mit rechteckigem Grundriß.

	L/H															
B/H	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,5	1,38	1,57	1,76	1,88	1,99	2,10	2,20	2,28	2,34	2,38	2,42	2,45	2,47	2,49	2,51	2,53
0,6	1,84	2,09	2,34	2,50	2,66	2,82	2,97	3,08	3,16	3,20	3,25	3,29	3,33	3,36	3,39	3,42
0,7	2,30	2,61	2,92	3,13	3,34	3,54	3,70	3,83	3,93	4,01	4,08	4,13	4,18	4,22	4,26	4,30
0,8	2,72	3,10	3,47	3,73	3,99	4,24	4,44	4,60	4,72	4,81	4,88	4,94	5,00	5,06	5,11	5,16
0,9	3,14	3,58	4,01	4,32	4,63	4,93	5,18	5,36	5,50	5,60	5,68	5,75	5,82	5,89	5,95	6,01
1,0	3,55	4,05	4,55	4,91	5,27	5,62	5,92	6,12	6,28	6,38	6,47	6,55	6,63	6,71	6,79	6,86
1,1	3,83	4,38	4,93	5,33	5,72	6,11	6,35	6,55	6,75	6,90	7,10	7,19	7,28	7,37	7,45	7,53
1,2	4,11	4,71	5,31	5,74	6,17	6,60	6,90	7,15	7,35	7,55	7,70	7,80	7,90	8,00	8,10	8,20
1,3	4,39	5,04	5,69	6,16	6,62	7,08	7,40	7,70	7,95	8,15	8,30	8,42	8,54	8,65	8,76	8,87
1,4	4,66	5,37	6,07	6,57	7,07	7,56	7,95	8,30	8,55	8,75	8,90	9,03	9,16	9,29	9,42	9,54
1,5	4,93	5,69	6,44	6,98	7,51	8,04	8,50	8,85	9,10	9,30	9,50	9,64	9,78	9,92	10,1	10,2
1,6	5,11	5,89	6,67	7,24	7,81	8,37	8,82	9,18	9,40	9,65	9,88	10,0	10,2	10,3	10,5	10,6
1,7	5,29	6,08	6,89	7,49	8,09	8,69	9,14	9,56	9,84	10,1	10,3	10,4	10,6	10,8	11,0	11,1
1,8	5,46	6,28	7,11	7,75	8,38	9,01	9,56	9,95	10,2	10,5	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,5
1,9	5,63	6,48	7,33	8,00	8,67	9,33	9,85	10,3	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0
2,0	5,80	6,68	7,55	8,25	8,95	9,65	10,2	10,6	10,9	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2	12,4

Bezeichnungen: Es bedeuten: H = Höhe der Gegenfront über der Straßenebene; B = Hofbreite; L = Hoflänge.

[1] Der Begriff „Tageslichtquotient" ist in der Beleuchtungstechnik seit längerer Zeit gebräuchlich. Das Interessante an der Wirkungsgradmethode ist, daß dieselbe eine Vorausberechnung des Tageslichtquotienten ermöglicht.

Zahlentafel 66. Reduktionsfaktor ϱ für Fenster mit vorspringender Außenmauer.

b/t	h/t												
	10	8	6	5	4	3	2	1,5	1	0,8	0,6	0,5	0,4
10	0,97	0,96	0,94	0,92	0,89	0,83	0,70	0,60	0,45	0,37	0,29	0,24	0,20
8	0,96	0,95	0,93	0,91	0,88	0,82	0,70	0,60	0,44	0,37	0,29	0,24	0,20
6	0,94	0,93	0,92	0,90	0,87	0,81	0,69	0,59	0,44	0,37	0,28	0,24	0,19
5	0,92	0,91	0,90	0,89	0,86	0,80	0,69	0,58	0,44	0,36	0,28	0,24	0,19
4	0,89	0,88	0,87	0,86	0,83	0,78	0,67	0,57	0,43	0,36	0,28	0,23	0,19
3	0,83	0,82	0,81	0,80	0,78	0,73	0,64	0,54	0,41	0,34	0,26	0,22	0,18
2	0,70	0,70	0,69	0,69	0,67	0,64	0,55	0,48	0,36	0,30	0,23	0,20	0,16
1,5	0,60	0,60	0,59	0,58	0,57	0,54	0,48	0,41	0,31	0,26	0,20	0,17	0,14
1	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,41	0,36	0,31	0,24	0,20	0,16	0,13	0,11
0,8	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,34	0,30	0,26	0,20	0,17	0,13	0,11	0,09
0,6	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,26	0,23	0,20	0,16	0,13	0,10	0,09	0,07
0,5	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,22	0,20	0,17	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06
0,4	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,16	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05

Bezeichnungen: Es bedeuten: ϱ = die Reduktionszahl für den Fensterfaktor, d. h. die Zahl, mit der der für die äußere Hauswand geltende Fensterfaktor multipliziert werden muß, um den tatsächlichen Fensterfaktor zu erhalten; b = die Fensterbreite; h = die Fensterhöhe; t = die Fenstertiefe, d. h. den Abstand der Fensterscheibe von der vorspringenden Außenmauer. Die Zahlentafel gibt die Größe des Faktors ϱ für eine Reihe von Werten der Quotienten b/t und h/t.

faktor zu 0,15 ermittelt worden, und ist das Verhältnis der Fensterfläche zur Bodenfläche = 25 : 100, so ist der mittlere Tageslichtquotient 0,015, d. h. also bei einer Außenbeleuchtung von 10000 Lux ist die mittlere Horizontalbeleuchtung im Raum 150 Lux. Diese Beleuchtung ist also als ausreichend für feine Arbeiten anzusehen. Die Annahme einer Außenbeleuchtung von 10000 Lux ist zunächst willkürlich. Es interessiert in diesem Zusammenhang daher noch, wie groß die Außenbeleuchtung im Freien zu verschiedenen Tageszeiten und in verschiedenen Monaten tatsächlich ist; hierfür ist nach Frühling eine Kurvenschar in Abb. 343 wiedergegeben. Selbstverständlich sind die Angaben des Diagramms vorsichtig zu verwenden, da sie für jeden Ort und für verschiedene meteorologische Verhältnisse verschieden sind. Immerhin sieht man, daß der Wert von 10000 Lux vom März bis September in der Zeit von 7 Uhr vormittags bis 4 Uhr nachmittags — also in der Hauptarbeitszeit — im Freien durchschnittlich erreicht wird. Begnügt man sich im Raum mit einer mittleren Beleuchtung von 40 bis 60 Lux, so würde diese Beleuchtung in vorstehendem Beispiel noch bei einer Außenbeleuchtung von etwa 2500 Lux erreicht werden, wie sie im Mittel nach dem Diagramm sogar noch in der Zeit von 9 bis 3 Uhr im Dezember gemessen wird.

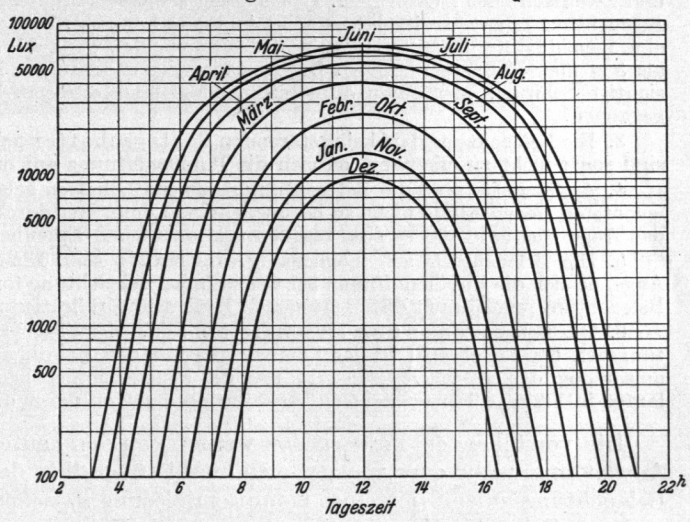


Abb. 343. Mittlere Horizontalbeleuchtung im Freien.

Die Frühlingschen Formeln gestatten auch eine Berechnung der Beleuchtung bei schrägliegenden Fenstern, z. B. bei Oberlichtern und Sheddächern. Für schrägliegende Fenster ist der Fensterfaktor (s. Abb. 344)

$$f = \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \cos\varphi \,.$$

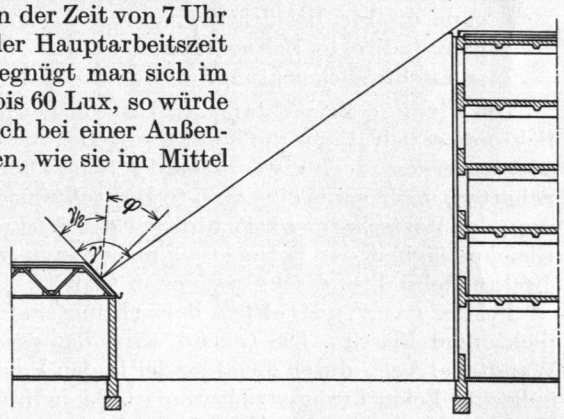


Abb. 344. Buchstabenerklärung zu nebenstehender Formel.

Der Wirkungsgrad der Beleuchtung kann bei schrägliegenden Fensterflächen größer angenommen werden (etwa zu 0,5).

Künstliche Beleuchtung. Im Gegensatz zur Tageslichtbeleuchtung ist die künstliche Beleuchtung schon längere Zeit Gegenstand einer wissenschaftlichen Betrachtung. Überhaupt ist die Lichttechnik erst im Zusammenhang mit der Technik der künstlichen Beleuchtung entstanden, was keineswegs befremden kann; ist doch die künstliche Beleuchtung einer exakten quantitativen Behandlung viel leichter zugänglich als das Tageslicht mit seinen mannigfaltigen Schwankungen, deren Beeinflussung außerhalb des menschlichen Machtbereiches liegt.

Im Fabrikbau legt man daher seit geraumer Zeit auf lichttechnisch einwandfreie Beleuchtungsanlagen großen Wert. Allerdings trifft man leider auch noch oft ganz falsch gebaute Beleuchtungskörper, unabgeschirmte (nackte) Lampen sowie unzweckmäßig verteilte Beleuchtungseinrichtungen. Um solche Fehler zu vermeiden, muß man sich vor Entwurf der Beleuchtungsanlage Rechenschaft über die Anforderungen geben, die an eine gute Beleuchtung zu stellen sind. Hierfür können folgende Grundsätze aufgestellt werden:

1. Die Beleuchtung muß eine gewisse Mindeststärke aufweisen (siehe Zahlentafel 63).
2. Das Arbeitspersonal darf weder direkt noch durch Spiegelung geblendet werden. Die DBG. hat als obere Grenze für die Leuchtdichte der Lichtquellen 0,75 HK/cm² festgelegt, da größere Leuchtdichten Blendungserscheinungen hervorrufen. Der vorstehend angegebene Wert wird jedoch von allen gebräuchlichen Lichtquellen bei weitem überschritten. Schon die Petroleumlampe besitzt eine Leuchtdichte von 1 bis 1,5 HK/cm². Für elektrische Glühlampen wächst dieser Wert auf 50 bis 800 HK/cm², für Bogenlampen sogar auf das Zehn- und Zwölffache der letzten Zahl. Es ist daher selbstverständlich, daß nackte Lichtquellen dieser Art für die Beleuchtung eines Arbeitsplatzes nicht in Frage kommen. Lediglich für allgemeine Raumbeleuchtung kann eine Leuchtdichte bis zu 5 HK/cm² zugelassen werden, wenn die Beleuchtungskörper in einer Höhe von mehr als 5 m über Fußboden hängen. Die Abschirmung der Lampen kann durch Reflektoren, das sind undurchsichtige Schirme, oder durch diffus streuende Hüllen erfolgen. Hierauf wird weiter unten noch näher eingegangen.
3. Die Beleuchtung darf keine störenden Schlagschatten geben. Die im Schatten liegenden Gegenstände sind sonst nicht zu erkennen, da sich die Pupillenöffnung auf die beleuchtete Fläche einstellt.
4. Andererseits muß die Beleuchtung genügend Schatten geben, um die körperliche Wirkung der beleuchteten Gegenstände nicht zu beeinträchtigen, denn erst durch den Schatten wirkt jeder Körper auch auf das Auge plastisch, wie es zum raschen und deutlichen Erkennen unbedingt erforderlich ist.
5. Die Beleuchtung soll möglichst gleichmäßig sein. Eine ungleichmäßige Beleuchtung ermüdet das Auge, da sich die Pupillenöffnung bei wechselnder Beleuchtung fortwährend anpassen muß. Eine gleichmäßige Beleuchtung wird durch diffus streuende Hüllen und reflektierende (indirekte) Beleuchtung gefördert.
6. Die Beleuchtung muß wirtschaftlich sein. Die Wirtschaftlichkeit hängt von der Wahl der Beleuchtungsart, der Leuchten und der Lampen ab. Für den Fabrikbau kommt wegen der relativ guten Energieumsetzung, der einfachen Bedienung und der Feuersicherheit heute praktisch nur noch die elektrische Glühlampe in Frage. Die nachstehende Ausführungen setzen daher diese Beleuchtungsart voraus.

Die vorstehenden Forderungen werden von den heute gebräuchlichen Leuchten bei richtiger Anwendung mehr oder weniger erfüllt. Wie überall in der Technik muß man sich auch bei der Beleuchtungsanlage mit einer Kompromißlösung zwischen den einzelnen Forderungen begnügen und von Fall zu Fall die zweckentsprechende Beleuchtungsart wählen. Es ist gerade auf diesem Gebiet als vollständig falsch zu bezeichnen, wenn man schematisch eine einmal als gut bekannte Beleuchtung auf anders geartete Verhältnisse übertragen will.

Man unterscheidet:
ganz direkte Beleuchtung,
ganz indirekte Beleuchtung,
gemischte Beleuchtung.

Die direkte Beleuchtung wird durch Leuchten mit spiegelnden oder diffus streuenden Reflektoren erzielt, wenn die Form des Reflektors oder der Hülle den Lichtstrom direkt nach unten oder außerdem auch etwas nach der Seite lenkt. Die direkte Beleuchtung ergibt oft zu scharfe Schatten, doch kann eine direkte Beleuchtung in Sonderfällen gut verwendbar sein. Die Forderung der Wirtschaftlichkeit wird bei der direkten Beleuchtung am besten erfüllt, doch läßt die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung mitunter zu wünschen übrig. Für Werkstattbeleuchtung ist die direkte Beleuchtung sehr verbreitet (siehe Abb. 345 und 346).

Bei der ganz indirekten Beleuchtung sind die Leuchten nach unten vollständig abgeschirmt (lichtundurchlässig). Die Leuchte wirft den gesamten Lichtstrom auf die Decke und die oberen Wandteile. Auch durch Lichtbänder in den Vouten und durch Lichtkästen an den Wänden kann indirekte Beleuchtung erzielt werden. Bei indirekter Beleuchtung ist Voraussetzung für eine gute Wirkungsweise, daß die Reflektionsflächen, also hauptsächlich die Decken, vollkommen weiß und unbeschmutzt erhalten werden. In staubigen Betrieben ist dies überhaupt nicht durchzuführen, daher kommt eine ganz indirekte Beleuchtung vorwiegend für Büros in Frage. Ein Nach-

teil dieser Beleuchtung ist auch die Schattenlosigkeit, welche das Auffinden von Körnerschlägen, Zirkelspitzen u. dgl. außerordentlich erschwert.

Am meisten verbreitet ist wegen der Nachteile der vorstehend beschriebenen Beleuchtungsarten in Geschoßbauten die gemischte (halbindirekte) Beleuchtung. Bei dieser Beleuchtungs-



Abb. 345. Direkte Werkstattbeleuchtung in einer Halle; als Leuchten sind Tiefstrahler gewählt worden.

art wird die Hälfte bis Zweidrittel des gesamten Lichtstromes von den Decken und Wänden reflektiert, während der Rest direkt nach unten strahlt. Auf gute Pflege des Decken- und Wandanstriches ist auch bei dieser Beleuchtung Wert zu legen. In Hallen mit großen Oberlichtern und

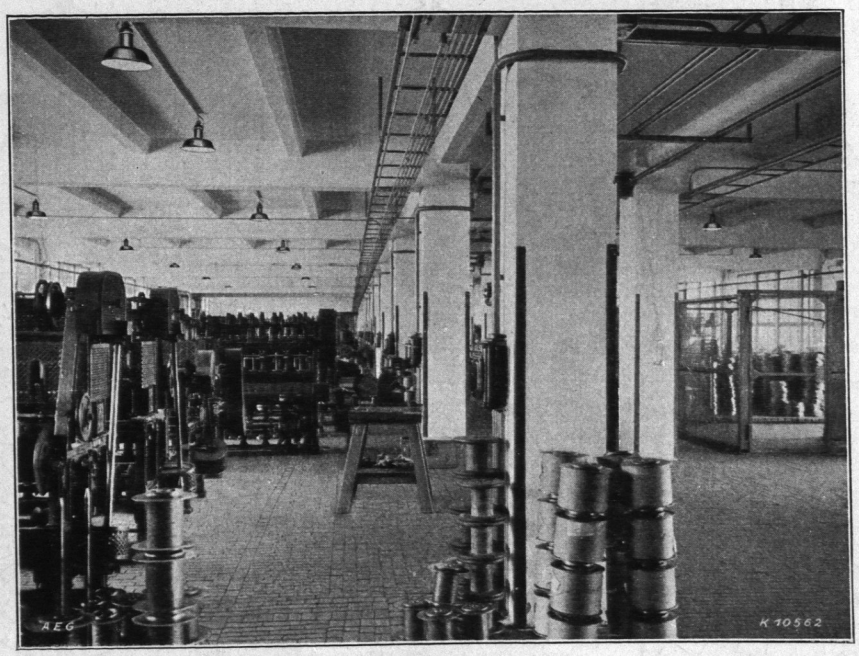
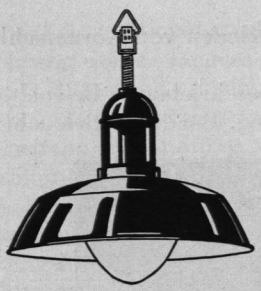


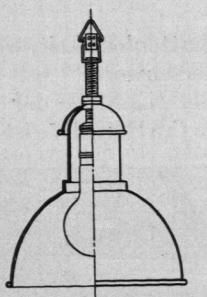
Abb. 346. Direkte Werkstattbeleuchtung in einem Stockwerksbau; als Leuchten sind Breitstrahler gewählt worden.

in Shedbauten kann die halbindirekte Beleuchtung nicht angewandt werden, weil die erforderlichen Reflektionsflächen fehlen. In diesen Räumen wird daher direkte Beleuchtung bevorzugt.

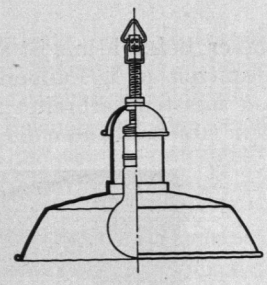
Nach vorstehenden Ausführungen ist es einleuchtend, daß die Gestaltung des Raumes, der Anstrich und die Farbe der Wände und Decken sowie die Einrichtung der Räume (Maschinen,



mit halbtiefem Reflektor u. Opalinglocke



mit tiefem Reflektor für 2α=120°



mit halbtiefem Reflektor für 2α=160°

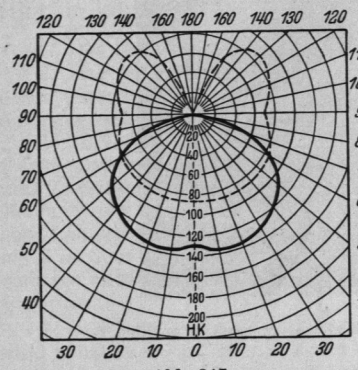


Abb. 347.

