

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.

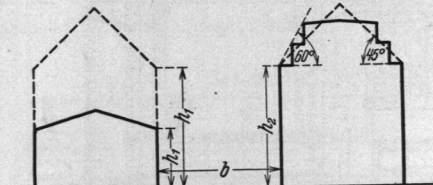


Abb. 39. Berechnung der Breite von Fabrikstraßen:

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

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.

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 fern-
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 schützen¹.

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 aufgebrauchte 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.

Waagrecht 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.

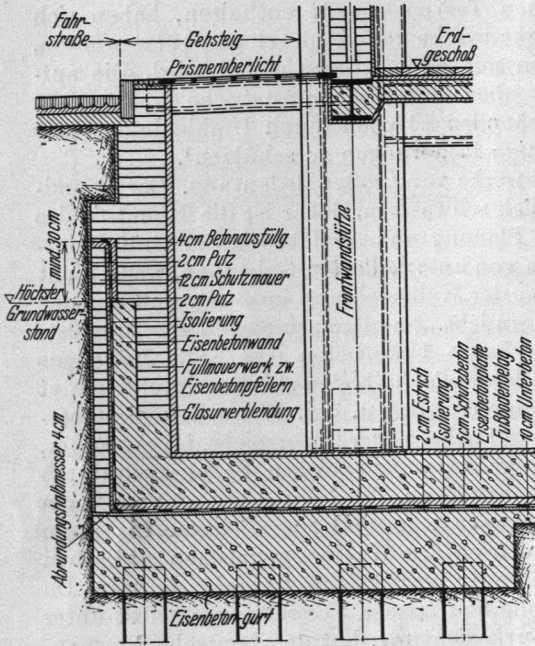


Abb. 40. Vorschriftsmäßige Anordnung einer wasserdruckhaltenden Dichtung.

Das gedichtete Bauwerk darf nicht eher den Kraftwirkungen des Grundwassers ausgesetzt werden, als die zur Aufnahme äußerer Kräfte bestimmten Bauwerkteile 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 Grundwasserabsenkungsanlage 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 können¹.

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 unterkellert 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 Gründungstreifen, 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 Hohlrumbauteen. Die Übertragung der Lasten auf den Baugrund erfolgt je nach den

