

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 Kreisauausschuß 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 unveränderlich¹. 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, biegeunempfindlicher Rahmen, der gegebenenfalls noch mit Beton ausgefüllt werden kann, oder eine Grundplatte zwischenschalten ist (siehe Abb. 48).

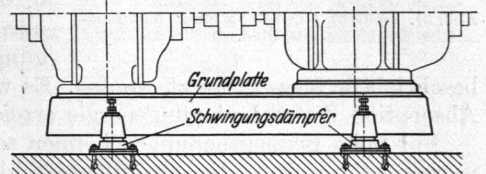


Abb. 48. Isolierung eines Umformers durch Schwingungsdämpfer.

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

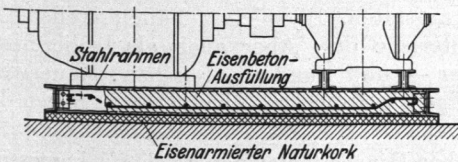


Abb. 49.

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

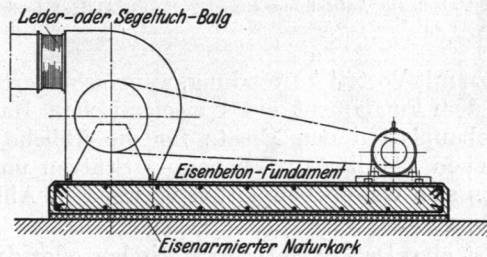


Abb. 50.

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.

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 eisenarmerter 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 Korkschat, 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 Schwingungsenergie 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

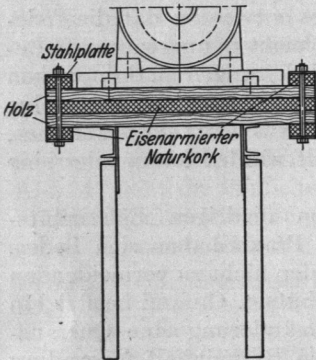


Abb. 52. Isolierte Aufstellung eines Motors auf einem Wandkonsol.

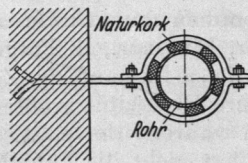


Abb. 53. Isolierte Befestigung einer Rohrleitung.

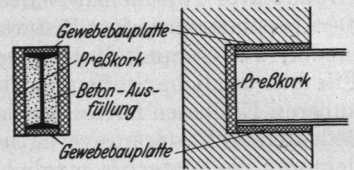


Abb. 54. Isolierung eines Trägers gegen das Mauerwerk.

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

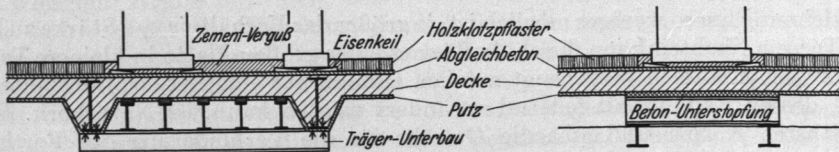


Abb. 55. Verstärkung der Deckenplatte unter einer schweren Maschine.

scheitrecten Deckenplatten, besonders mit größeren Spannweiten, müssen Schwingungen unter allen Umständen vermieden werden, da hierdurch Rißbildungen sowie Beschädigungen an den Träger- und Mauerwerksauflagen 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 eisen- armierter 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 Seitenisolationen 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.

Die durch den Arbeitsvorgang hervorgerufenen Schwingungsauslässe 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 Rausch¹ 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 Bärge- wicht, 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 schiefe 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.