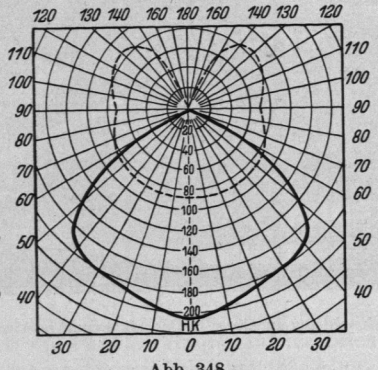


Abb. 348.

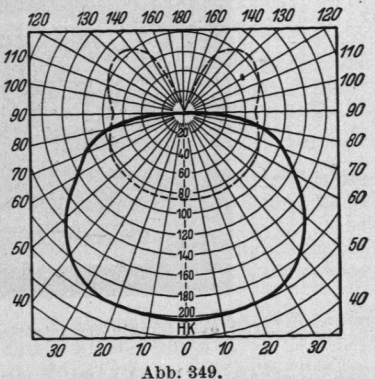
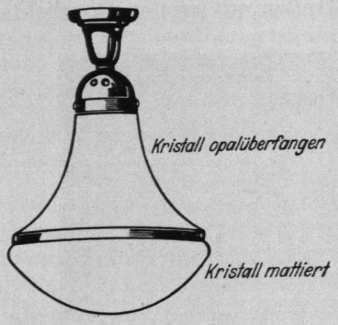
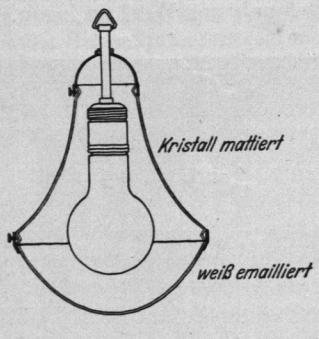


Abb. 349.

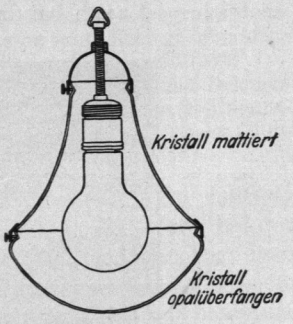
Abb. 347. bis 349. Werkstattleuchten; darunter Abhängigkeit der Lichtstärke von der Strahlrichtung (punktiert desgl. für die nackte Lampe ohne Leuchte).



vorwiegend direktes Licht



ganz indirektes Licht



halbindirektes Licht

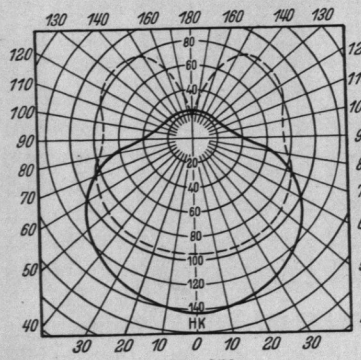


Abb. 350.

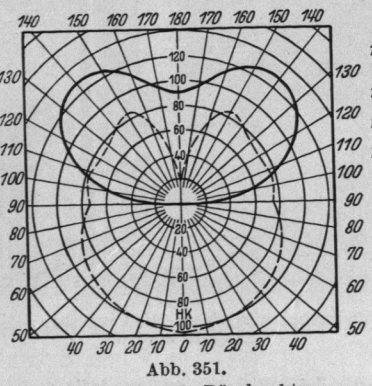


Abb. 351.

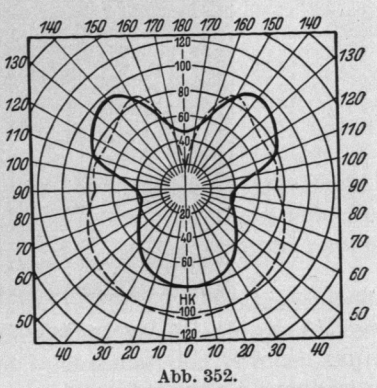


Abb. 352.

Abb. 350 bis 352. Büroleuchten.

Krane, Transmissionen, Werkstücke) die Wahl der Beleuchtungsart ausschlaggebend beeinflussen und die Erfüllung der oben wiedergegebenen Forderungen außerordentlich erschweren.

In vielen Fällen ist neben der allgemeinen Beleuchtung eine ergänzende Platzbeleuchtung erforderlich, so z. B. in Drehereien, Schlossereien, Mechanikerwerkstätten usw. Bei der Platz-

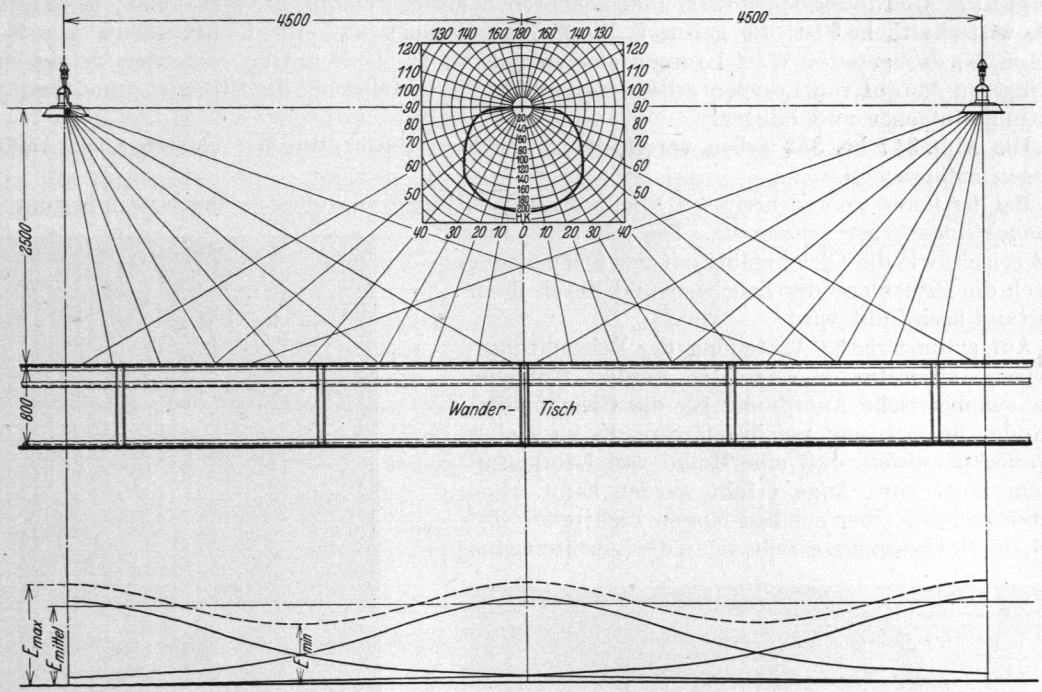


Abb. 353.

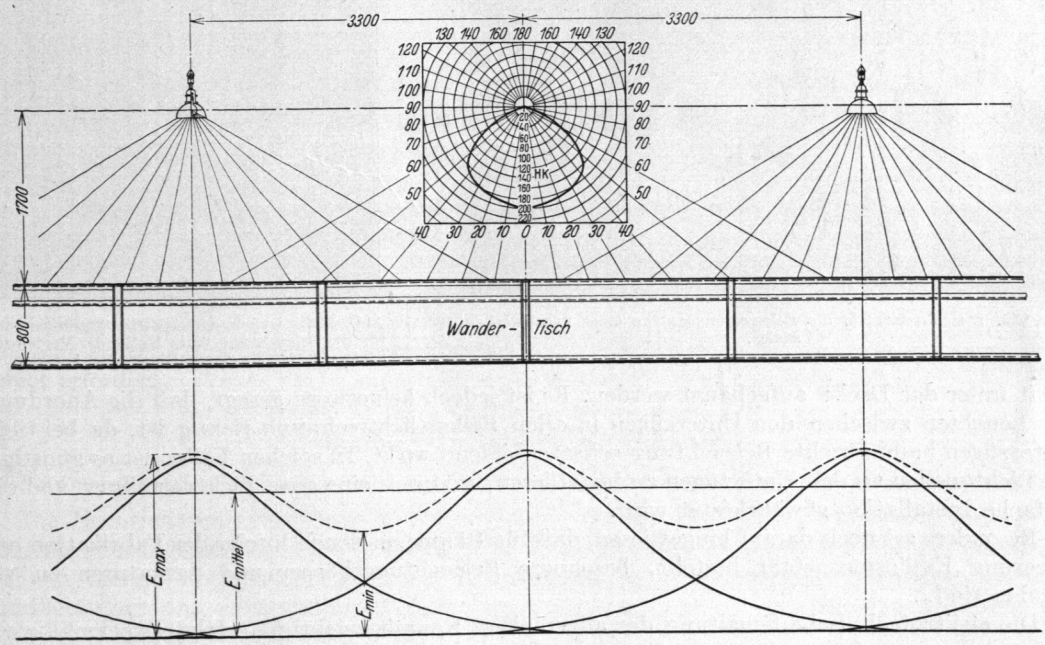


Abb. 354.

Abb. 353 und 354. Gleichmäßigkeit und Stärke der Beleuchtung (hier: eines Wandertisches) werden durch Höhenlage und Abstand der Leuchten maßgebend beeinflußt.

beleuchtung ist darauf zu achten, daß hauptsächlich das Werkstück beleuchtet und das Auge des Arbeiters gegen Blendung geschützt wird.

In Montagehallen, Gießereien, Versandhallen und in größeren Betrieben genügt meistens eine ausreichende Allgemeinbeleuchtung, bei welcher auf gleichmäßige Verteilung der Beleuch-

tung Wert zu legen ist. Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung wird durch eine größere Anzahl von lichtschwächeren Leuchten gefördert, auch werden hierbei die Schlagschatten gemildert. Trotzdem ist die Anordnung stark wirkender Leuchten in geringerer Anzahl vorzuziehen, da sie erheblich wirtschaftlicher ist. So geben z. B. 60-Watt-Lampen nur eine Lichtausbeute von 9 bis 11 Lm/W, dagegen 150-Watt-Lampen eine solche von 14 bis 20 Lm/W. Außerdem ist bei einer geringeren Anzahl von Lampen selbstverständlich die Installation, die Bedienung und Instandhaltung einfacher und billiger.

Die Abb. 347 bis 352 geben verschiedene Leuchten wieder, die den vorstehenden Ausführungen entsprechen.

Bei der heute weit verbreiteten Fließfabrikation ist auch eine entsprechende Gruppierung der Beleuchtungskörper notwendig. Die Abb. 353 und 354 zeigen, wie die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung durch die Höhenlage der Leuchten und durch ihren Abstand beeinflußt wird.

Auf symmetrische Verteilung der Beleuchtungskörper muß mitunter verzichtet werden, trotzdem eine symmetrische Anordnung für die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung von Wert wäre. Es muß aber vermieden werden, daß eine Reihe von Lampen in einem Zuge vom Auge erfaßt werden kann. Eine Unterbrechung einer solchen langen Lichtreihe wird z. B. durch Unterzüge erzielt, wenn die Leuchten ganz

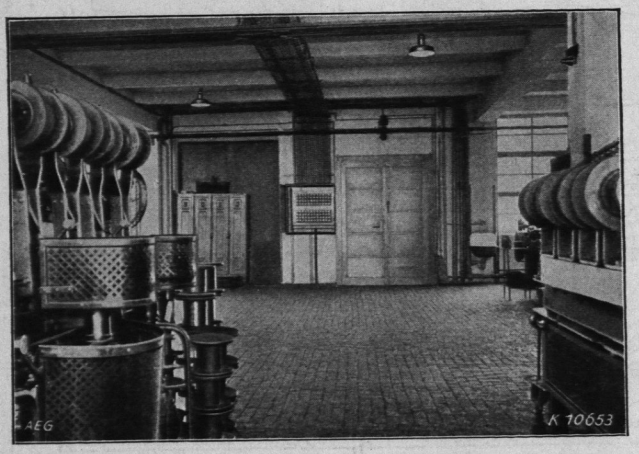


Abb. 355. Stromkreistafeln der Beleuchtungsanlage eines Stockwerkssaales.

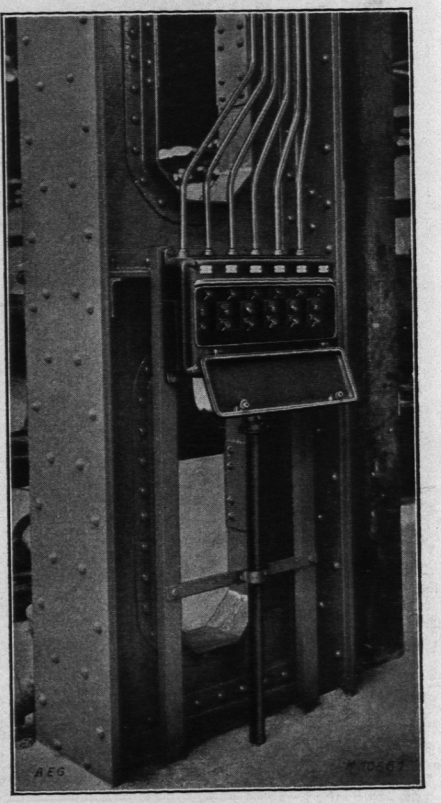


Abb. 356. Gußeisengekapselte Stromverteilung für die Beleuchtung einer Halle; der Verteilungskasten ist an einem Binderstiel befestigt.

dicht unter der Decke aufgehängt werden. Es ist jedoch keineswegs gesagt, daß die Anordnung der Leuchten zwischen den Unterzügen in allen Fällen lichttechnisch richtig ist, da bei tiefen Unterzügen halbindirekte Beleuchtung schattenbildend wirkt. In solchen Fällen ist es günstiger, die Lichtquellen an den Unterzügen zu installieren, wodurch eine gute Lichtverteilung und eine einfache Installation gewährleistet wird.

Besonders sei noch darauf hingewiesen, daß für Räume, in denen infolge der Fabrikation oder Lagerung Explosionsgefahr besteht, besondere Beleuchtungskörper und Armaturen zu verwenden sind.

Die elektrotechnische Schaltung der allgemeinen Raumbeleuchtung erfolgt zweckmäßig von einer oder von mehreren Zentralstellen aus. Die Stromkreistafeln werden unmittelbar vor den Steigeleitungen angeordnet (siehe Abb. 355 und 356) und sind mit guten Bezeichnungen zu versehen. Außer der allgemeinen Beleuchtung sollte in jedem wichtigen Betriebsraum eine Notbeleuchtung vorgesehen werden, die beim Versagen der Hauptbeleuchtung eine ausreichende Orientierung in den Räumen zuläßt. Beim Entwurf der Notbeleuchtung geht man zweckmäßig davon aus, welche Beleuchtung ein Wächter des Nachts bei seinem Kontrollgang benötigt; demnach sind alle Haupteingänge, Treppen und die Gänge in den Büros und Werkstätten an

dieses besondere Beleuchtungsnetz anzuschließen. Auf bequeme Schaltung (Treppenhaus- und Wechselschaltung) ist vor allem Rücksicht zu nehmen. Diese Beleuchtung soll mit der Hauptbeleuchtung gleichzeitig in Betrieb sein und kann beleuchtungstechnisch auch einen Bestandteil derselben bilden. Im Notfalle muß diese Beleuchtung aber auf jeden Fall ungestört bleiben. Im normalen Betrieb liegt auch dieser Teil der Beleuchtung an dem Hauptnetz. Beim Versagen desselben schaltet sich jedoch die Notbeleuchtung selbsttätig ein, so daß eine Unterbrechung der Stromzufuhr gar nicht zu bemerken ist. Für die Speisung der Notbeleuchtung kommt in erster Linie eine Akkumulatorenbatterie in Frage. Die Schaltung sollte nach Abb. 357 erfolgen; hierbei wird die Notbeleuchtung selbsttätig wieder auf das Hauptnetz geschaltet, sobald die Netzspannung zurückkehrt. Diese Schaltung ist jedenfalls der anderen Möglichkeit, ein besonderes Notlichtnetz einzuschalten, vorzuziehen, da in diesem Falle eine Rückschaltung von Hand erforderlich ist, so daß die Notbeleuchtung häufig des Nachts oder Sonntags bis zur Erschöpfung der Batterie weiterbrennt. Ein Vorteil des besonderen Notlichtnetzes liegt darin, daß man mit einer billigeren Batterie geringerer Spannung auskommen kann. Die Notlichtbatterie läßt sich jedoch auch für andere Zwecke ausnützen, so daß die zuerst beschriebene Ausführung der Notlichtschaltung vorzuziehen ist.

In besonderen Fällen kann es auch zweckmäßig sein, eine Kleinturbodynamo zur Speisung des Notlichtnetzes zu verwenden. Eine solche Kleinturbodynamo, wie sie zuerst für Lokomotivbeleuchtungszwecke entwickelt worden ist, kann automatisch durch ein Ventil eingeschaltet werden, das beim Wegbleiben der Netzspannung durch ein Gewicht geöffnet wird. Eine Notlichtbeleuchtung durch Ersatzlichtquellen kommt heute im Fabrikbau nicht mehr in Frage.

Beim Entwurf der Beleuchtungsanlage und bei der Auswahl der Leuchten ist zweckmäßig ein Lichtfachmann heranzuziehen, da die Erfüllung der verschiedenen oben angegebenen Forderungen praktisch ziemlich schwierig ist und eine große Erfahrung auf diesem Spezialgebiet erfordert.

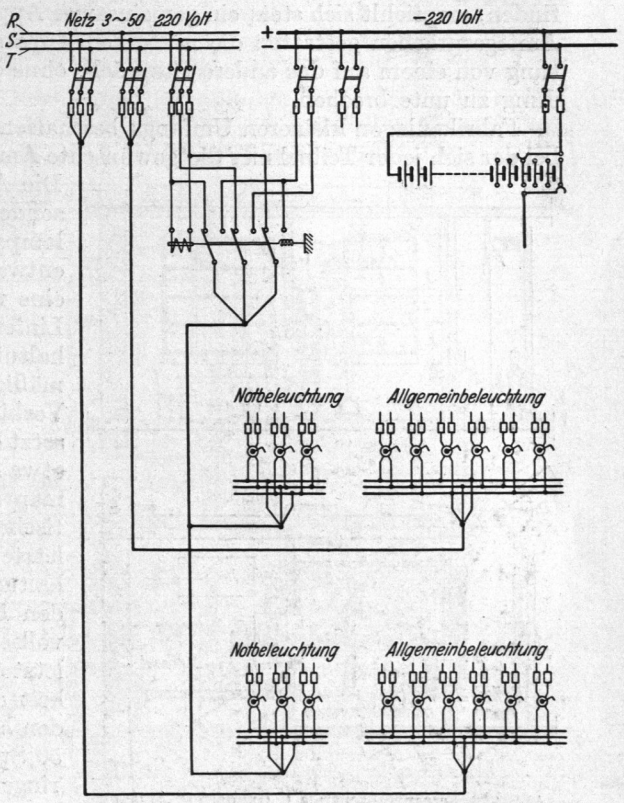


Abb. 357. Schaltungsschema einer Beleuchtungsanlage; ein spannungsabhängiger Umschalter schaltet die Notbeleuchtung beim Ausbleiben der Netzspannung selbsttätig auf die Batterie um; sobald die Spannung zurückkehrt, wird die Notbeleuchtung wieder selbsttätig auf das Netz geschaltet.

16. Nachrichtenübermittlung.

Fernsprechanlagen. — Uhrenanlagen. — Feuermeldeanlagen. — Rufanlagen. — Kleinförderanlagen.