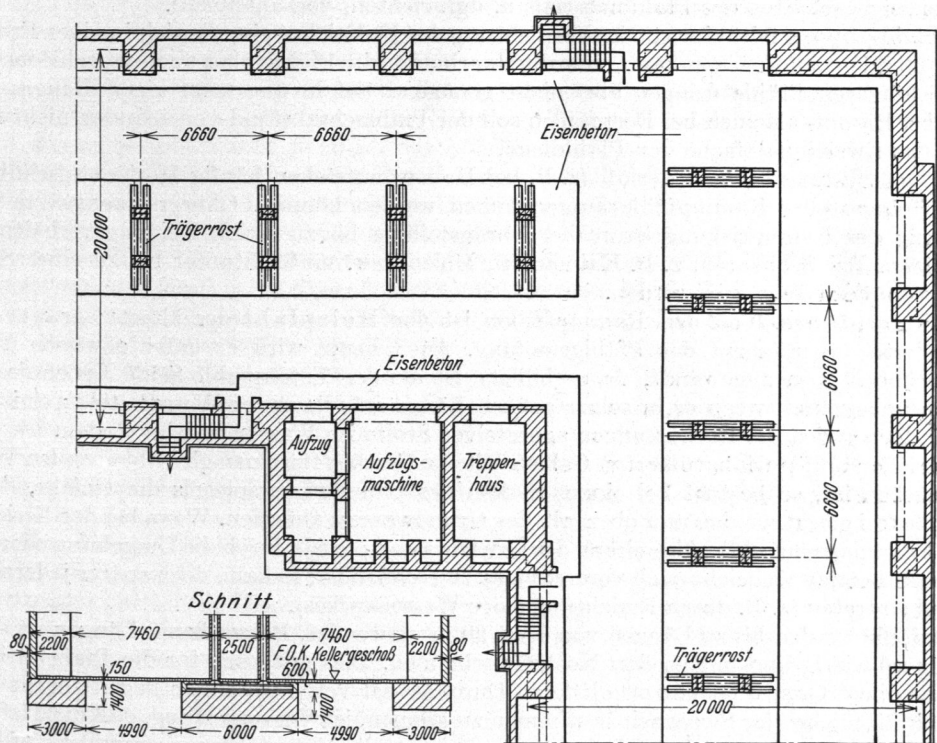


Abb. 41. Plattenrostgründung eines unterkellerten Stockwerkbauwerks.

näheren Umständen wie bei der Flachgründung durch Einzelfundamente, durch Plattenroste oder durch eine durchgehende Eisenbetonplatte. Abb. 41 zeigt die Gründung eines unterkellerten Stockwerkbauwerks 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 Grenzfall 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, vorzunehmen¹.

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 Aufständungen 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 Holzpfales, 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 Ramppfähle Anwendung gefunden.

Die Nachteile des Holzpfahles und des Eisenbetonpfahles werden von den sogenannten Ortspfählen vermieden. Hierzu gehören in der Gruppe der Ramppfähle 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 verllorener Hülse haben gegenüber dem fertigen Eisenbetonpfahl den Vorteil, daß sie bei Vorhandensein von aggressiven Stoffen im Boden und im Wasser im Innern mit einem Asphaltbeschützungsanstrich 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 Ramppfählen „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) Bohrfähle. Die Bohrfähle sind sämtlich Ortspfähle; als Baustoff kommt Beton, teils mit, teils ohne Eisenarmierung in Frage. Die Anwendung erfolgt, wenn bei kleineren Objekten

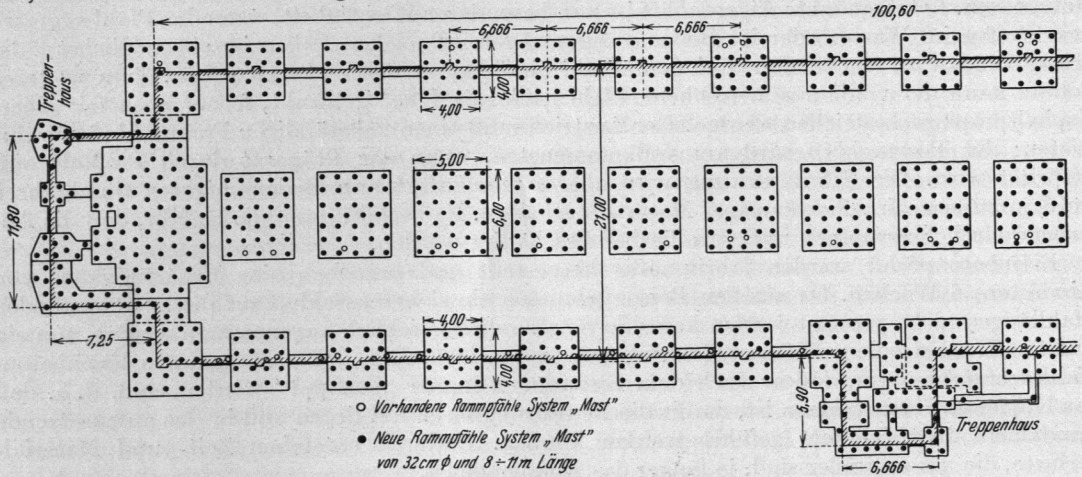


Abb. 42. Ramm- und Fundamentplan eines Stahlskelett-Stockwerkbaues.

sich die Aufstellung einer Ramme nicht lohnt oder wenn sich Rammarbeiten nicht durchführen lassen. Die wesentlichen Nachteile der Bohrfähle sind, daß ihre Herstellung nicht so einwandfrei beobachtet werden kann wie bei Rammfählen 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