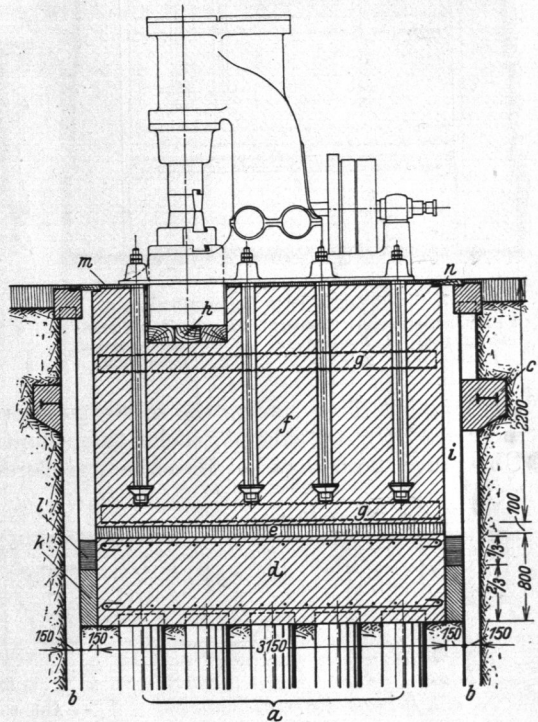


Abb. 56. Fundament eines Lufthammers.

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.

¹ Rausch, Dr. E.: Richtige und fehlerhafte Maschinen Gründungen. 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

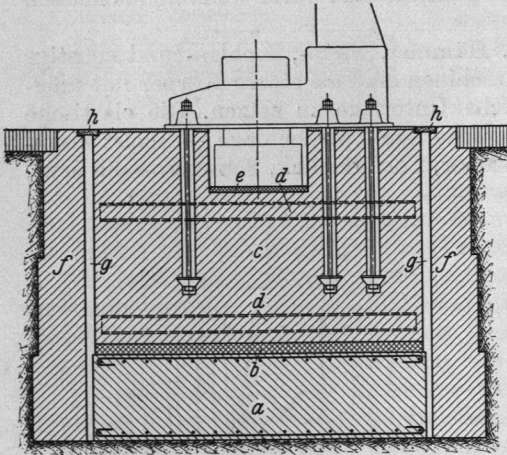


Abb. 57. Direkt gegründetes Hammerfundament.
a Eisenbetonplatte, *b* Eisenarm, Naturkork, *c* Fundamentkörper, *d* Trägerroste, *e* Gewebebauplatte, *f* Stützmauer, *g* Luftschlitz, *h* Spaltabdeckung.

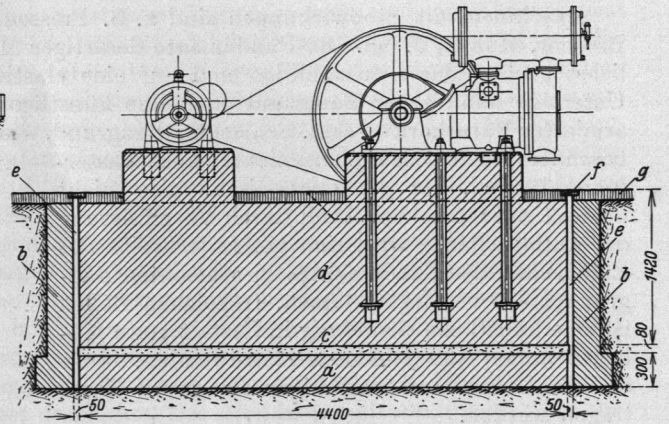


Abb. 58. Fundament eines Kolbenkompressors mit Riemenantrieb.
a Stampfbetonplatte, *b* Stützmauer, *c* Eisenarm, Naturkork, *d* Fundamentkörper, *e* Luftschlitz, *f* Spaltabdeckung, *g* Fußboden.

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.

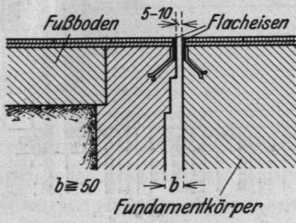


Abb. 59.

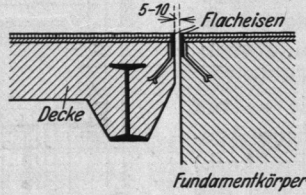


Abb. 60.

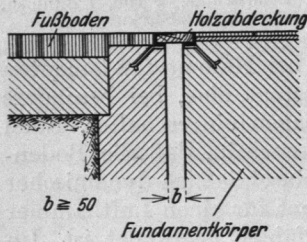


Abb. 61.

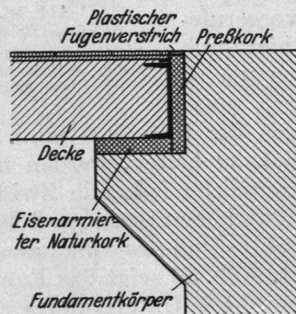


Abb. 62.