Die Nachrichtenübermittlung in Fabrikanlagen umfaßt ein Gebiet, das sich in den letzten Jahrzehnten ungemein entwickelt und eine hohe Bedeutung gewonnen hat. Im weiteren Sinne rechnen hierzu die Einrichtungen zur Fernübertragung von Gesprächen, Zeitangaben sowie handbetätigter und selbstwirkender Warn- und Schutzsignale und schließlich auch solche zum Transport leichter Gegenstände.

Die wichtigste Gruppe bilden die Fernsprechanlagen, die auch bezüglich ihrer Ausführungsformen die größte Mannigfaltigkeit aufweisen. Der Umfang solcher Anlagen ist von Fall zu Fall zu bestimmen; die Zahl der Sprechstellen in ein Verhältnis zur Zahl der Fabrik- oder Bürobelegschaft zu setzen, ist nicht angängig, da dies von zu viel Faktoren abhängig ist. Die meisten Apparate beanspruchen naturgemäß die Verkaufsabteilungen; es folgen ungefähr der Reihe nach die Verwaltungs-, Projekten-, Berechnungs- und Konstruktionsabteilungen, während der Bedarf der Werkstätten im allgemeinen gering ist. Die Organisation sowie die örtliche Lage

aller dieser Abteilungen und der Charakter des Betriebes beeinflussen Art und Umfang der Fernsprecheinrichtungen. Der Anordnung der Sprechstellen ist Rechnung zu tragen bei der Wahl der Vermittlungsstelle. Diese soll möglichst im Schwerpunkt des Sprechverkehrs liegen, um den Umfang des Leitungshetzes, dessen Herstellung bei ungünstiger Lage einen erheblichen Kostenanteil beansprucht, möglichst gering halten zu können. Es ist zu entscheiden, ob man mit einem an das Reichspostnetz angeschlossenen System auskommt oder für den inneren Hausverkehr eine gesonderte Einrichtung benötigt. Es ist weiter zu entscheiden, ob man im letzteren Falle für beide Systeme gemeinsame Sprechapparate oder einen besonderen Apparat für Post- und Hausverkehr wünscht. Falls sich beide Systeme im Eigentum des Fabrikunternehmens befinden, empfiehlt sich stets ein gemeinsamer Apparat, bei gleichzeitiger Ankunft von Haus- und Amtsgesprächen gestatten die modernen Apparatausführungen auf einfachste Weise Umschaltung von einem auf das andere Gespräch, ohne dadurch die zuerst vorhanden gewesene Verbindung zu unterbrechen.

Fabrikanlagen kleineren Umfangs beschaffen sich zweckmäßig eine Reihenschalteinrichtung, bei der sich jeder Teilnehmer die gewünschte Amts- oder Hausverbindung selbst herstellen kann. Die Apparate besitzen für den Amtsverkehr ein besonderes Tastsystem mit Schauzeichen oder Besetztlampe für jede Amtsleitung. Der Hausverkehr kann entweder über Druckknopflinienwähler oder über eine vollautomatische Hausvermittlung erfolgen. Die Linienwähler sind bezüglich Bedienung und Unterhaltung sehr einfach, benötigen jedoch verhältnismäßig viel Leitungen, da alle Apparate unter sich Verbindungen haben müssen. Diese Notwendigkeit setzt der Zahl der Sprechstellen eine Grenze, die bei etwa 20 liegt. Bei Überschreitung dieser Grenze muß man entweder zur handbetätigten oder vollautomatischen Vermittlung übergehen. Es ist natürlich, daß letztere wesentlich höhere Einrichtungs- und Unterhaltungskosten beansprucht, wofür aber die laufenden Kosten für Bedienung fast verschwinden. Die vollselbsttätige Fernsprechvermittlung ist in den letzten zwei Jahrzehnten zu einer hohen Vollkommenheit entwickelt worden. Solche Einrichtungen werden heute gebaut als „Wandkleinanlagen“ für 10 bis 50 Sprechstellen; sie beanspruchen einen äußerst geringen Aufwand an Platz und Betriebsenergie. Andererseits lassen sie sich bis zu den größten Verkehrsleistungen für Millionenstädte bei sachgemäßer dekadischer Aufteilung ausbauen. Die Zuleitung zum einfachen Sprechapparat besteht stets nur aus einem Leitungspaar; das Leitungsnetz an sich ist also sehr einfach und dementsprechend billig. Fabriken mittleren Umfangs bis 100 Teilnehmer sind auszurüsten mit einer „Hunderter“-Anlage, die aus einem Standgestell und der an der Wand angebrachten Nebenapparatur besteht. In dieser Reihe kommt für größere Werke die „Tausender“-Anlage in Frage, die je nach Teilnehmerzahl über 100 bis 1000 zwei bis zehn Standgestelle benötigt und für die dann dementsprechend Raum zur Verfügung zu stellen ist. In den Abb. 358 und 359 sind Anlagen verschiedenen Umfangs mit den zugehörigen Nebenanlagen dargestellt. In der Regel wird sich dabei die Notwendigkeit ergeben, drei nebeneinander liegende Räume dafür vorzusehen: den Bedienungsraum, den Apparateraum und den Batterieraum. Für den ersten genügt ein verhältnismäßig kleiner Raum, da hier nur die wenigen bedienenden Personen untergebracht sind. Man richtet bei größeren Anlagen heute gewöhnlich die Hausanlage vollselbsttätig, also ohne jede unmittelbare Bedienung, die Postanlage halbselbsttätig ein. Dies bedeutet, daß ein Teilnehmer bei Abnehmen seines Amtsapparates bzw. Drücken der Amtstaste sofort eine freie Amtsleitung erhält. Die ankommenden Amtsgespräche müssen natürlich in jedem Falle dem gewünschten Teilnehmer durch Handbetätigung zugeführt werden. Es gibt zwar auch vollselbsttätige Ämter, bei denen ankommende Gespräche durch Wählscheibe bis zum Einzel-

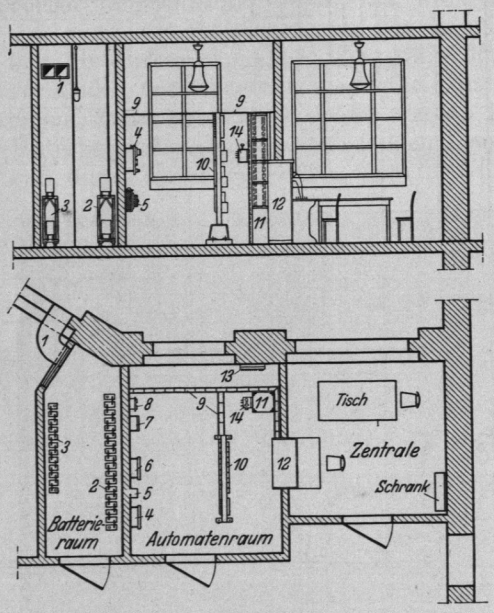


Abb. 358. Fernsprechzentrale („Hunderter“-Anlage).

1 Entlüftung, *2* Fernsprechbatterie, *3* Uhrenbatterie, *4* Ladetafel für *2*, *5* Gleichrichter, *6* Ladetafel für *3*, *7* Mutteruhr, *8* Relais für Feuersignal, *9* Kabelregister, *10* Wählergestell, *11* Hauptverteiler, *12* Vermittlungsstelle, *13* Postprüfapparat, *14* Hausprüfapparat.

teilnehmer einer großen Anlage geleitet werden können; diese haben aber aus begreiflichen Gründen keine größere Verbreitung gefunden. Die neueste Einrichtung der Vermittlung ist der Zahlengeber, der eine wesentlich leichtere Weitergabe des Gespräches gestattet als die Wählscheibe.

Ein Vermittlungsschrank mit zwei Arbeitsplätzen, also zwei bedienenden Personen, ist etwa ausreichend für 20 Amtsanschlüsse mit 150 Amtsnebenanschlüssen; dabei brauchen beide Plätze gewöhnlich nur in den Verkehrsspitzenzeiten besetzt zu werden. Bei halbselbsttätigem Amtsbetrieb ergibt sich von selbst der Richtungsverkehr, d. h. Benutzung des einen Teiles der Amtsleitungen für die ankommenden, des anderen Teiles für die abgehenden Gespräche. Auch bei rein handbetätigten Zentralen ergeben sich aus dieser Einrichtung Vorteile für die Verkehrsabwicklung. Das Teilungsverhältnis hängt von dem Charakter der Anlage ab.

Zweckmäßig wird der Vermittlungsschrank in die Trennwand zum Apparateraum so eingebaut, daß die Schrankrückseite von diesem Raum aus bequem zugänglich ist. Die Führung der Leitungen zu den Wählergestellen und dem Verteilergerüst, auf dem die Ordnung der sämtlichen Zu- und Ableitungen vorgenommen wird, ist dann mit Hilfe von Brückenrosten sehr einfach. Die Abdichtung des Wanddurchbruches muß schall- und zugluftsicher sein.

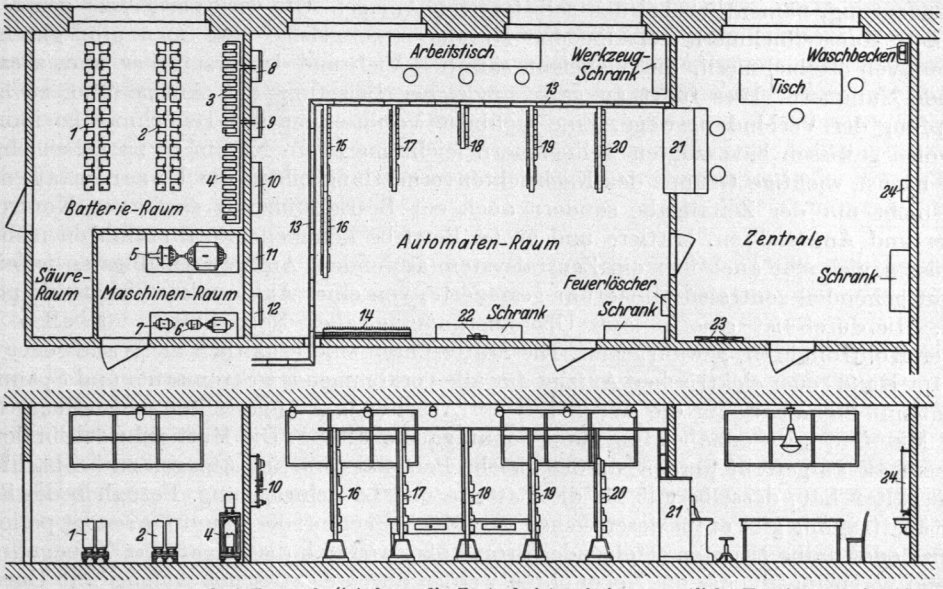


Abb. 359. Fernsprechzentrale („Tausender"-Anlage; die Zentrale ist auf eine wesentliche Erweiterung eingerichtet.)
1, 2 Fernsprechbatterien, *3* Uhrenbatterien, *4* Feuermeldebatterien, *6, 7* Rufmaschinen, *8* bis *12* Schalttafeln, *13* Kabelregister, *14* Hauptverteiler, *15* bis *20* Wählergestelle, *21* Vermittlungsschrank, *22* Prüfapparat, *23* Postprüfapparat, *24* Mutteruhr.

Im Apparateraum sind außer den verschiedenen Wählergestellen und dem Hauptverteiler noch unterzubringen: die Lade- und Rufmaschinen mit den zugehörigen Einrichtungen, der Prüfapparat, eine Reparaturwerkbank und ein Schrank für Werkzeuge und die notwendigen Ersatzmaterialien. Empfehlenswert ist, hier auch die Zentraleinrichtungen für sonstige Signalanlagen wie Uhren, Pausenzeichen, Feuermeldung u. dgl. unterzubringen, und zwar sowohl die Lade- und Schalteinrichtungen im Apparateraum, wie die Betriebsbatterien im benachbarten Akkumulatorenraum; auf den erwähnten Abbildungen ist dies durchweg berücksichtigt. Ob man noch einen besonderen Raum für die Maschinen schafft, wie auf Abb. 359 dargestellt, ist lediglich eine Platzfrage.

Der Batterieraum schließt sich an den Apparateraum an, beide Räume haben keine unmittelbare Verbindung, um die empfindlichen Apparate vor den gefährlichen Säuredämpfen zu bewahren. Der Batterieraum hat nur eine Tür nach außen; er ist gut zu entlüften. Wichtig ist ein dauerhafter, säurefester Anstrich der Wände, Decken und aller säureempfindlichen Bauteile; der Fußboden muß säuredicht ausgebildet sein (siehe den Abschnitt „Fußböden und Fahrbahnen"). Bei Ausführung von Asphaltfußboden sind unter die Füße des Batteriegestelles Platten zu legen, damit ein Eindringen der Füße in den Asphalt und eine Schiefstellung des Gestells vermieden wird. Die durch die Wand gut abgedichtet und isoliert durchgeführten, blanken Zuleitungen sind auf geeigneten Porzellanisolatoren zu verlegen und ebenfalls zu streichen.

Die handbetätigten Hausvermittlungszentralen sind den vollselbsttätigen gegenüber heute an Bedeutung zurückgetreten. Die Vorteile der letztgenannten, die Gesprächsgeheimhaltung absolut zu wahren und jederzeit — auch außerhalb der Dienststunden — bereitzustehen, haben zu ihrer heutigen bevorzugten Verwendung erheblich beigetragen. Stets sollte man diese Anlagen nur in durchaus geeigneten Räumen unterbringen, d. h. in Räumen, die möglichst im Verkehrsschwerpunkt liegen, frei von Feuchtigkeit und Staubentwicklung sind und keine größeren Temperaturschwankungen aufweisen.

Große Sorgfalt ist dem Ausbau des Leitungsnetzes zu widmen. Gewöhnlich werden die Zuleitungen von der Zentrale zu den Verteilungskästen je nach der Örtlichkeit als Bleikabel mit oder ohne Eisenbandbewehrung oder als einzelne isolierte Leitungen in Rohren verlegt. Diese Verlegungsart ist nur dort anzuwenden, wo das Eindringen von Feuchtigkeit nicht zu befürchten ist. Besonders in neuen Gebäuden soll man hier vorsichtig sein, da sonst unangenehme Störungen und kostspielige Leitungsauswechslungen notwendig werden können; selbsttätige Fernsprechsysteme sind in dieser Hinsicht sehr empfindlich.

Für den Betrieb von Fernsprechvermittlungen ist die Numerierung der Teilnehmer nicht ohne Bedeutung, namentlich bei den selbsttätigen Anlagen. Oft wird der Fehler gemacht, den Post- und Hausteilnehmern verschiedene Nummern zu geben; oder man gibt gleichartigen Gruppen von Teilnehmern, die vielleicht sämtlich Viel- und Dauersprecher sind, zusammenhängende Nummern. Dies führt zu ganz ungleicher Belastung der Anlage und zu häufiger Verstopfung der Verbindungswege. Eine sachliche Vermischung der Teilnehmer ist immer ratsam, wobei gewissen bevorzugten Teilnehmern leicht merkbare Nummern zu geben sind.

Die nächst wichtige Gruppe der Nachrichtenvermittlung bilden die Uhrenanlagen. Diese dienen nicht nur der Zeitangabe sondern auch zur Betriebsführung sowie zur Kontrolle der Arbeiter und Angestellten. Mittlere und große Betriebe kommen mit Einzeluhren nicht mehr aus, müssen vielmehr auch hier ein Zentralsystem anwenden. Am zweckmäßigsten ist eine von einer gut gehenden zentralen Mutteruhr gesteuerte, von einer Akkumulatorenbatterie gespeiste Anlage. Hierdurch ist eine genaue Übereinstimmung aller Nebenuhren, vor allen Dingen auch der Kontrolluhren, gewährleistet. Die Mutteruhren sind erhältlich als Wand- oder Standuhren, für Hand- oder elektrischen Aufzug, für alle vorkommenden Stromarten und Spannungen, vereinigt mit Signalgabe für die Arbeitszeit der Arbeiter und Angestellten, einstellbar von fünf zu fünf Minuten, mit Sonnabendum- und Sonntagausschaltung. Die Mutteruhr soll in der Fernsprechzentrale aufgestellt werden, da das gleiche Personal derartige Anlagen zu beobachten und zu unterhalten hat; dasselbe gilt für die Batterie und Ladeeinrichtung. Bezüglich des Systems der Zeitübertragung gibt es im wesentlichen zwei Möglichkeiten: die Hauptuhr sendet periodische, alle ganze oder halbe Minuten erfolgende Stromstöße, wodurch die Zeiger aller Nebenuhren entsprechend vorspringen, oder die Nebenuhren werden durch elektrischen Aufzug mit Unruhe im Dauergang gehalten mit der steten Neigung, stündlich einige Sekunden vorzueilen. Genau zur vollen Stunde wird das Uhrwerk gesperrt und von der Mutteruhr zur genauen Zeit wieder freigegeben. Auf diese Weise wird stets eine richtige Zeit gehalten. Beide Systeme haben ihre Vorzüge; das Einregulieren nach einer zentralen Störung ist bei den Minutenspringern bequemer, das ganze Uhrwerk hier einfacher. Die Mutteruhren sind gewöhnlich für beide Systeme vorgesehen. Eine Mutteruhr kann etwa 20 bis 30 Nebenuhren direkt steuern, bei einer größeren Anzahl werden geeignete Relais zugeschaltet. Listenmäßig werden die gewöhnlichen Uhren mit Zifferblattgrößen etwa von 200 bis 600 mm Durchmesser geliefert, als gewöhnliche Zimmerwanduhr, als wetterfeste Außenuhr mit Rohr- oder Kettenaufhängung, mit Innenbeleuchtung und in sonstigen gebräuchlichen Ausführungen.

Die Arbeiterkontrolluhr bildet ein wertvolles Hilfsmittel zur Überwachung der Arbeitszeit und zur Lohnabrechnung. Empfehlenswert ist ebenfalls Anschluß an das Uhrennetz, schon um die Einheitlichkeit der Zeitangabe zu gewährleisten. Die zweckmäßige Anordnung dieser Uhren sowie der zugehörigen Kartenkästen ist im Abschnitt „Werksicherheitsanlagen" behandelt. Die Uhr druckt ihre Kennziffer mit ab, damit die Benutzung anderer Uhren bemerkt wird. Eine Uhr reicht für etwa 80 Personen mit gleicher Arbeitszeit; eine größere Personenzahl hat leicht Unzuträglichkeiten zur Folge.

Ein ganz anderes Uhrensystem stellen die in den letzten Jahren entwickelten Synchronuhren dar, die unmittelbar an das Wechselstromnetz anzuschließen sind. Der Antrieb dieser Uhren besteht aus einem kleinen Einphasen-Synchronmotor, dessen Stahlanker beim Einschalten von selbst an- und in synchroner Drehzahl weiterläuft. Bei diesem Uhrensystem ist eine

absolut genaue Frequenzhaltung in den Wechselstromnetzen Bedingung, die jedoch heute bereits von vielen frequenzführenden Großkraftwerken mit Hilfe besonderer Regeluhren erfüllt wird. Der Anschluß der Uhren kann an jeder Wechselstromsteckdose erfolgen; sie eignen sich daher hervorragend für Einzeluhren in Zimmern, Werkstätten, auf Schreibtischen usw. Wünschenswert ist stets eine bequeme Zugänglichkeit, da sie bei Störungen von Hand nachgestellt werden müssen. Man hat auch hier versucht, Gangreserve einzubauen, besonders für die Verwendung in Netzen, in denen Störungen häufig vorkommen. In größeren Anlagen sieht man auch ein besonderes Wechselstromnetz vor, um derartige Störungen auszuscheiden.