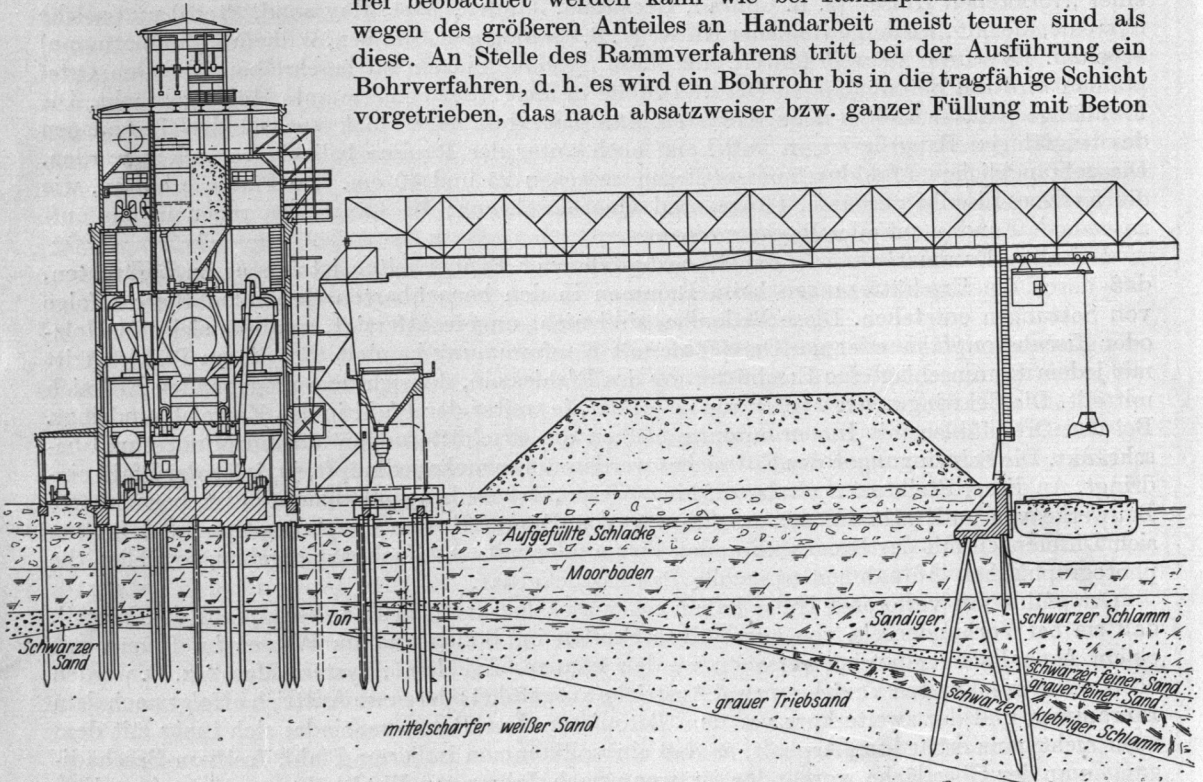


Abb. 43. Pfahlfundierung einer Kohlenmahlanlage mit Lagerplatzbrücke; die landseitigen Bauwerke sind auf Betonpfählen, die Ufermauer auf Holzpfählen gegründet.

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

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

Gegen diesen Übelstand sind die sogenannten Preßbetonpfehle 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 Bohrröhre der genannten Systeme liegen zwischen 25 und 50 cm.