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

betonbau von Dr. Emperger² sind zahlreiche Ausführungsbeispiele für Fundamente verschiedener Kraft- und Arbeitsmaschinen gebracht.

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, Turbokompresso-

ren, 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. Geiger¹. 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 Massenfliehkkräfte, 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

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

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

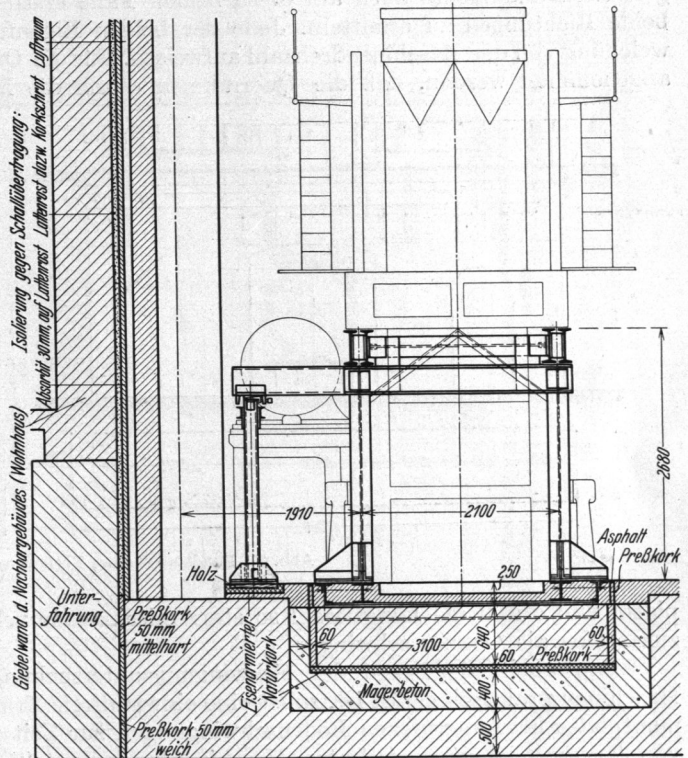


Abb. 63. Isolierung einer Rotationsmaschine gegen Übertragung von Erschütterungen und Schall.

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 Querschnittschwächungen sowie Eckversteifungen des schwingenden Körpers möglichst genau berücksichtigt werden. Diese bei der Schwingungsuntersuchung auftretenden praktischen Fragen sind von Ehlers¹ 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-

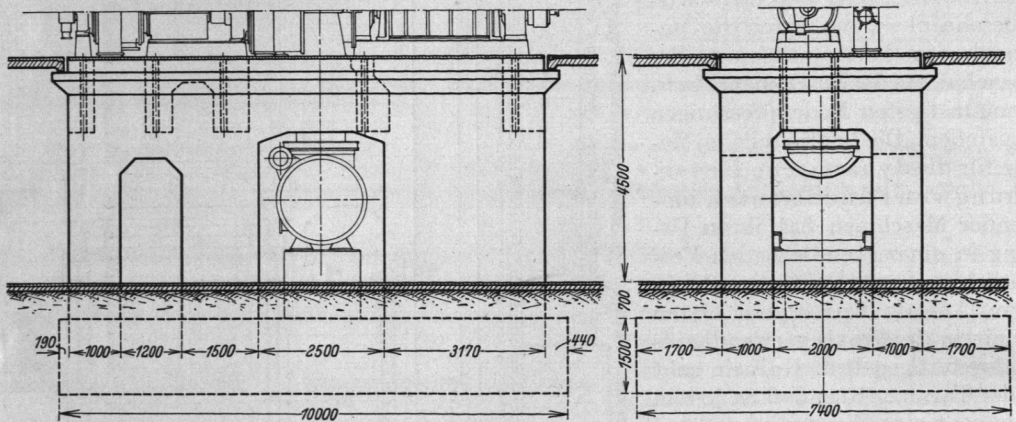


Abb. 64. Fundament eines Turbogenerators.

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 vereinzelt 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 Massensparnis 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.