In engem Zusammenhang mit der Uhrenanlage steht die Pausensignalanlage. Die Einstellung der Pausen ist bei der Mutteruhr bereits erwähnt. Zur Erzeugung der akustischen Signale benutzt man Wecker oder Hupen, fürs Freie in wetterfester Ausführung. Die Wecker wählt man der besseren Wirksamkeit wegen für Gleichstrom und schließt sie an die Uhrenbatterie mit an; die Hupen sind am einfachsten für Wechselstrom zu nehmen und aus der Lichtleitung zu speisen. Die Unterschiedlichkeit der einzelnen, an der gleichen Stelle hörbaren Signale muß zur Vermeidung von Irrtümern gewahrt werden; man nimmt z. B. für die Feueralarmanlage gern die Hupe, kann diese natürlich dann für andere allgemeine Signale nicht mehr verwenden. Die Wechselstromhupe hat nur eine von der Stromfrequenz abhängige Tonhöhe und kann für verschiedene Stärken geliefert werden. Es gibt Werkstätten mit bestimmten Betriebsgeräuschen, in denen die allgemeinen Signale nicht gehört werden und die Signalgeber daher besonders angeordnet werden müssen. Dazu rechnen Blechbearbeitungswerkstätten, Drehereien für Stangenarbeiten und ähnliche Betriebe. Eine erheblich durchdringendere Wirkung haben motorangetriebene Sirenen, deren Tonhöhe mit der Motordrehzahl einstellbar ist, deren schriller Ton sich jedoch für regelmäßige Signale, besonders in Wohngebieten, wenig eignet. Für Feuermelde- und ähnliche Alarmsignale sind sie sehr beliebt.

Die Feuermeldeanlagen sind in ihrer Anordnung ebenfalls von Größe und Charakter des Betriebes stark abhängig. In kleinen Anlagen genügt oft eine Leitungsschleife, die über Ruhekontakte in den einzelnen gefährdeten Betriebsräumen führt; bei Betätigung wird eine überall hörbare Alarmvorrichtung der vorbeschriebenen Art ausgelöst. Große Anlagen kommen mit dieser einfachen Art nicht aus; hier muß in einer — zweckmäßig beim Pförtner untergebrachten — Zentrale durch optische Anzeige die Brandstelle näher gekennzeichnet werden. Es muß daher eine Unterteilung des Geländes und der Gebäude vorgenommen werden. Bei Hochbauten kann man vertikal nach Treppenhäusern oder horizontal nach Geschossen einteilen. Besonders gefährdete Stellen erhalten dabei eine direkte Leitung. In umfangreicheren Fabrikanlagen wendet man Feuermelder an, bei denen nach Drücken eines Knopfes oder Ziehen eines Ringes ein Schaltwerk abläuft, das durch die Zahl der gegebenen Impulse in der Zentrale die genaue Nummer der bedienten Stelle erkennen läßt. In allen Fällen ist natürlich ein deutliches akustisches Signal erforderlich. Empfehlenswert ist eine Einrichtung beim Pförtner zur Alarmierung der Berufsfeuerwehr.

Die Anordnung der handbetätigten Melder ist reiflich zu überlegen; vorteilhaft werden sie in der Nähe der Ausgangstüren angebracht, möglichst neben den sonstigen Feuerschutzeinrichtungen wie den Schlauchkästen und den Handfeuerlöschern. Durch hochroten Farbanstrich macht man sie leicht kenntlich.

Die handbetätigten Melder kann man für wenig betretene, feuergefährliche Räume und auch für die Arbeitspausen durch selbsttätig arbeitende Melder ergänzen, deren Wirkung auf der durch Wärme erzeugten Formänderung von Metallstäben, gewöhnlich sich krümmenden Bimetallstreifen, beruht. Es werden dadurch Kontakte geöffnet oder geschlossen und die gleichen Signale wie durch Handbetätigung ausgelöst.

Um das Aufsuchen von Personen, die sich öfter und länger aus ihrem Dienstzimmer entfernen, zu erleichtern, werden Suchanlagen eingerichtet. Die einfachste Form ist ein akustisches Signal, das durch Morsezeichen die gesuchte Persönlichkeit kennzeichnet. Beliebter sind optische Signale, die in den in Betracht kommenden Räumen angebracht werden und durch verschieden gefärbte Glühlampen oder Glasscheiben den gleichen Zweck ohne Rufsignal erfüllen. Die Anlage wird von der Fernsprechzentrale bedient; der Gesuchte meldet sich an dem nächsten Fernsprechapparat. Es kann hier oft ein erheblicher Zeitverlust vermieden werden. Natürlich darf dieses System nicht auf einen zu großen Teilnehmerkreis ausgedehnt werden.

Zum Heranholen von Personen bedient man sich der Rufanlage. Das auf dem Arbeitstisch des Abteilungsvorstandes befindliche Schalttableau enthält eine entsprechende Anzahl Druckknöpfe mit kleinen Signallampen; auf der Gegenseite ist je ein Druckknopf mit der gleichen

Lampe. Bei Anruf macht ein kleiner Schnarrwecker aufmerksam; die Lampe leuchtet beiderseits so lange auf, bis der Druckknopf von dem Gerufenen gedrückt wird. Der Chef weiß, daß der Gerufene am Platz ist und sofort erscheinen wird.

Zur Übermittlung kleiner Gegenstände werden Vertikal- und Horizontalkleinförderanlagen für Akten, Briefsachen und ähnliche Teile gebaut. Einen großen Umfang können druckluftbetriebene Rohrpostanlagen annehmen, die wohl einen sehr schnellen Beförderungsdienst ermöglichen, jedoch wegen der hohen Anlagekosten und der Beschränkung des Fördergutes auf ganz kleine Teile nur in verhältnismäßig wenigen Fällen Anwendung finden. Anlagen der letztgenannten Art werden gewöhnlich von den gleichen Firmen hergestellt und vertrieben, die sich mit den eigentlichen Anlagen der Nachrichtenübermittlung befassen.

Als Betriebsenergie kommt für die vorbeschriebenen Einrichtungen fast nur die Elektrizität in Frage. Für Kleinstanlagen kommt man mit Primärelementen aus. Die Einheit der hieraus gelieferten Energie ist zwar außerordentlich teuer, doch ist der Bedarf wieder so gering, daß dieser Faktor keine Rolle gegenüber den Anlagekosten spielt. Für größere Anlagen werden Akkumulatorenbatterien verwendet. Wichtigere Einrichtungen, wie Fernsprech- und Uhrenanlagen, bei denen eine Störung der Energielieferung unbedingt verhütet werden muß, werden zweckmäßig aus einer Doppelbatterie versorgt, so daß nach Erschöpfung genügend Zeit für Wiederaufladung zur Verfügung steht. Neuerdings begnügt man sich zwecks Ermäßigung der Anlagekosten wohl auch mit einer Batterie und versieht diese mit einer Dauerladevorrichtung in Gestalt eines Kleingleichrichters, der die in der Betriebszeit verbrauchte Energie innerhalb des vollen Tages stetig wieder ersetzt. Die hiermit gemachten Erfahrungen sind im allgemeinen gut; die hohe Betriebssicherheit einer Doppelbatterie bietet diese Einrichtung aber nicht.

17. Werksicherheitsanlagen.

Toranlagen. — Grundstückseinfriedigungen. — Abstelleinrichtungen für Kraftfahrzeuge und Fahrräder.

Unter dem Begriff „Toranlagen" sollen in diesem Abschnitt weniger die konstruktiven Einzelheiten der Tore und Türen in den Grenzabschlüssen verstanden werden, als vielmehr die

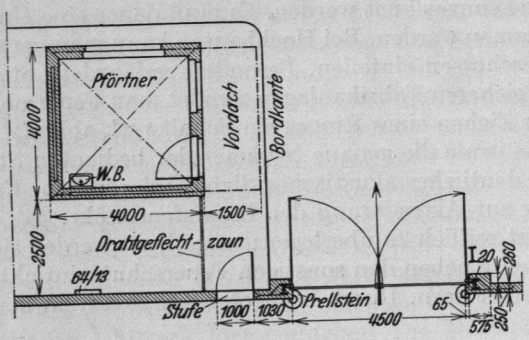


Abb. 360. Toranlage; das Pförtnergebäude enthält nur einen Raum.

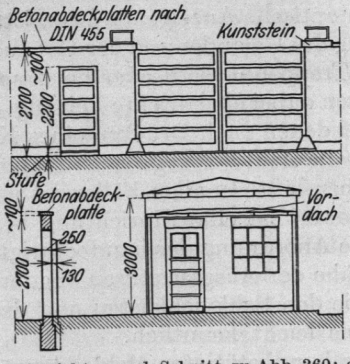


Abb. 361. Ansichten und Schnitt zu Abb. 360; oben Ansicht gegen die Toranlage, unten Schnitt durch die Grenzmauer und Ansicht gegen das Pförtnergebäude.

gesamten baulichen Anlagen, die in der Nähe eines Fabriktores zur Durchführung der organisatorischen Kontrollmaßnahmen nun einmal notwendig sind. In erster Linie gehören hierzu die Pförtnerräume, die entweder in einem günstig gelegenen Büro- oder Werkstättengebäude oder in einem besonderen Pförtnergebäude untergebracht werden. Dieses wird am besten in der Flucht des Grenzabschlusses, mindestens aber unmittelbar dahinter angeordnet. Die Zahl der Werkstore ist so gering wie möglich zu halten, da jedes Tor eine Pförtnerbesetzung erfordert. Der Verkehr der Arbeiter, Angestellten und werksfremden Personen ist zweckmäßig nur über ein Haupttor zu leiten, so daß nicht zu umgehende Nebentore nur dem Lastfuhrwerks- oder Eisenbahnverkehr dienen. Derartige Nebentore brauchen dann auch nur eine stundenweise Beaufsichtigung.

Zur Durchführung der mit dem Pförtnerdienst verbundenen Aufgaben sind besondere bauliche Einrichtungen erforderlich, wie z. B. Paketaufbewahrungsräume, Untersuchungsräume, Warteräume, ferner Übergabestationen für Fremdstrombezug, Unfallstationen, Chauffeur-

aufenthaltsräume oder Lohnkartenkontrollen, sowie Büros für Arbeiterannahme in Verbindung mit Lohnbüros und Kassen. Abb. 360 bis 368 stellen Toranlagen in verschiedenen Zusammenstellungen dar; sie bieten auch Anregungen für weitere Entwürfe.

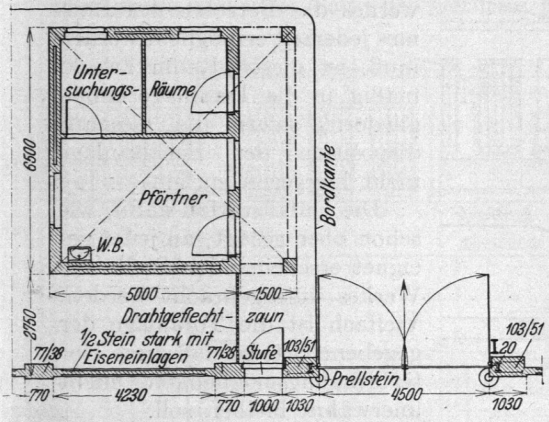


Abb. 362. Toranlage; das Pförtnergebäude enthält noch zwei Untersuchungsräume.

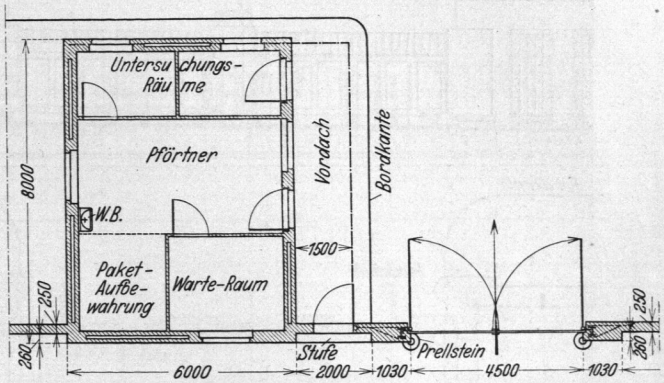


Abb. 363. Toranlage; das Pförtnergebäude enthält ferner eine Paketaufbewahrung und einen Warteraum.

In den angedeuteten Paketaufbewahrungsräumen können von Werksangehörigen Pakete oder sonstige Gegenstände abgegeben werden. Hierdurch entgeht der Besitzer der Gefahr, daß er beim Verlassen des Werkes angehalten und einem Verhör ausgesetzt oder daß sein Eigentum durchsucht wird. Die Paketaufbewahrungsräume schließen an die Pförtnerräume an und sind von diesen meist nur durch eine Ausgabeschranke getrennt. Die nach Geschlechtern getrennten Untersuchungsräume sind immer unentbehrlich, wenn wertvolle oder begehrenswerte Materialien verarbeitet werden. Der Warteraum ist für betriebsfremde Personen bestimmt, wenn die Büros von der Toranlage weiter entfernt sind und der Pförtner den Weg der Fremden nicht übersehen kann. Die Besucher können von dem Wartezimmer aus telefonisch angemeldet und an die gewünschte Stelle geführt werden. Das aufsichtslose Betreten des Werkes ist hierdurch unterbunden.

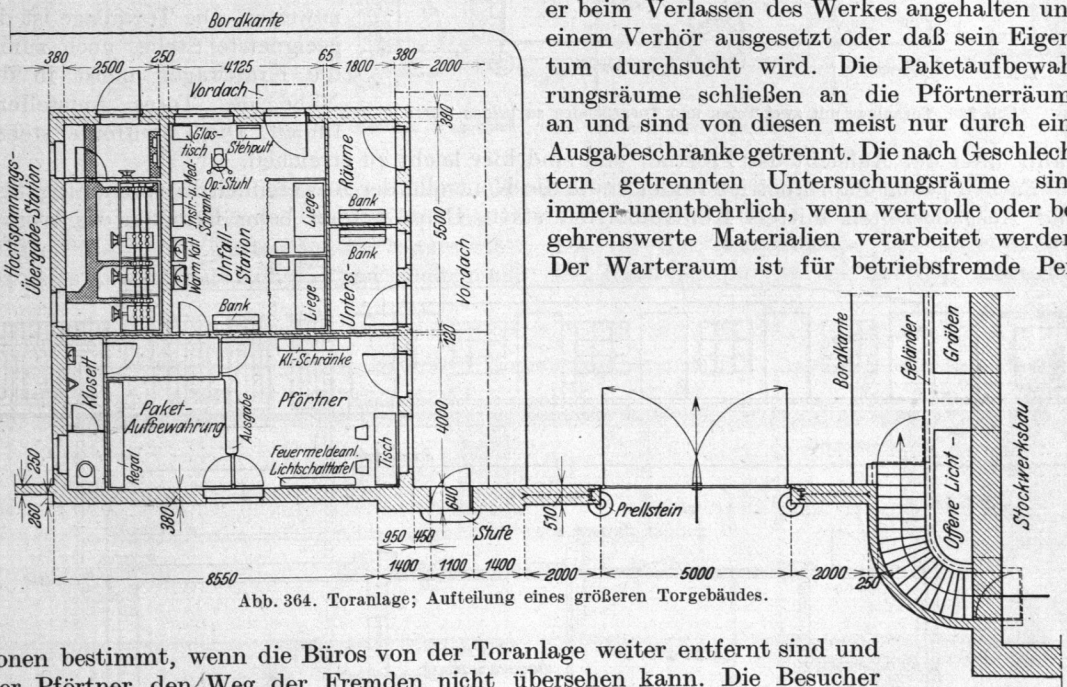


Abb. 364. Toranlage; Aufteilung eines größeren Torgebäudes.

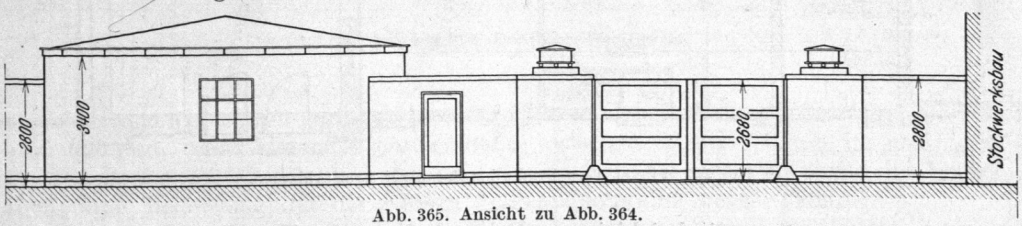


Abb. 365. Ansicht zu Abb. 364.

Bei Fremdbezug von elektrischer Energie wird von dem liefernden Elektrizitätswerk eine Übergabestation in einem werkseitig zur Verfügung zu stellenden Raum angelegt. Da den Beauftragten des Elektrizitätswerkes das Betreten des Raumes jederzeit ermöglicht werden muß, ist dieser Raum zweckmäßig in die Toranlage einzugliedern, sofern die Gesamtdisposition der Schaltanlage nicht hiergegen spricht.

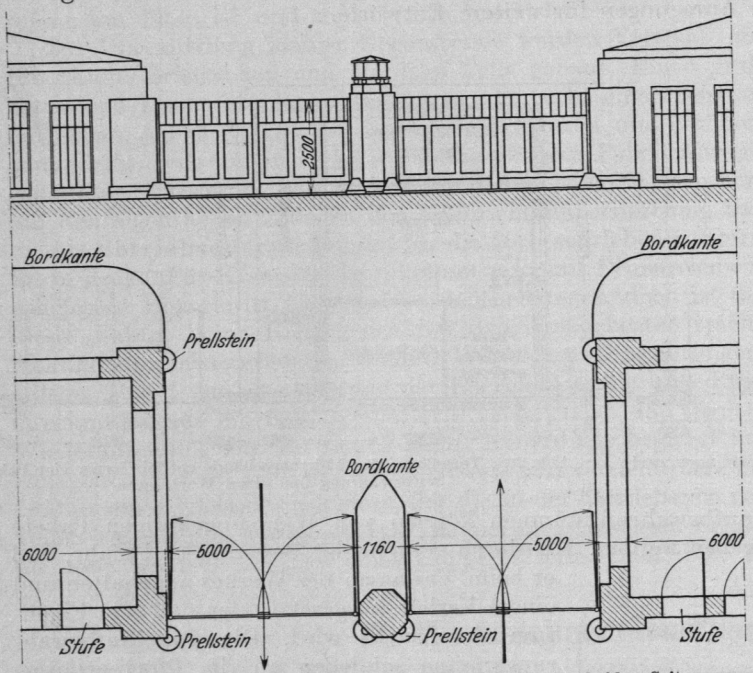


Abb. 366. Toranlage mit zwei Toren und Torgebäuden zu beiden Seiten.

Die Unfallstation kann, wie schon oben gesagt, an jeder geeignet erscheinenden Stelle des Werkes untergebracht werden. Vielfach ist die Toranlage der gegebene Ort, so daß diese Unterbringungsmöglichkeit nicht unerwähnt bleiben soll.

Es ist angebracht, den Chauffeuren (eigenen und fremden) einen Aufenthaltsraum, der abseits der Werkstätten liegt, anzuweisen. Die Toranlage ist die geeignetste Stelle, noch zumal die Kraftwagen meist in der Nähe des Tores Aufstellung finden. Die Chauffeure stehen dann unter der Aufsicht der Pförtner und sind hier leicht zu erreichen.