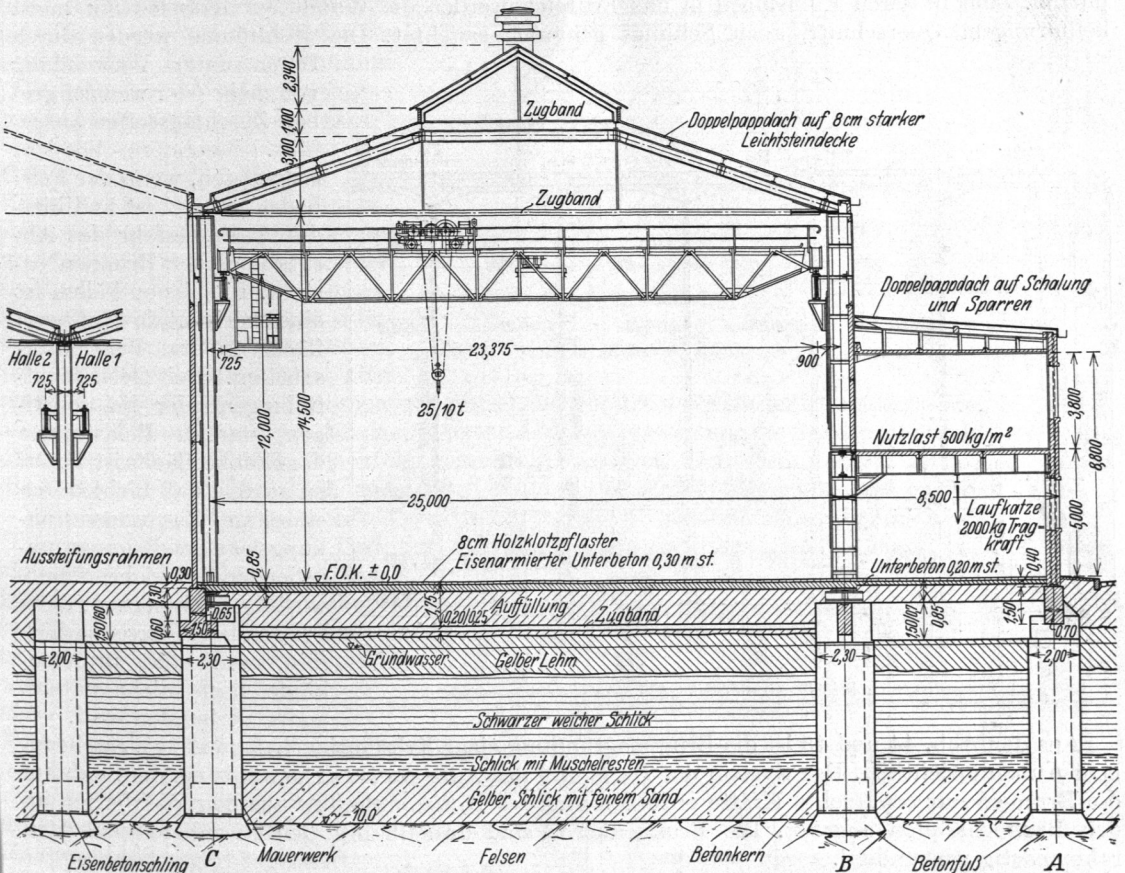


Abb. 44. Brunnengründung einer Halle (Querschnitt).

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, Schlack 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 Absinken 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 Abreißen eines Teiles des Brunnen 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 Zusammendrückung des einen Brunnen umgebenden Erdreiches Schubwirkungen entstehen; diese können besonders schädlich sein, wenn die Brunnenköpfe noch nicht miteinander verbunden sind.