Fast in jedem Fabrikbetrieb findet heute die Kontrolle der Anwesenheit bzw. der Eingangs- und Ausgangszeiten mittels Kontrollkarten statt. Diese werden beim Betreten des Werkes

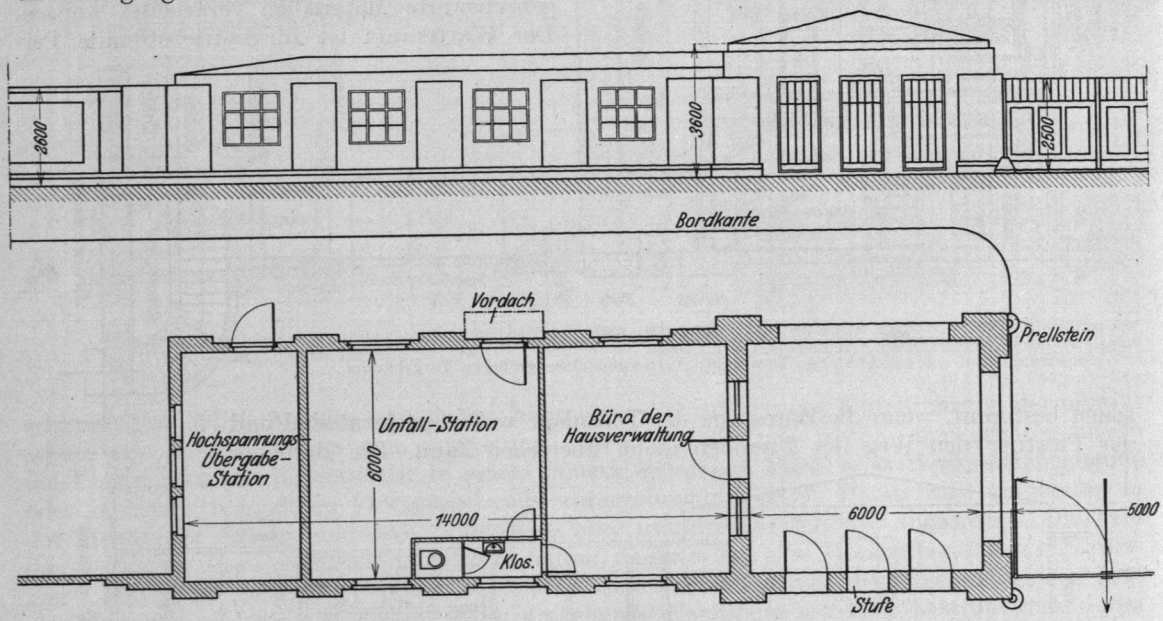


Abb. 367. Linkes Torgebäude der Toranlage nach Abb. 366.

Kartenkästen entnommen, die bei kleinerer Belegschaft an der Toranlage selbst, bei größerer Belegschaft an einem in unmittelbarer Nähe und unter Aufsicht der Pförtner befindlichen, mit Dach versehenen Wand- oder freistehenden Gerüst hängen. Nach Betreten des Arbeits-

raumes werden die Karten in Kontrolluhren abgestempelt und in die dahinter hängenden Kartenkästen gesteckt. Beim Verlassen des Werkes verläuft das Verfahren in umgekehrter Reihenfolge. Abb. 369 und 370 zeigen ein freistehendes stählernes Kartenkastengerüst mit Wellblechdach. Auf jeder Seite des Gerüstes befindet sich in der Mitte ein durch eine Glastür ver-

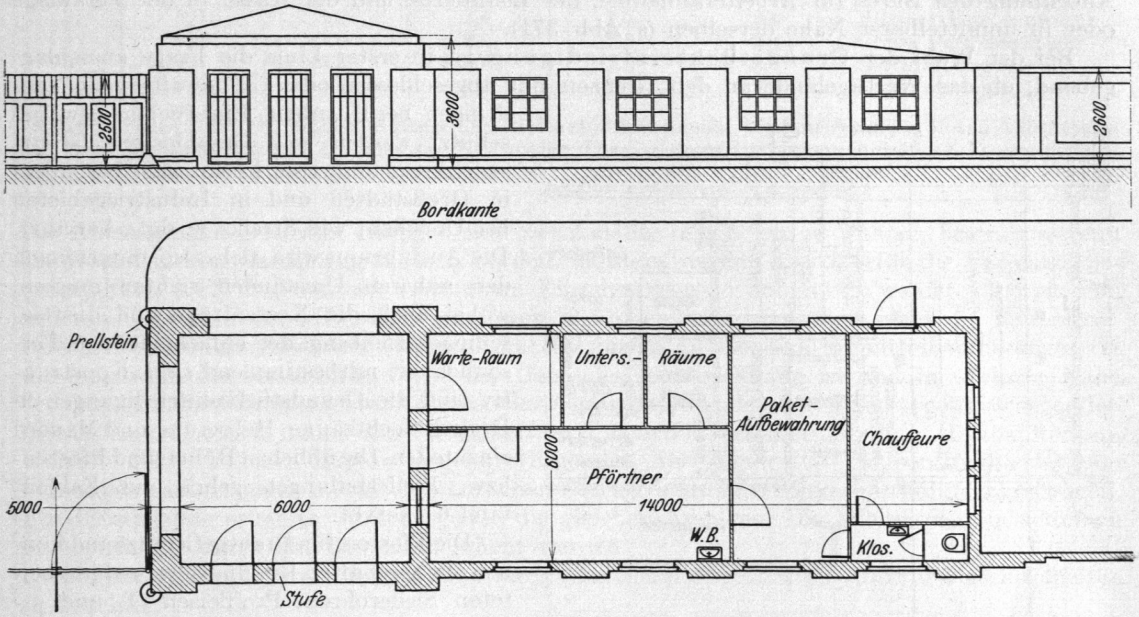


Abb. 368. Rechtes Torgebäude der Toranlage nach Abb. 366.

schlossener Kasten für Bekanntmachungen. Die Kartenkästen werden in geöffnetem Zustande eingeschoben. Die Kästen sind Klappkästen mit gleichem Unter- und Deckelteil; beide Hälften sind mit Kartenfächern ausgestattet. Die für die Konstruktion des abgebildeten Gerüstes benötigten Höhen- und Tiefenmaße der Kartenkästen weisen bei den einzelnen

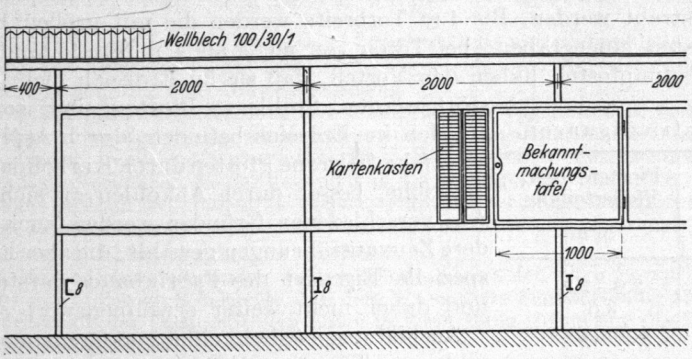


Abb. 369.

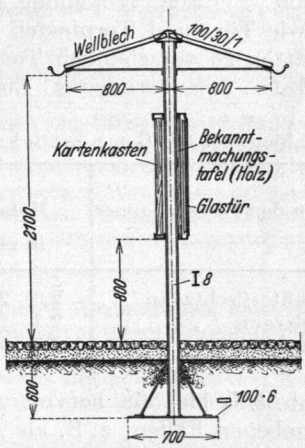


Abb. 370.

Abb. 369 und 370. Kontrollkarten-Gerüst.

Kontrollsystemen leider noch geringe Abweichungen auf. Die Höhenmaße bewegen sich zwischen 845 und 900 mm, die Tiefenmaße (Außenmaße) zwischen 50 und 60 mm im geöffneten Zustande. Die Breite richtet sich nach der Zahl der Fächer und nach der Breite der Karten. Sie ist auch ohne Bedeutung, da die Kästen aneinandergereiht werden können.

Bei Einstellungen sollen nur die angenommenen Arbeiter von dem Büro für Arbeiterannahme aus auf das Werksgelände gelangen. Werksfremde Personen, die für einen fehlenden Arbeiter eine Meldung erstatten, einen Krankenschein besorgen oder Restlohn abholen, müssen, mög-

lichst ohne das Werksgelände zu betreten, das Lohnbüro und die Kasse erreichen können. Umgekehrt soll aber Werksangehörigen ebenfalls der Zutritt zum Lohnbüro und zur Kasse möglich sein, jedoch ohne daß sie mit werksfremden Personen in Berührung kommen. Diese Forderungen, die im Interesse der Werksicherheit liegen, bedingen die zusammenhängende Anordnung des Büros für Arbeiterannahme, des Lohnbüros und der Kasse in der Toranlage oder in unmittelbarer Nähe derselben (s. Abb. 371).

Bei der Wahl der Grundstückseinfriedigung ist in erster Linie die Frage ausschlaggebend, ob das Werksgelände an den Grenzen nur abgeschlossen oder vor gewaltsamem Eindringen bei Unruhen, Einbrüchen usw. geschützt werden soll. Geschlossene Grenzabschlüsse und Tore haben sich besonders in Großstädten und in Industriegebieten bei Unruhen, wie Streiks u. dgl., bewährt. Die Ausführung wird sich also immer nach den näheren Umständen richten müssen, wobei auch die Kostenfrage und die Geschmacksrichtung der entscheidenden Persönlichkeit mitbestimmend sind. Konstruktiv sind die Grundstückseinfriedigungen in Drahtgeflechtzäune, Holzzäune und Mauern einzuteilen. Die üblichen Höhen und Pfosten- bzw. Pfeilerteilungen gehen aus Zahlentafel 67 hervor.

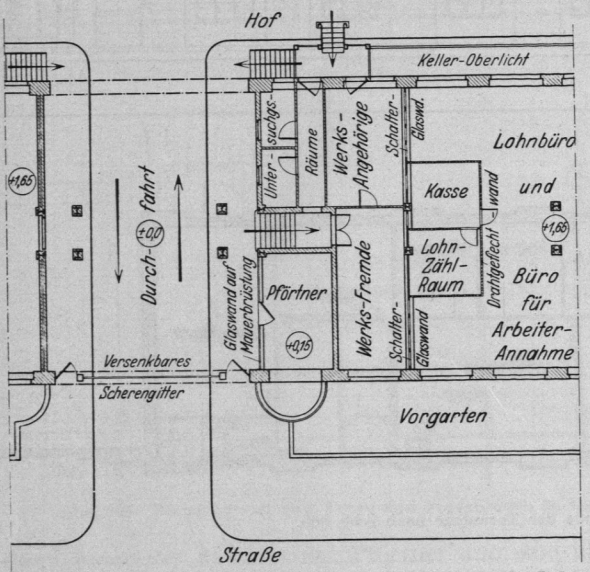


Abb. 371. Eingliederung des Büros für Arbeiterannahme, des Lohnbüros und der Kasse in die Toranlage eines an der Straße liegenden Gebäudes.

Die Pfosten für Drahtgeflechtzäune können aus geschälten Rundhölzern, aufgearbeiteten Siederohren, Profileisen (T- und ⊲-Eisen) und aus Eisenbeton bestehen. In geeigneter Weise sind zweckmäßig mehrere Reihen Stacheldraht über dem Geflecht vorzusehen. Das Drahtgeflecht (üblicherweise diagonales Maschinengeflecht 40/2 mm) muß auf der Grenze, die Pfosten also dahinter stehen. An Stelle der Spanndrähte können auch ⊲-Eisen verwendet werden. Bei Verwendung von Spanndrähten müssen Eckpfosten sowie Tür- und Torpfosten verstrebt werden. Bis 4 m Torbreite werden die mit großen Fußplatten zu versehenden Torpfosten eingegraben; bei Toren von mehr als 4 m Breite sind die Pfosten einzubetonieren. Eisenbetonpfosten haben den Vorteil, daß sie im Erdreich nicht zerstört werden. Stählerne Pfosten sind, soweit sie sich im Erdreich befinden, durch Asphaltanstriche, hölzerne Pfosten durch Karbolineumanstriche, besser durch Ankohlen zu sichern. Aus verschiedenen Gründen werden auch andere Zaunausführungen gewählt, die aber keine spezielle Eigenart des Fabrikbaues darstellen und daher nicht weiter erwähnenswert sind.

Zahlentafel 67. Grundstückseinfriedigungen.

Art der Einfriedigung	Höhe in m	Pfosten- bzw. Pfeilerteilung in m
Drahtgeflechtzaun . .	2,0—2,3	2,0—2,2
Holzzaun	2,2—2,5	3,0
Mauer	2,5—3,0	4,5 u. mehr

Ausbildungsmöglichkeiten von Grenzmauern und von Türen und Toren gehen aus den Abb. 360 bis 368 hervor. Außer den im allgemeinen gebräuchlichen Klapptoren finden in gegebenen Fällen, z. B. als Abschluß von Durchfahrten, auch Scherengitter Anwendung. Diese Scherengitter können entweder seitlich zusammengeschoben oder versenkt bzw. hochgezogen werden. Bei hohen Öffnungen empfehlen sich die letztgenannten Ausführungen. Die Betätigung kann von Hand, besser elektrisch erfolgen.

Unter Abstelleinrichtungen für Kraftfahrzeuge sind in erster Linie Garagen für werkseigene Personen- und Lastkraftwagen zu verstehen. Diese Garagen können entweder versetzbare oder ortsfeste (freistehende oder eingebaute) Einzel- oder Gruppengaragen sein. Die versetzbaren Garagen bestehen in der Regel aus Wellblech. Über versetzbare Einzelgaragen hat der Deutsche Normenausschuß das Normblatt DIN 1915 entwickelt; die dort festgelegten Abmessungen gehen aus Zahlentafel 68 hervor.

Zahlentafel 68. Versetzbare Einzelgaragen[1].

Größe	Länge	Breite	Seitenhöhe	Torbreite	Torhöhe	Art des Kraftfahrzeuges
1	3,0	2,0	2,0	1,9	1,8	Krafträder mit Beiwagen
2	4,0	2,5	2,2	2,4	2,0	Kleine Personenwagen
3	5,0	3,0	2,4	2,5	2,4	Mittlere Personenwagen
4	6,0	3,0	2,4	2,5	2,4	Große Personenwagen
5	7,0	3,5	3,0	2,8	3,0	Lastkraftwagen
6	8,0	4,0	3,0	2,8	3,0	Lastkraftwagen

Bemerkungen: Die Maße für Länge und Breite sind Innenmaße, bei Ausführung in Metall Außenmaße. Die Maße für Torbreite und Torhöhe sind Lichtmaße. Über schwere Lastwagen, Anhänger, Feuerwehrfahrzeuge usw. siehe den Abschnitt „Förderanlagen".

Die Abmessungen ortsfester Garagen sind zweckmäßig reichlicher zu wählen, besonders wenn die Wagen in den Garagen gewaschen werden. Meistens werden aber hierfür die Vorplätze benutzt. Nach DIN 1915 müssen versetzbare Einzelgaragen so aufgestellt werden, daß sie von anderen Gebäuden mit Öffnungen mindestens 2,5 m entfernt sind, falls nicht die Baupolizeivorschriften andere Abstände vorschreiben. Sie dürfen an Gebäude unmittelbar herangesetzt werden, wenn die betreffende Wand des Gebäudes feuerbeständig ist und in nächster Nähe der Garage keine Öffnungen hat. Zwischen den Garagentoren oder -türen und gegenüberliegenden Gebäuden ist jedoch immer ein Mindestabstand von 5 m erforderlich. Von Holzbauwerken, Kohlen- oder ähnlichen Lagern, gegenüberliegenden Ausgängen aus Treppenfluren oder von Öffnungen nach Räumen mit feuergefährlichen Betrieben muß der Mindestabstand 5 m betragen. Für freistehende ortsfeste Garagen gelten die gleichen Angaben. Die Mindestabstände können gegebenenfalls durch die Baupolizei erhöht werden.

Bei der Anlegung von Garagen sind die nachstehend angeführten Ausführungseinzelheiten zu beachten[2]:

Jeder Kraftwagenraum darf nur bis zu einer Größe von 100 m² hergestellt werden. Auch bei größeren Anlagen dürfen die einzelnen Räume nicht größer als 100 m² sein.

Ortsfeste Garagen müssen feuerbeständige Umfassungswände erhalten; Verbindungen mit anderen Räumen sind unzulässig. Die Wände und das Dach versetzbarer Garagen brauchen nur außen oder innen feuerhemmend zu sein, was bei Wellblechgaragen zutrifft.

Die Decken ortsfester Kraftwagenräume sind, soweit dieselben unter Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen bzw. von Lagerräumen für brennbare Stoffe liegen, oder weniger als 5 m von Öffnungen benachbarter Gebäude entfernt sind, gänzlich bzw. innerhalb dieser 5 m feuerbeständig, sonst feuerhemmend herzustellen.

Der Fußboden in allen Garagen ist feuerbeständig und undurchlässig herzustellen. (Über die vor der Einleitung der Abwässer in die Kanalisation vorzusehenden Entwässerungseinrichtungen siehe den Abschnitt „Wasserversorgung und Abwasserableitung".)

Die Tür- und Fensteröffnungen von eingebauten Wagenräumen, über denen sich Öffnungen von Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen oder von Lagerräumen für brennbare Stoffe befinden, dürfen nur bis 1 m von der Decke entfernt reichen. Diese Schutzstreifen (Feuerschürzen) müssen feuerbeständig sein und sollen feste Vordächer, die der Verwendung des Sprungtuches hinderlich sind, ersetzen. Wenn keine genügende Torhöhe gegeben ist, können die Schutzstreifen auch beweglich ausgeführt werden. Fenster sind nicht öffenbar in Eisenrahmen mit mindestens 6 mm starkem Drahtglas, Tore und Türen feuerhemmend herzustellen.

Garagen dürfen nur beheizt werden durch:

a) fugendichte, von außen zu beheizende Kachelöfen ohne Vorsprünge;

b) von außen zu beheizende, von dem Wagenraum feuerbeständig abgetrennte Warmluftöfen, wenn diese nur unterhalb der Decke mit dem Raum in Verbindung stehen und die Beheizung nur durch Frischluft (nicht Umluft) möglich ist;

c) Niederdruckdampf- oder Warmwasserheizung mit außerhalb des Raumes liegender Feuerung; liegen die Heizkörper und Rohrleitungen tiefer als 2 m, so müssen sie im Abstand von 20 cm von Drahtgittern oder gelochten Blechen umschlossen werden;

d) Hochdruckdampfheizung mit mindestens 2 m hoch liegenden Heizkörpern und Rohrleitungen;

e) elektrische Heizung, wenn die Temperatur der Heizflächen nicht über 200° steigen kann.

Schornsteinöffnungen und Reinigungstüren dürfen nicht im Wagenraum liegen.

Jeder Wagenraum muß dicht über dem Fußboden entweder in den Wänden oder in den Türen ins Freie führende Entlüftungsöffnungen von mindestens 400 cm² Gesamtgröße erhalten. Öffnungen in den Türen müssen wenigstens 5 cm Durchmesser haben.

---

[1] Wiedergabe erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im DIN-Format A 4, das durch den Beuth-Verlag, Berlin S 14, zu beziehen ist.

[2] Siehe Preußisches Feuerpolizeirecht von F. W. Fischer und W. Mahly. Berlin: Carl Heymann 1928.

Garagen dürfen nur beleuchtet werden durch:
a) elektrische Glühlampen, wenn die Lampen mindestens 1,5 m über dem Fußboden fest angebracht sind;
b) tragbare elektrische Glühlampen mit dichter Überglocke, Drahtschutzkorb und Kabelleitung mit wasserdichter Isolierhülle;
c) jede Art von Lampen als Außenbeleuchtung, wenn sie durch festeingemauerte Fenster von den Innenräumen dicht abgeschlossen sind.

Alle im Innern angebrachten Schalter, Steckdosen, Sicherungen, Widerstände usw. müssen gleichfalls mindestens 1,5 m über dem Fußboden angebracht sein.

Für jeden Kraftwagenraum ist geeignetes Löschgerät bereitzuhalten; als Löschmittel kommen Tetrachlorkohlenstoff, Schaum und doppelkohlensaures Natron, sofern es mit Druck geschleudert wird, in Frage. Für Azetylen darf Schaum nicht verwendet werden.

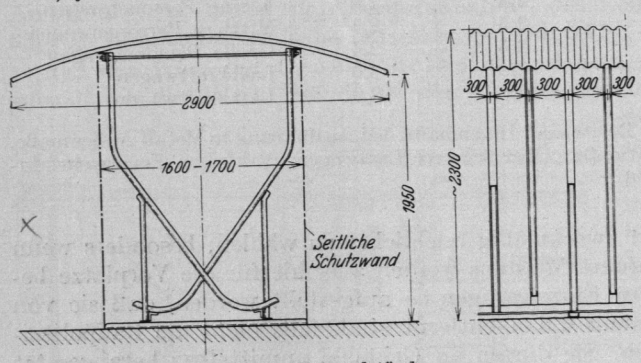


Abb. 372. Fahrradständer.

In jedem Betrieb muß heute auch mit der Unterbringung von Fahrrädern und Motorrädern (teilweise mit Beiwagen) der Angestellten und Arbeiter gerechnet werden. Vielfach kommen auch Kleinautos in Frage. Die hierfür vorzusehenden Abstelleinrichtungen sind am besten versetzbar auszuführen. Meistens werden die Fahrradständer im Freien, entweder freistehend

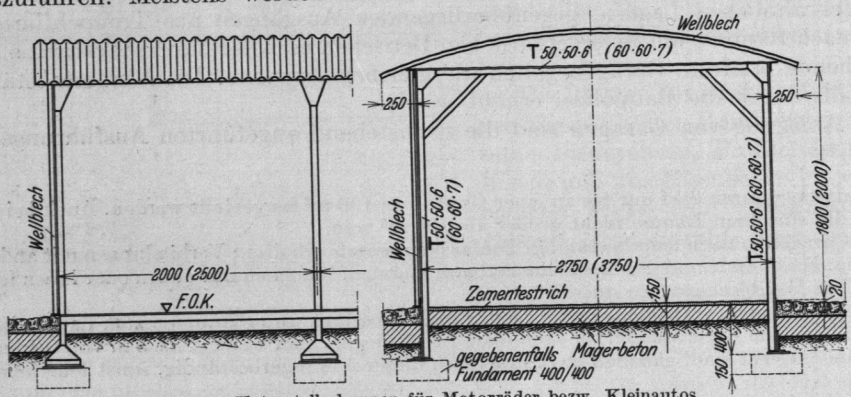


Abb. 373. Unterstellschuppen für Motorräder bezw. Kleinautos.

(doppelseitig) oder an einer Wand (einseitig) angeordnet. Abb. 372 zeigt eine gebräuchliche Ausführung, Abb. 373 einen an einer Längsseite offenen Schuppen für Motorräder bzw. Kleinautos.

18. Feuerschutz.

Hydrantenanlagen. — Speziallöscheinrichtungen.

Der Feuerschutz einer Fabrikanlage erstreckt sich auf vorbeugende und bekämpfende Maßnahmen. Die vorbeugenden Maßnahmen sind in erster Linie betriebstechnischer und organisatorischer Art. Dem Fabrikbauer fällt die Aufgabe zu, durch eine entsprechende bauliche Gestaltung die Ausdehnungsmöglichkeit eines Brandes zu beschränken und überall die Gelegenheit sofortiger und unbehinderter Bekämpfung zu geben. Die verständnisvolle Beachtung der einschlägigen baupolizeilichen Bestimmungen erfüllt diese Aufgabe schon zu einem großen Teil. Wenn diese Bestimmungen für die neueren Fabrikationsmethoden auch manche Beschränkung enthalten, so werden sich bei einigem guten Willen doch immer Auswege finden lassen, die allen Teilen gerecht werden. Man darf sich nun nicht damit zufrieden geben, die baupolizeilichen Bestimmungen erfüllt zu haben. Je nach dem Charakter des Betriebes muß man gegebenenfalls auch über die baupolizeilichen Bestimmungen hinausgehende Maßnahmen gegen besondere Gefahren treffen. Über vorbeugende Maßnahmen für die verschiedensten Betriebe sowohl in bautechnischer als auch in betriebstechnischer Hinsicht gibt das Preußische Feuerpolizeirecht[1] weitestgehend Auskunft. Ferner wird auf die Broschüre „Feuerschutz für Betriebs- und Verkaufsstätten[2]“ verwiesen.

[1] a. a. O. [2] Von Magistrats-Oberbaurat Walter Rosenberg. Berlin: Minimax-Verlag 1930.

Zu einer wirksamen Brandbekämpfung sind in erster Linie genügend Wasserentnahmestellen (Hydranten bzw. Feuerhähne) geeigneter Größe vorzusehen. In der Hauptsache finden Überflurhydranten Anwendung, da bei Unterflurhydranten das Standrohr umständlich einzubringen ist, der Kupplungsstutzen bei nicht genügender Kontrolle leicht verschmutzt und im Winter die Abdeckung vielfach verschneit oder gar eingefroren ist. Wenn doch Unterflurhydranten in Frage kommen, so ist eine Durchgangsweite von 70 mm zu empfehlen, weil diese dem Durchgangsquerschnitt zweier Schläuche von je 52 mm lichter Weite entspricht. Gebräuchliche Durchgangsweiten von Unterflurhydranten sind noch 50 und 80 mm. Die Überflurhydranten werden entweder mit zwei seitlichen, am Kopf befindlichen Ventilauslässen oder außer diesen noch mit einem unteren Motorspritzenabgang gebaut. Im erstgenannten Fall beträgt die Durchgangsweite des Hydranten 80 oder 100 mm; die Durchgangsweite von 80 mm ist meist ausreichend. Im letztgenannten Fall ist die Durchgangsweite 100 mm. Für die Verbindung der Schläuche mit den Auslässen gibt es leider noch zahlreiche Kupplungssysteme; in manchen Gegenden sind nur Verschraubungen, die auch wieder verschiedene Gewinde haben können, gebräuchlich. Vor der Wahl eines Kupplungssystems oder einer Verschraubung ist daher immer mit der örtlichen Feuerwehr Fühlung zu nehmen; mit ihr sind auch die Schlauchweiten festzulegen. Bei der Berliner Feuerwehr ist das Kupplungssystem „Storz" in Gebrauch; die verwendeten Schläuche haben eine lichte Weite von

110 mm für den A-Schlauch,
75 mm für den B-Schlauch,
45 mm für den C-Schlauch.

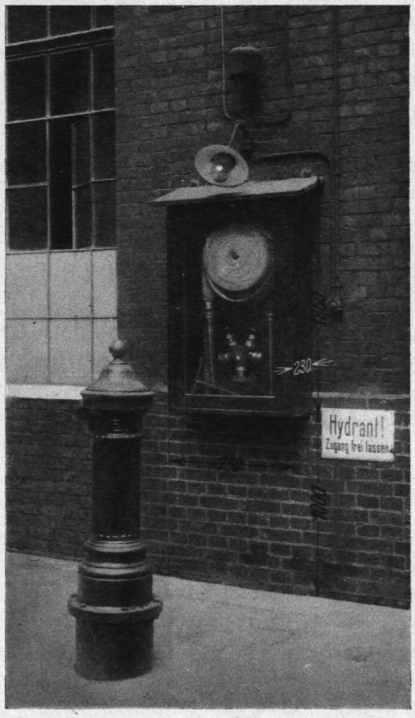


Abb. 374. Schlauchschrank.

Bei manchen Wehren haben die Schläuche statt 45 mm eine andere lichte Weite, vielfach 38 bzw. 52 mm. Die Entfernung der Überflurhydranten voneinander ist im allgemeinen mit 80 bis 100 m anzunehmen. Die wichtigsten Hydranten sind zweckmäßig mit Motorspritzenabgang auszurüsten. Über die Anordnung und Bemessung des Rohrnetzes siehe den Abschnitt „Wasserversorgung und Abwasserableitung". Stehen Überflurhydranten inmitten einer Fahrstraße oder eines Hofes, so sind sie durch eine Schutzinsel vor Beschädigungen zu sichern; die Borde der Schutzinsel müssen von dem Hydranten 500 mm entfernt sein; auf Gehsteigen kann das Schutzmaß auf 300 mm verkleinert werden. In der Nähe jedes Über- oder Unterflurhydranten ist ein regensicherer, mit Luftöffnungen und Glastür versehener Schlauchschrank anzubringen, der für die erste Hilfe zwei 20 bis 30 m lange Schläuche, je mit angekuppeltem Strahlrohr, die Hydrantenschlüssel, eine Zwischenkupplung zum Verbinden der beiden Schläuche und bei Unterflurhydranten das Standrohr enthält (ähnlich Abb. 374). In besonderen Fällen empfiehlt es sich, an geeigneten Stellen Tiefbrunnen zum Anschluß einer Motorspritze anzulegen. In Stockwerksbauten sind auf den Stockwerkspodesten Hydrantennischen, je mit Feuerhahn und 20 m langem Schlauch nebst angekuppeltem Strahlrohr ausgerüstet, vorzusehen. Nähere Hinweise siehe unter „Treppenanlagen". Wenn ständige Wasserverbraucher vorhanden sind, die im Falle eines Brandes voraussichtlich nicht abgeschaltet werden, so sind die in einem Treppenhaus liegenden Feuerhähne an einen besonderen Steigestrang von mindestens 50 mm lichter Weite anzuschließen. Bei Hallen- und Flachbauten erübrigt es sich im allgemeinen, im Innern der Gebäude noch Feuerhähne anzubringen. Die außen befindlichen Überflurhydranten stellen in der Regel einen ausreichenden Schutz dar. Als Schutz für manche Betriebe werden von den Aufsichtsbehörden häufig Sprinkler-(Regen-)Anlagen gefordert, die aus einem mit Sprühlöchern versehenen Rohrsystem bestehen. Im Gefahrenfalle wird das Rohrsystem durch Handbetätigung oder automatisch — bei Erreichung einer bestimmten Raumtemperatur — unter Druck gesetzt, wodurch eine Regenwirkung ausgelöst wird. Nach dem gleichen System werden auch Betriebe untereinander durch Regenschleier abgeschirmt.

Diese Regeneinrichtungen haben aber den großen Nachteil, daß innerhalb ihres Wirkungsbereiches, auch schon bei kleinen Bränden oder bei unbefugter Betätigung, erhebliche Wasserschäden verursacht werden. Wenn auch diese Nachteile durch eine Unterteilung des ganzen Systems gemildert werden können, so sollten derartige Anlagen nur in ganz besonderen Fällen Anwendung finden. Oft werden schon bei geringer Feuergefährlichkeit eines Betriebes, manchmal sogar bei einer leichten Durchbrechung der bau- und feuerpolizeilichen Bestimmungen, Regenanlagen als Allheilmittel ohne Rücksicht auf die angedeuteten Nachteile gefordert.

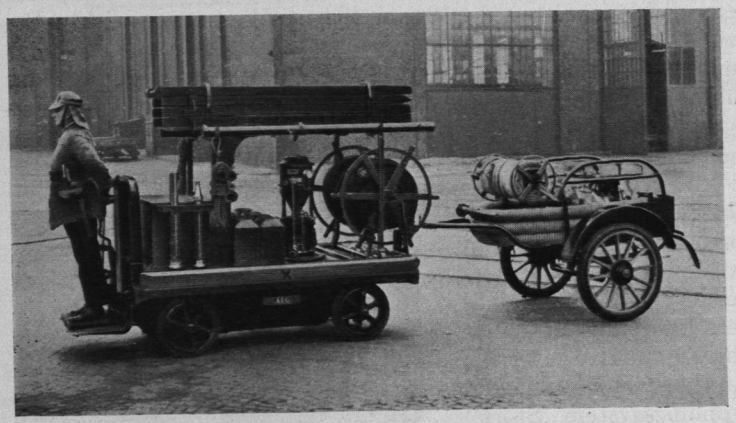


Abb. 375. Elektrokarren mit Schaumlöschgerät.

Infolge der Entwicklung des Kleinlöschgerätes werden heute kleine Brände ausschließlich mit Handfeuerlöschern bekämpft. Im allgemeinen finden Naßlöscher Anwendung. Die einfachste Art stellt die offene Kübelspritze dar, bei der reines Wasser als Löschmittel benutzt wird. Die geschlossenen Löscher enthalten schwach mit Lauge versetztes Wasser, das bei Betätigung unter Druck ausströmt. Bei den Trockenlöschern wird ein unter Kohlensäuredruck befindliches Löschpulver auf den Brandherd geschleudert. Das Pulver deckt das Brandobjekt gegen Sauerstoffzutritt dicht ab. Die Kohlensäure unterstützt die Löschwirkung. Die Speziallöscher enthalten als Löschmittel die verschiedensten Chemi-

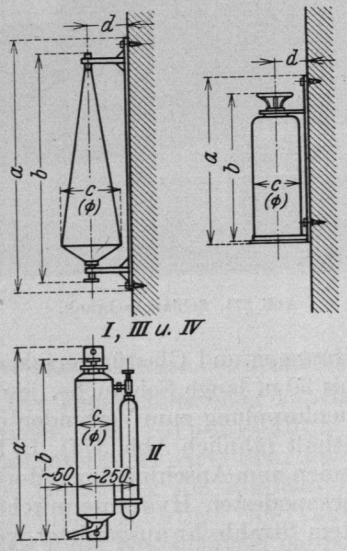


Abb. 376. Skizze zu Zahlentafel 69.

Zahlentafel 69. Handfeuerlöscher (siehe Abb. 376).

Art	System	Inhalt l	Abmessungen in mm			
			a	b	c	d
I	Minimax	9	980	900	220	140
	Radikal	10	820	755	150	85
	Primus	9	605	600	140	75
	Total	12	650	640	180	100
II	Total	6	730	690	135	85
III	Minimax	6	715	605	150	105
	Radikal	6	660	620	135	75
	Primus	6	555	550	135	70
IV	Minimax-Perkeo	8	640	570	170	115
	Radikal	10	550	600	180	100
	Primus	8	635	630	150	80
	Total	10	650	640	180	100

Bemerkungen: I = Naßlöscher; II = Kohlensäuretrockenlöscher; III = Tetrachlorkohlenstofflöscher; IV = Schaumlöscher.

kalien. Bei dem Tetralöscher ist das Löschmittel Tetrachlorkohlenstoff, eine wasserhelle Flüssigkeit von hohem spezifischen Gewicht. Wenn diese Flüssigkeit auf den Brandherd gespritzt wird, so wird sie sofort zersetzt. Die sich bildende Gaswolke ist so dicht, daß sie das Feuer schlagartig erstickt. Da Tetrachlorkohlenstoff elektrisch nicht leitet, werden diese Löscher in elektrischen Anlagen, wie Laboratorien, Prüffeldern, Schaltanlagen u. dgl., ferner auch zum Ablöschen nicht zu großer Mengen feuergefährlicher Flüssigkeiten und als Löschgeräte in Kraftwagenräumen benutzt. Für das Ablöschen eines Brandes an großen elektrischen Maschinen wird vielfach das Kohlensäureverfahren angewandt. An ein in den Kühlluftkreislauf der Maschine geführtes Rohr werden eine oder mehrere Kohlensäureflaschen angeschlossen. Im Falle eines

Brandes wird das Innere der Maschine entweder von Hand oder automatisch unter Kohlensäure gesetzt. Im Zusammenhang mit dieser Löschmethode ist noch das Kohlensäureschneeverfahren zu erwähnen, das auch bei Transformatoren- oder Ölschalterbränden angewandt wird. Zum Ablöschen größerer Mengen brennender Flüssigkeiten dienen ausschließlich die Schaumlöschgeräte. Diese erzeugen im Augenblick der Ingebrauchnahme einen dickflüssigen, zähen Schaum, der sich über die brennende Oberfläche verteilt und das Feuer erstickt. Befindet sich die brennende Flüssigkeit in einem eisernen Behälter mit nicht zu großer Oberfläche, so genügen meist einige zu gleicher Zeit angesetzte Handlöscher, um das Feuer zum Erlöschen zu bringen. Bei großer Ausdehnung des Brandherdes kann der Brand nur mit einem transportablen oder stationären Schaumlöschgenerator entsprechender Größe bekämpft werden. Die transportablen Apparate werden an einen Hydranten angeschlossen, die stationären Apparate haben feste Wasseranschlüsse und erzeugen große Mengen Schaum. (Es sei auf das aus Abb. 375 ersichtliche Schaumlöschfahrzeug [Elektrokarren] mit Motorspritze hingewiesen. Das Fahrzeug kann in wenigen Minuten an der Brandstelle erscheinen und mittels Aufzug auch in die einzelnen Etagen von Stockwerksbauten befördert werden.) Da die Handfeuerlöscher im allgemeinen in zwei und mehr Exemplaren, Schaumlöscher in einer Batterie nebeneinander, angeordnet werden, ist die Kenntnis des Platzbedarfs von Interesse. Zahlentafel 69 gibt hierüber Aufschluß. Zum Kleinlöschgerät gehören noch Feuerlöschdecken zum Ablöschen von Kleiderbränden sowie mit Sand gefüllte Eimer bzw. Kästen. Der Sand dient hauptsächlich zum Eindämmen und zum Aufsaugen ausgelaufener feuergefährlicher Flüssigkeiten.

Bei großer Ausdehnung oder isolierter Lage eines Werkes ergibt sich meist die Notwendigkeit, eine eigene Fabrikfeuerwehr zu unterhalten. Ausrüstung, Mannschaftsbestand, Ausbildung und Wirkungskreis richten sich nach den jeweiligen Verhältnissen.

Voraussetzung für eine schnelle und erfolgreiche Bekämpfung eines Brandes ist die Kenntnis der örtlichen Verhältnisse und der vorhandenen Löscheinrichtungen. Diese wird durch sorgfältig angefertigte Situations- und Rohrpläne der eigenen Feuerwehr bzw. der Ortswehr vermittelt. Mit Rücksicht auf die letztgenannte werden die Pläne zweckmäßig an den Toren hinterlegt.

19. Blitzschutz.

Grundsätze für die Ausführung von Blitzableitern.

Die Entstehung atmosphärischer Spannungen sowie der Vorgang des Spannungsausgleichs sind heute genügend bekannt. Man weiß, daß der Blitz nicht als galvanischer Gleichstrom dem einfachen Ohmschen Gesetz folgt, sondern als Wechselstrom sehr hoher Periodenzahl mit steiler Spannungswelle und hoher Stromstärke sich Wege sucht, die frei von induktiven Widerständen sind. Hieraus ergibt sich der Hauptgrundsatz der Blitzableiter-Technik: Schaffung des bequemsten Weges von der Einschlagstelle zum Erdreich. Dazu gehört: Auffangvorrichtung an den natürlichen Einschlagstellen, das sind Türme, Schornsteinköpfe, Oberlichter und sonstige Aufbauten; ununterbrochene metallische Verbindung; richtige Leitungsführung unter Vermeidung aller scharfen Ecken und kurzen Bögen, die infolge Spulenwirkung induktive Widerstände darstellen und leicht ein Abspringen des Blitzes zur Folge haben; genügende Festigkeit aller Bauteile gegen thermische und mechanische Beanspruchungen sowie gegen die Unbilden der Witterung; Schaffung einer guten, dauerhaften Überleitung ins Erdreich.

Notwendigkeit und Ausführung einer Blitzableiteranlage werden nicht nur von Gestalt und Bauart des zu schützenden Gebäudes bestimmt, sondern hängen in erster Linie von seiner Lage zur Umgebung und den Untergrundverhältnissen ab. Namentlich in ländlichen Gegenden und in Gebirgen gibt es besonders gefährdete Stellen, die auch besonders gewissenhafte Bearbeitung erfordern. Hier können nur erfahrene Fachleute die richtige Entscheidung treffen; die Aufstellung eines für alle Verhältnisse passenden Planes ist nicht ohne weiteres möglich. Größere Flußläufe oder Höhenzüge beeinflussen oft den Zug des Gewitters und die Entladung derart, daß diese beim Entwurf der Schutzanlagen berücksichtigt werden müssen.