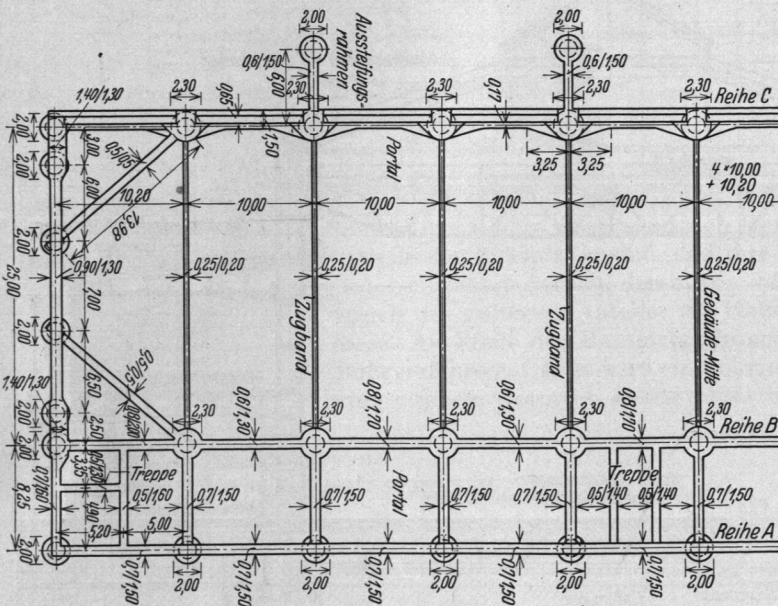


Abb. 45. Grundriß zu Abb. 44.

Aus den Abb. 44 und 45 ist die Brunnen Gründung 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 verbunden¹.

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 Brunnen Gründung. 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 Platten-gründungen 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 Zusammen-treffens, nämlich eines kiesel-säurehaltigen Materials und einer Salz-lösung 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.

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 Tiefer-führen 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.

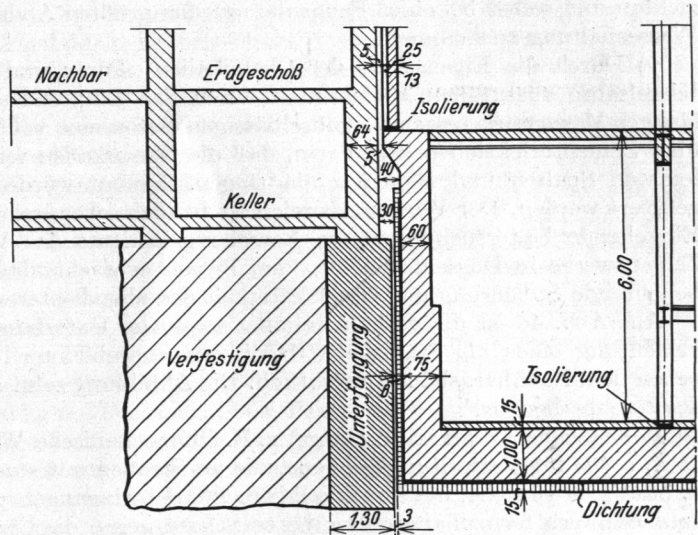


Abb. 46. Chemische Bodenverfestigung zur Unterfangung eines Nachbargiebels.

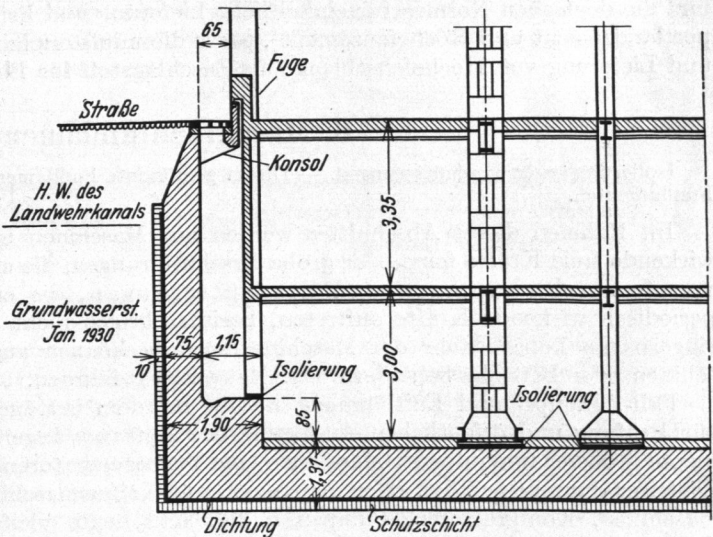


Abb. 47. Isolierung eines Stahlskelett-Hochhauses gegen Bodenschwingungen.

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 Hochofenzement¹, 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 Kreis Ausschuß 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.