Die früheren Theorien, große „Schutzkegel" durch hohe Auffangstangen, vielleicht sogar noch mit Edelmetallspitzen, zu schaffen, sind längst aufgegeben. Heute werden die geeigneten Stellen lediglich mit kurzen Auffangvorrichtungen aus gut verzinkten, oben zugespitzten Rundeisen von 16 mm Durchmesser versehen, die nur so lang genommen werden, daß sie über die Umgebung deutlich herausragen. Bei kleinen Anlagen begnügt man sich oft mit einem Aufbiegen der Firstleitung. In vielen Fällen kann man von besonderen Auffangvorrichtungen absehen und

dazu vorhandene, aus Metall bestehende oder mit Metall bedeckte Aufbauten, wie Fahnenstangen, Reklameschilder u. dgl., benutzen, wenn nur ihre mechanische Festigkeit durch gewissenhafte Bauunterhaltung gewährleistet ist. Stets ist natürlich für beste, haltbare Verbindung mit den Gebäudeleitungen zu sorgen. Der Abstand der Auffangstellen soll nicht mehr als 15 bis höchstens 20 m betragen.

Die Führung der Dachleitungen soll möglichst über die Stellen erfolgen, die dem Blitzeinschlag am meisten ausgesetzt sind; das sind Firste, Grate, Traufen. Metallbauelemente, auch zusammenhängende Dachstühle aus Stahlkonstruktion, können besondere Leitungen überflüssig machen. Zu den Ableitungen zur Erde werden ebenfalls Baukonstruktionsteile mit verwendet. Bei größeren Baulichkeiten wird man sich nie ganz allein auf diese verlassen, sondern zusätzlich besondere Ableitungen vorsehen. Sehr wichtig ist der Anschluß größerer Metallmassen im Innern der Gebäude, wie Stahlkonstruktionen, Treppenläufe, Behälter, Rohrleitungen. Streng zu achten ist dabei darauf, daß die metallische Verbindung nicht nur oben am Dach vorgenommen wird, sondern wie die Außenableitungen bis zur Erdung ununterbrochen durchgeht.

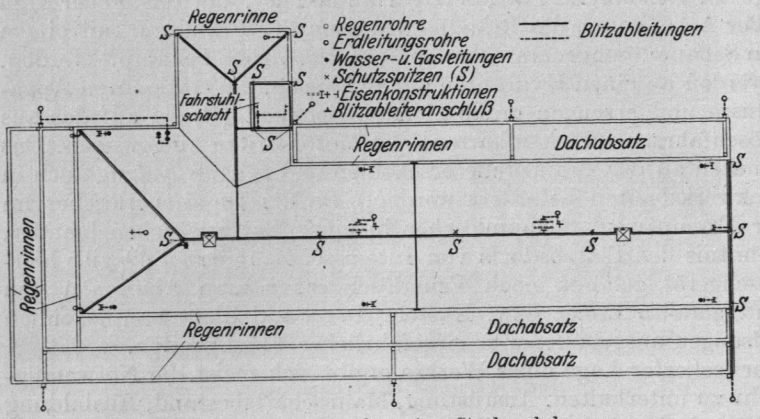


Abb. 377. Blitzschutzanlage eines Stockwerksbaues.

Mit besonderer Sorgfalt sind stets Fabrikschornsteine und Türme zu behandeln. Wegen der außerordentlichen Gefährdung solcher Bauteile und der Kostspieligkeit von Reparaturen sind sowohl die Auffangvorrichtungen wie auch die Ableitungen recht solide auszuführen. Bei Höhen über 30 m sind stets zwei Ableitungen vorzusehen, von denen eine an der Wetterseite zu verlegen ist.

Der Anschluß der Erdleitungen an die Gebäudeleitungen soll durch lösbare Schraubverbindungen hergestellt werden, um jederzeit ohne Beschädigung der Anlage Prüfungen aller Teile vornehmen zu können. Die in das Erdreich führenden Leitungsteile sind gegen mechanische Beschädigungen zu schützen. Werden hierzu Gasrohre verwendet, so soll man diese oben und unten mit der Leitung metallisch sicher verbinden, da eine starke Entladung nie den Weg durch ein ringförmig geschlossenes Eisenrohr nehmen kann, sondern auf das Rohr überspringen wird. Hierbei können naturgemäß sehr leicht Zündungen entstehen. Statt der Rohre kann man besser U-Eisen oder ähnliche Profile zum Schutz verwenden. Diese Verkleidungen sollen etwa 30 cm in den Boden eindringen.

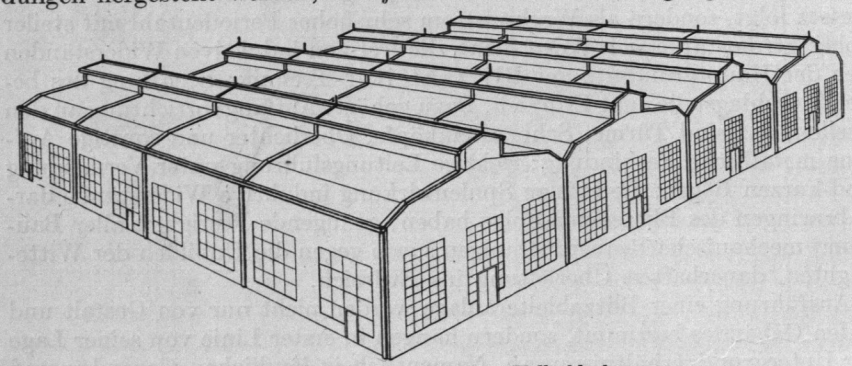


Abb. 378. Blitzschutzanlage eines Hallenblockes.

Die Teile im Erdboden sind den geologischen Verhältnissen entsprechend auszugestalten. Am günstigsten ist Versenkung im dauernden Grundwasser; widerstandsfähiger Schutz gegen aggressive Bestandteile des Bodens ist Bedingung. Je trockner das Erdreich ist, desto verzweigter muß die Übergangsleitung ausgebreitet werden. Je nachdem benutzt man senkrecht eingetriebene, gut verzinkte Rohre, senkrecht verlegte Platten oder starke Drahtgewebe. Gut ist eine verzinkte Bandeisenleitung um das ganze Gebäude herum verlegt, an die alle Ableitungen

angeschlossen werden. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen verbessert man den Übergangswiderstand durch Einbetten in Lehm; die Verwendung von Koks ist zu unterlassen. Vorüberführende Gas- und Wasserleitungsrohre sind durch dicht anschließende, großflächige Anschlußschellen, die mit gutem Anstrich versehen werden, anzuschließen. Im gegebenen Falle sind die Erdleitungen gegen Irrströme in geeigneter Weise zu schützen.

Der Übergangswiderstand brauchbarer Erdungen schwankt zwischen etwa 5 und 25 Ohm. Bei trocknem Boden können sich die Werte steigern, ohne daß die Erde deshalb schlecht genannt werden kann. Es hängt dies immer von der allgemeinen Bodenbeschaffenheit ab; Hauptbedingung ist, daß der Widerstand den in der nächsten Umgebung geringstmöglichen Wert erreicht.

Als Material für die Gebäudeleitungen kommt Kupfer und gut verzinktes Eisen in Betracht. Die Ausführung in Eisen ist billiger, in Kupfer widerstandsfähiger gegen Witterungseinflüsse.

Als Mindestquerschnitt sind zu nehmen für Eisen, unverzweigt 100 mm², verzweigt 50 mm², für Kupfer genügen die halben Querschnitte. Seile lassen sich oft besser der Gebäudeform anpassen als massive Drähte; Eisenseile sollen aus Drähten von nicht unter 3 mm Durchmesser bestehen. Nicht geschweißte oder gelötete Verbindungsstellen müssen eine Berührungsfläche von mindestens 10 cm² haben.

Erweiterte Vorschriften bestehen für Baulichkeiten, die infolge ihrer Gestaltung oder ihrer Bestimmung eines besonderen Schutzes bedürfen. Hierzu sind zu rechnen: turmartige Gebäude, Sprengstoffkammern, Tanks für feuergefährliche Brennstoffe, Versammlungsräume u. a. m.

Alle einschlägigen Bestimmungen sind in den vom „Ausschuß für Blitzableiterbau" (ABB.) festgelegten Leitsätzen[1] zusammengestellt, worin auch die zu verwendenden Zeichen für die anzufertigenden Pläne enthalten sind. Für Sachverständigengutachten, gerichtliche Entscheidungen sowie für die Vorschriften der Feuerversicherungen gelten sie als Grundlage. Die beim Bau zu verwendenden Einzelteile sind heute durchweg in bewährter Ausführung genormt.

Die Abb. 377 und 378 zeigen mustergültig ausgeführte Schutzanlagen von Fabrikgebäuden.

20. Anstriche.

Die verschiedenen Arten der Anstrichtechnik. — Rostschutzanstriche. — Dampfkesselanstriche. — Kennfarben.

Die Oberflächenbehandlung gehörte im Bauwesen, auch im Fabrikbau, bisher zu den weniger beachteten Teilgebieten. In der letzten Zeit sind jedoch weitgehende Bestrebungen im Gange, das Gebiet des Oberflächenschutzes wissenschaftlich zu durchforschen und dieser so ungemein wichtigen Frage die Bedeutung zu geben, die ihr zur Erhaltung der in den Bauwerken festgelegten, erheblichen Werte des Volksvermögens zukommt.

Die heute im Fabrikbau bei Tragwerken gebräuchlichsten Baustoffe sind Eisen und Beton bzw. Eisenbeton. Beim Eisen übt der Rost die zerstörende Wirkung aus und mindert die Festigkeitseigenschaften im Verhältnis des Rostangriffs. Bei Beton und Eisenbeton bewirkt die Zerstörung des enthaltenen Kalkes infolge chemischer Einflüsse eine durchgreifende Veränderung der Festigkeitseigenschaften, die sich unter Umständen bis zur völligen Aufhebung derselben steigern kann. Mit der fortschreitenden Erkenntnis der Zerstörungsursachen und Wirkungen ist die Zementindustrie bestrebt, Spezial- (magnesiafreie, kalkarme) Zemente in immer besserer Qualität für derartig gefährdete Bauwerke zu erzeugen. In vielen Fällen muß aber ebenso wie beim Eisen durch entsprechende Anstriche der Zerstörung vorgebeugt werden.

Die gesamte Anstrichtechnik kann in die nachstehend behandelten Sondergebiete eingeteilt werden[2]:

1. Technik mit wässerigen Bindemitteln. Die hierunter hauptsächlich zu verstehenden Kalkfarben-, Leimfarben- und Kaseinfarbenanstriche kommen im Fabrikbau ausschließlich als Innenanstriche für Decken und Wände zur Anwendung. Die Wände werden entweder ganz oder nur bis Paneelhöhe in einem hellen Ton gestrichen, während die Paneele, für die eine zweckmäßige Höhe mit 1,60 m angenommen werden kann, immer mit Rücksicht auf die leichte Beschmutzungsmöglichkeit in einem dunkleren Ton gehalten werden. Vielfach bestehen die Paneele auch aus Ölfarbenanstrichen. In größerem Maße als in Fabrikations- und Lagerstätten stellen

[1] 2. Aufl. Berlin-Schöneberg: Selbstverlag 1926.

[2] Die Einteilung lehnt sich an Veröffentlichungen der Gesellschaft für Oberflächenschutz m. b. H. Arthur Schmidt & Co., Berlin, an.

die Wand- und Deckenanstriche in Büroräumen Schönheitsanstriche dar. Bei der Wahl der Farbtöne wird aber nicht immer auf das Reflexionsvermögen der einzelnen Farben Rücksicht genommen; manche an sich schön wirkende Farbe ist stark lichtverzehrend.

2. Wachstechnik. Bei Wachsanstrichen wird Bienenwachs oder Paraffin (Mineralwachs) in Terpentinöl gelöst. Derartige Anstriche sind besonders säurefest, aber wärmeempfindlich. Mineralwachsüberzüge auf Steinfassaden sowie Kalk- und anderen wässerigen Farbanstrichen als Fassadenanstriche wirken hochgradig wasserabweisend und stellen ein Anstrich- und Steinkonservierungsmittel dar. Der Wachsüberzug kann auch mit der Spritzpistole oder mit der Stichflamme hergestellt werden.

3. Öltechnik. Die Ölfarben stellen ein Gemenge von trocknungsfähigem Öl (Bindemittel) und Farbstoff (Pigment) dar. Trocknungsfähige Öle sind solche, die unter dem Einfluß des Sauerstoffes der Luft aus dem flüssigen in den halbfesten oder festen Zustand übergehen und erhärten. Die wichtigsten Öle dieser Art sind Leinöl, Leinölfirnis, Standöl, Holzöl.

Als Verdünnungsmittel kommen für Ölfarben Terpentinöl und Ersatzprodukte hierfür, z. B. Lackbenzin, in Frage.

Trockensubstanzen (Sikkative) beschleunigen die Trocknung. Hauptsächlich werden hierzu Oxyde des Bleies und des Mangans verwendet, die mit Leinöl verkocht, eine braune oder helle Flüssigkeit ergeben. Sie geben Sauerstoff an das Leinöl ab und begünstigen dadurch die Oxydation. Das Oxydationsprodukt des Leinöles, also die filmartige Substanz, heißt Linoxyn. Auch Terpentinöl ist in der Lage, Sauerstoff abzugeben und zählt daher ebenfalls zu den Trockensubstanzen. Dem Bindemittel können für besondere Zwecke Zusätze beigefügt werden. Die Elastizität des Anstriches wird z. B. durch kleine Zusätze von gelöstem Kautschuk erhöht. Die Wetterfestigkeit, insbesondere die Widerstandsfähigkeit gegen säurehaltige Luft, wird durch Zusätze von Paraffin verbessert.

Die Farbstoffe (Pigmente), deren Zahl überaus groß ist, gruppieren sich nach ihrer chemischen Herkunft. Diese gibt die Erklärung für ihr Verhalten in der Anwendung für technische Anstriche.

a) Bleifarbstoffe.

Bleiweiß ist kohlensaures Blei und empfindlich gegen Schwefelwasserstoff, löslich in verdünnten Säuren und Laugen, giftig wie alle Bleifarben. Bleiweiß ist eine gute Deckfarbe, aber keine Rostschutzfarbe, also kein Grundanstrich.

Bleimennige ist sauerstoffreichstes Bleioxyd und hat einen orangeroten bis roten Farbton. Es ist empfindlich gegen Schwefelwasserstoff, nicht lichtecht, setzt sich im angerührten Zustande infolge seiner Schwere leicht ab und kommt deshalb nur in Pulverform in den Handel. Da die Farbe von Fall zu Fall angesetzt werden muß, können durch das Pulver Gesundheitsschädigungen der Arbeiter eintreten. Die angesetzte Farbe muß dick verstrichen werden. Bleimennige ist das bekannteste und zur Zeit am meisten verbreitetste Pigment und eine der ältesten, künstlich hergestellten Mineralfarben.

Die disperse Mennige ist eine neuere Form der Bleimennige, welche nicht absetzt und deshalb bereits in angeriebenem Zustand in den Handel kommt.

Graubleimennige ist das sauerstoffärmste Bleioxyd. Dieses Pigment kommt gleichfalls in angeriebenem Zustand in den Handel, was in gesundheitlicher Beziehung vorteilhaft ist.

b) Zinkfarbstoffe.

Zinkweiß ist Zinkoxyd, in Säuren und Alkalien löslich, nicht giftig, wird durch Schwefelwasserstoff nicht geschwärzt, eignet sich aber schlecht für Außenanstriche.

Zinkstaub ist metallisches Zinkpulver, das von Säuren leicht angegriffen wird. Das Pigment ergibt eine brauchbare Rostschutzfarbe (Zinkgrau).

c) Chromfarbstoffe.

Diese ergeben für Rostschutzanstriche geeignete Pigmente, sind aber verhältnismäßig teuer.

d) Eisenfarbstoffe.

Eisenocker ist natürlich vorkommende Eisenoxydfarbe (Erdfarbe), die zum größten Teil aus Ton besteht (gelber und roter Ocker).

Englischrot ist ein Farbstoff, der künstlich durch Rösten von Eisenerzen hergestellt wird. Das Produkt enthält Schwefelsäurereste und zählt zu den sogenannten rostfördernden Pigmenten.

Eisenmennige wird größtenteils durch das Brennen schwefelfreier Erze hergestellt. Der Wert des Pigmentes für Rostschutzanstriche ist sehr umstritten, da die Farbfilme leicht quellen und porös sind.

Eisenglimmer ist ein Mineral, das als Schuppen von grauer Farbe vorkommt und infolge der Schuppenform und seiner großen Widerstandsfähigkeit eine gute, billige Rostschutzfarbe abgibt, die auch unter dem Namen Schuppenpanzerfarbe bekannt ist.

e) Titanfarbstoffe.

Titanweiß (Titanoxyd) ist ein Farbstoff, der gegen schweflige Säure unempfindlich ist und eine besonders starke Deckkraft hat. Die Farbe soll aber nicht besonders wetterbeständig sein.

f) Aluminiumfarbstoffe.

Aluminiumpulver (Aluminiumbronze) ist metallisches Aluminium. Nähere Ausführungen siehe unter Aluminiumtechnik.

g) Kohlenfarbstoffe.

Graphit ist gegen jede Säure beständig und gibt unter Umständen eine gute Rostschutzfarbe ab, da die Graphitteilchen schuppenartig übereinander zu liegen kommen.

Ruß ist ein schlechter Farbstoff für technische Anstriche.

h) Asbest.

Die Verwendung von Asbest ist gegeben, wenn von dem Anstrich feuerbeständige oder säurebeständige Eigenschaften verlangt werden. Asbest ist kieselsaures Magnesium und kommt sowohl in langen Fasern als auch in Massenfasern, bei denen eine einheitliche Faserrichtung nicht mehr zu erkennen ist, vor. Auch Abfallasbest kann verarbeitet werden. Asbestine ist vermahlener Asbest. Mischungen von Asphalten und Asbest geben elastische, gummiartige Stoffe.

Die Elastizität und die Dichtigkeit eines Farbfilmes ist von der Beschaffenheit der Pigmentkörnchen sowie von der Art ihrer Lagerung im Film abhängig. Grobe Körnchen brechen leicht aus der Farbschicht aus. Allerfeinste Teilchen, gemischt mit weniger feinen Körnchen, ergeben eine gute Lagerung im Film.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Eigenschaften mancher gegen Säuren und Alkalien unempfindlichen Pigmente in den Anstrichen selbst nicht voll und ganz zur Wirkung gelangen können, da ja die Farbkörperchen in einem Film eingebettet sind, der an sich gegen Säure und Alkalien ziemlich empfindlich ist. Z. B. ist Graphit selbst unempfindlich gegen Säure. Der Film eines Graphitanstriches aber, bestehend aus Linoxyn und Graphitteilchen, hat diese Unempfindlichkeit nicht mehr. Dieser Umstand darf nicht übersehen werden, wenn von sogenannten alkali- oder säurefesten Anstrichen gesprochen wird, die auf Leinöl aufgebaut sind. Ferner ist auch zu beachten, daß der pigmentlose Leinölanstrich wasserdurchlässig ist und sich unter der Einwirkung des Wassers bläht. Reine Leinölanstriche stellen also keine Rostschutzanstriche dar. Erst der Gehalt des Filmes an Pigmenten verändert ihn so weit, daß er mehr oder weniger wasserundurchlässig wird. Die Veränderung geht aber nicht so weit, daß man Ölfarbenanstriche dort verwenden kann, wo sie dauernd mit Wasser in Berührung kommen (Quellen des Filmes).

Bei einer ganzen Reihe von Pigmenten tritt an Stelle des mechanischen Gemenges von Bindemittel und Pigment eine chemische Reaktion zwischen Pigment und Bindemittel ein. Diese Pigmente werden aktive Pigmente genannt. Die entstehenden chemischen Verbindungen heißen Metallseifen, der Vorgang selbst Verseifung. Vor allem sind es die Bleifarben, bei denen die sich in starkem Maße bildenden Bleiseifen die Eigenschaften des Anstrichfilmes weiter günstig verändern. Durch die Seifenbildung wird bei den Bleifarben, besonders bei den Bleioxyden die Wasserundurchlässigkeit erhöht und die Quellbarkeit des Filmes noch weiter herabgesetzt. Auch bei Zinkfarben kann man eine Seifenbildung feststellen. Leider wird durch die Zinkseifen der Schutzwert des Filmes herabgesetzt, denn die Zinkseife wird im Wasser teilweise löslich. Zinkfarbenanstriche eignen sich demnach nicht für Außenanstriche, die dem Regen ausgesetzt sind. Bei den Eisenoxyden kann von einer Verseifung praktisch kaum gesprochen werden, denn sie tritt überaus schwach in Erscheinung. Es liegt also in Eisenmennigeanstrichen das Bindemittel in unverseifter, leicht zerstörbarer Form vor. Bei solchen Anstrichen kann man nach einiger Zeit, wenn das Bindemittel bereits verwittert ist, feststellen, daß das Eisenmennigepulver in unveränderter Form als Staub auf den Flächen liegt. Die anderen vorher genannten Pigmente bilden überhaupt keine Seifen, was bei der Beurteilung der Farben berücksichtigt werden muß.

Ölfarben dürfen nicht auf einen feuchten Untergrund von Holz oder Mörtel, auf einen von nicht trocknenden Ölen und Fetten getränkten Untergrund oder auf Anstrichen von Teer, Asphalt, Karbolineum und Wasserglas aufgetragen werden. Feuchtes Holz läßt eine innige Verbindung der Farbschicht mit dem Untergrund nicht zu. Feuchter Kalkmörtel oder frischer Zementputz zerstören die Farbschicht. Bereits trockene Teeranstriche verbinden sich mit Ölfarbenanstrichen zu einer schleimigen, schmutziggelben, nie trocknenden Schicht.

Sollen Teeranstriche mit Deckanstrichen versehen werden, was im Fabrikbau besonders bei den gußeisernen Abflußleitungen in Frage kommt, so ist eine gründliche Vorbehandlung, d. h. ein Abdecken mit Schellack, notwendig. Die Deckanstriche bestehen dann am besten aus Heizkörperlackfarbe.

4. Lacktechnik. Eine Reihe technischer Schutzanstriche sind auf der Lacktechnik aufgebaut. So werden Maschinen, Apparate, Gebrauchsgegenstände usw. lackiert, was seltener

mit dem Pinsel als vielmehr durch Tauchen oder unter Verwendung eines Spritzapparates geschieht. Aber auch viele Bauelemente erfahren Lackanstriche. Besonders Unterwasseranstriche sind auf der Lacktechnik aufgebaut. Bei den Lacken sind die Bindemittel stets Lackfirnisse. Lackfirnisse sind Lösungen von Harzen in Leinöl, Holzöl, auch Terpentinöl (Öllacke) oder in Alkohol (Spirituslacke). Eine besondere Gattung stellen die Zaponlacke und die Nitrozellulose-lacke dar.

Der Unterschied zwischen Anstrichen aus pigmentlosen Ölfarbenfirnissen und reinen Lacken ist der, daß die Ölfarbenfirnisse Feuchtigkeit aufnehmen, während die Lacke diesen Nachteil weniger (Öllacke) oder gar nicht (Spirituslacke) besitzen. Als Pigmente kommen die bereits früher genannten Grundstoffe in Frage.

Es gibt Anstriche mit reinem Lack, d. h. ohne Zusatz von Pigmenten, und Anstriche mit Lackfarben (nicht zu verwechseln mit Farblack). Man kann mit Lack von Grund auf arbeiten, man kann aber auch den Lack oder die Lackfarbe nur als Deckanstrich verwenden. Lacke und Lackfarben trocknen härter auf als Ölfarben. Für Außenlackierungen muß der Lack fetter sein als für Innenlackierungen. Ein magerer Lack zerreißt im Freien, da er zu spröde ist. Zu viel Firniszusatz kann aber wieder die Trockenfähigkeit fast ganz aufheben. Japan-Emaillelack ist solch ein fetter Lack, der erst in 24 Stunden trocknet und nach längerer Zeit erhärtet.

Der Trocknungsprozeß vollzieht sich bei den Lacken mit alkoholischem Lösungsmittel durch Verdunsten des Lösungsmittels, wobei der Lack als harter Überzug zurückbleibt. Bei Öllacken ist die Trocknung ein chemischer Prozeß. Das enthaltene Leinöl oder Holzöl wird erst durch Oxydation fest. Die Öllacke stehen zwischen den Ölfarben und den Spirituslacken.

5. Kieselsäuretechnik. Die Kieselsäuretechnik kommt vorwiegend auf dem Gebiet des Beton- und Steinschutzes zur Anwendung.

a) Das Silikatisieren bedeutet den Auftrag einer Wasserglaslösung (Kali- oder Natronsilikat). Wasserglas ist in Wasser lösliches kieselsaures Alkali. Man unterscheidet Kali- und Natronwasserglas. Bei dem Auftragen der Wasserglaslösung setzt sich der kohlensaure Kalk in kieselsauren Kalk um. Es muß darauf geachtet werden, daß die Lösung in nicht zu stark konzentriertem Zustande aufgetragen wird, da sich sonst Mißerfolge bemerkbar machen. Durch den Anstrich mit Wasserglas wird Putz sehr schnell zum Erhärten gebracht. Wasserglas mit Quarzmehl vermischt, ergibt einen besonders widerstandsfähigen Anstrich gegen Säuren. Die Anstriche sind allerdings spröde; die Sprödigkeit läßt sich mindern durch einen Zusatz von Asbest. Holz wird durch wiederholten Wasserglasanstrich gegen Schwammbildung und Wurmfraß geschützt. Auf Ölfarbenuntergrund darf Wasserglas nicht aufgebracht werden.

b) Das Fluatieren bedeutet den Auftrag von Fluaten, d. h. Verbindungen aus Fluor, Kieselsäure, Kalzium oder Magnesium. Durch den Auftrag von Fluaten auf kalkhaltige Baustoffe, wie Kalk- und Zementmörtel, Beton, Natursteine usw., werden diese hart und dicht. Durch das Fluatieren wird Beton auch in gewissem Grade benzin- und ölfest. Bei der Behandlung mit Wasserglas wirkt dieses infolge seiner Dickflüssigkeit nur an der Oberfläche, während bei der Behandlung mit Fluaten diese infolge ihrer Dünnflüssigkeit in den Beton eindringen und dort mit dem Kalk Verbindungen eingehen, wobei Kieselsäure ausgefällt wird, die zu Quarz erhärtet.

6. Emulsionstechnik. Wenn wasserunlösliche Kolloide, z. B. Bitumina, durch Zusätze oder mechanische Prozesse mit Wasser in einen emulgierten Zustand übergeführt werden, so spricht man von Emulsionen. Diese Emulsionen haben beim Verdunsten des Wassers die Eigenschaft „zu brechen". Hierbei scheidet sich der im Wasser emulgierte Körper ab. Bitumenemulsionen, auf nassem Beton aufgetragen, geben nach dem Zerfallen der Emulsion einen sehr glatten, glänzenden Anstrich, der auch sehr gut haftet, was bei Bitumenlacken nicht der Fall sein würde.

7. Asphalt-(Bitumen-)Technik. In vielen Fällen müssen die Schutzanstriche stärker sein, als sie durch Asphalt-(Bitumen-)Lacke oder -Emulsionen hergestellt werden können. Die Massen werden dann in geschmolzenem Zustande ohne Lösungsmittel aufgebracht. Auch dickflüssige Kompositionen, die kalt verarbeitet werden, finden Anwendung. Die Stärke der Überzüge oder Aufstriche beträgt bis 2 cm. Der Erstarrungspunkt bzw. der Tropfpunkt der zu verwendenden Massen muß sich nach ihrem Verwendungszweck richten. Um den Temperaturbereich zwischen Erstarrungs- und Tropfpunkt zu erweitern und die Massen elastischer zu machen, wird vielfach Mikroasbest zugesetzt. Diese Asbest-Bitumen-Kompositionen werden nach oberflächlicher Hautbildung lederartig zäh und haben gerade als Betonschutzmittel Bedeutung. Im allgemeinen muß von den Asphalt-(Bitumen-)Schutzüberzügen verlangt werden, daß sie die bei Beton besonders stark auftretenden Haarrißbildungen und das Setzen des Mauerwerkes mitzumachen imstande sind. Die Elastizität und Dehnbarkeit soll so groß sein, daß in der Schutzschicht keine Risse auftreten. Zur Herstellung von säurefesten Überzügen ist

Trinidadasphalt zu verwenden. Destillierter Steinkohlenteer hat einen verhältnismäßig kleinen Temperaturbereich und eine geringe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und andere aggressive Stoffe, ist also als Schutzanstrich für Beton und Mauerwerk nur bedingt zu verwenden.

8. Aluminiumtechnik. Die Aluminiumbronzefarbe besteht aus feinen Aluminiumflocken oder -schuppen, die mit einem Bindemittel aus Firnis, Nitrozelluloselack, bituminöser Farbe oder dergleichen innig vermischt werden. Die Aluminiumteilchen schützen sowohl die Deckschicht als auch die Unterschicht nicht nur chemisch, sondern auch physikalisch, indem sie die ultraviolette Strahlung reflektieren und — wegen der parallelen Schichtung der einzelnen Flitterchen — den Zutritt von Sauerstoff erschweren.

Die Verwendung von Aluminiumbronzefarbe ist erst jüngeren Datums; sie hat im Fabrikbau für Rostschutzanstriche bisher nicht allzu großen Eingang gefunden. Geschützt stehende Stahlkonstruktionen, z. B. Hallen, können wie folgt angestrichen werden:

ein Grundanstrich aus roter oder grauer Bleimennige mit geringem Ölgehalt,

ein Anstrich aus Bleiweiß,

ein Deckanstrich aus Aluminium.

In Amerika sind auch bei freistehenden Konstruktionen keine nachteiligen Erfahrungen gemacht worden.

Aluminiumbronzefarbe soll ein Lichtreflexionsvermögen von 70% haben. Ein großer Vorteil besteht darin, daß das Wärmeausstrahlungsvermögen der Aluminiumfarbe sehr gering ist. Es soll nur 30% von demjenigen eines dunklen Körpers sein. Aus diesem Grunde werden Öfen, die mit hohen Temperaturen arbeiten, sowie Dampf- oder ähnliche Rohrleitungen und dgl. mit solchen Anstrichen versehen. Hieraus folgert, daß Heizkörper nicht mit Aluminiumfarbe gestrichen werden dürfen, es sei denn, daß bei ihrer Bemessung hierauf Rücksicht genommen wird, was aber unwirtschaftlich ist. Ein weiterer Vorzug besteht in der Widerstandsfähigkeit gegen schweflige Dämpfe, besonders gegen die Einwirkungen des Schwefelwasserstoffes, ohne daß das Aussehen des Anstriches verändert wird.

9. Metallspritztechnik. Einen Übergang von den Anstrichen zu den metallischen Oberflächenschutzverfahren bildet das Metallspritzverfahren nach Schoop und Meurer. Hierbei wird mit einer Spritzpistole gearbeitet, durch die ein Draht des zu verspritzenden Metalls (Zink, Blei, Aluminium, Kadmium, überhaupt alle metallischen Werkstoffe, die sich in Drahtform herstellen lassen) hindurchführt. Der Draht wird in einer Düse durch Knallgas, Leuchtgas oder Azetylen zum Schmelzen gebracht. Die geschmolzenen Metallteilchen treffen auf die zu behandelnde Fläche im Augenblick des Aufpralls plastisch auf und bilden einen innig haftenden, geschlossenen Überzug von ausreichender Haltbarkeit, besonders gegen atmosphärische Einflüsse. Die Fortleitung der Metallteilchen erfolgt mittels Preßluft. Bei dem Metallisatorspritzverfahren kann an Stelle der Drähte auch Pulver der gleichen Metalle treten. Metallüberzüge kommen im Fabrikbau als Schutz sowohl freistehender Stahlkonstruktionen als auch sichtbarer stählerner Tragwerke von Hallen und sonstigen Baulichkeiten in Frage. Allgemein ist die Anwendungsmöglichkeit da gegeben, wo Rostschutzanstriche erforderlich sind. Die Anwendung des Verfahrens ist jedoch relativ teuer und deshalb noch nicht allzu sehr verbreitet.

Zusammenfassend gelten für Rostschutzanstriche die nachstehenden Richtlinien:

Bei der Verwendung von Rostschutzfarben (Streichen und Spritzen) sind die Anforderungen, denen der zu schützende Gegenstand später ausgesetzt ist, zu berücksichtigen. Rostschutzfarben im engeren Sinne sind die Farben, die, unmittelbar auf das Eisen aufgebracht, der Rostbildung möglichst großen Widerstand entgegensetzen sollen.

Die Rostschutzmittel lassen sich in drei Gruppen einteilen, die durch die folgenden Anforderungen gekennzeichnet werden:

1. Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse; eine mechanische Beanspruchung findet nicht statt.
2. Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe, z. B. durch Gase, Säuren, Alkalien usw.; eine mechanische Beanspruchung findet nicht statt.
3. Widerstandsfähigkeit sowohl gegen Witterungseinflüsse als auch gegen chemische Angriffe unter gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung.

Die witterungsbeständigsten Rostschutzfarben sind die giftigen Bleifarben, vor allen Dingen Bleimennige. Alle nicht bleihaltigen Farben sind als bedingt wetterfest anzusehen, dürfen also nur da Anwendung finden, wo Regen und Feuchtigkeit in beschränktem Maße Zutritt haben. So sind Zink-, Eisenoxyd- und Aluminiumfarben vorwiegend im Innenanstrich zu verwenden.

Über die Deckfarben, die auf die eigentlichen rostschützenden Unterlagen aufgebracht werden, lassen sich bestimmte Richtlinien nicht geben, da sie bei guter Grundfarbe auf die Haltbarkeit der zu schützenden Metalle ohne ausschlaggebende Bedeutung sind. Als Deckfarben sind Bleiweißfarben, Zinkfarben, Eisenoxydfarben (Eisenglimmer), Aluminiumfarben zu verwenden, die eine gewisse Ölfestigkeit gegen kalte Mineralöle haben.

Alle mit Faktorfirnis angerührten Farben können auch bei Regenwetter gestrichen werden, da Faktorfirnis kein Wasser aufnimmt.

Für Stahlkonstruktionen, die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, haben sich bewährt:

a) ein Grundanstrich aus roter Bleimennige, zwei Deckanstriche aus Bleiweiß,

b) ein Grundanstrich sowie ein Deckanstrich aus Graubleimennige.

Als Rostschutzfarbe für Brücken, Hallen usw. haben sich auch die ölfreien Streichmittel, deren Hauptbestandteile Nitrozellulose und Kopale sind, bewährt.

An den Stellen, wo eine Beständigkeit gegen chemische Angriffe gefordert wird, sind Bitumina zu verwenden[1].

Zu chemisch gefährdeten Gegenständen gehören auch alle Eisenteile, die unter der Erdoberfläche liegen. Ein Lagertank z. B., der über der Erde liegt, ist mit Mennige zu streichen, ein unterirdischer Tank mit Bitumen. Der Innenanstrich richtet sich nach der aufzunehmenden Flüssigkeit.

Widerstandsfähig sowohl gegen Witterungseinflüsse als auch gegen chemische Angriffe unter gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung sind Kunstharze, z. B. gefüllte Bakelit- und Glyptallacke.

Vor dem ersten Anstrich sind die Walzhaut, vorhandene Roststellen und alte Farbanstriche sorgfältig (Kratzen, Sandstrahlen, Abbrennen oder Beizen) zu entfernen. Durch ungenügendes Entrosten und Reinigen wird die Lebensdauer der Anstriche stark verringert. Anstriche, die auf Rost aufgebracht werden können, gibt es nicht.

Richtig aufgebrachte Rostschutzfarben müssen in gemäßigtem Klima mindestens 4 Jahre halten.

Lackfilme sind nur auf trockene Teile aufzubringen.

Glasflächen von Fenstern und Oberlichtern, die während der Arbeitszeit der Sonnenstrahlung besonders ausgesetzt sind, werden vielfach mit einem Sonnenschutzanstrich versehen. Die Farbtöne derartiger Anstriche können weiß, hellgrau, blau und grün sein. Da die Farben meist mit Wasser angesetzt werden, ist die Haltbarkeit der Anstriche begrenzt; die Lebensdauer beträgt 1 bis 2 Jahre. So wünschenswert ein derartiger Anstrich für den Schutz gegen die Sonnenstrahlung ist, so nachteilig wirkt er natürlich auf die Tageslichtbeleuchtung der geschützten Räume.

Auch bei Dampfkesseln werden verschiedentlich die Innenwände als Schutz gegen Korrosion angestrichen. Die hierfür gebräuchlichen Mittel sind vielfach feuergefährlich und gesundheitlich schädlich, daher ist große Vorsicht am Platze. Außerdem können leicht Wärmestauungen eintreten, die zum Ausglühen von Kesselteilen führen. Gefahrlos und billig ist ein Anstrich der Kesselwandungen mit einer Mischung von Flockengraphit und Magermilch. Im allgemeinen ist ein Innenanstrich überflüssig, wenigstens wenn eine genügende Aufbereitung des Kesselwassers erfolgt. Siederohre werden auf keinen Fall innen angestrichen. Gegen äußere Verrostungen werden Außenanstriche mit destilliertem Steinkohlenteer angewandt. Auch mit 85%iger, fein verteilter Bleimennige, die keine wasserlöslichen Bestandteile und nur etwa 2% wasserunlösliche Verunreinigungen enthalten darf, sind günstige Erfahrungen gemacht worden.

Zum Schluß sei noch auf die Kennfarben von Rohrleitungen und elektrischen Leitungen hingewiesen, über die der Deutsche Normenausschuß die Normblätter DIN 2403 und DIN-VDE 705 entwickelt hat. Die Leitungen sind möglichst nicht in ihrer ganzen Länge mit der Kennfarbe zu streichen. Vielmehr genügen ringförmige Kennzeichnungen an wichtigen Stellen, z. B. bei Absperrorganen, Abzweigungen u. dgl.

IV. Energieversorgung.

21. Energiebedarf; Eigenerzeugung oder Fremdbezug?

Energieform. — Energiebedarf. — Wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Unter Energie im Sinne der vorliegenden Betrachtung ist nicht nur die Antriebskraft für Arbeits- und Werkzeugmaschinen in Form von mechanischer oder elektrischer Energie zu verstehen, vielmehr umfaßt dieser Begriff auch die Wärmeversorgung für gewerbliche Zwecke mit Dampf, Warmwasser, Gas, Öl und anderen Brennstoffen, in weiterem Sinne auch die Versorgung mit Preßluft zum Antrieb von Arbeitsmaschinen und zum Ausblasen von Werkstücken. Wenn auch die Ausbildung der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen für die einzelnen Energieformen ganz verschiedenartige Mittel und Wege verlangt, so stellt doch die Energieversorgung

[1] Neuerdings werden als Schutz von Beton-, Stahl- und Holzkonstruktionen Gummiüberzüge empfohlen; die Überzüge werden auf kaltem Wege, ohne nachträgliche Vulkanisation, hergestellt und sollen besonders wirksam gegen chemische Beanspruchung sein.