

Schwingungsisolierung und Maschinenaufstellung

Autor(en): **Schrepfer, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und
Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme**

Band (Jahr): **30 (1973)**

Heft 10

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-782101>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Schwingungsisolierung und Maschinenaufstellung

Wohlausgebaute Theorie und echte Praxis sollten zusammengehen. Aus einer solchen Verbindung sind die fachgerechten Fundierungen erwachsen. Ausser den Fachleuten für Hoch- und Tiefbau und den einschlägigen Herstellern von Schwerstmaschinen haben vor allem die Käufer selbst Interesse daran, mit den neuesten Erfahrungen vertraut zu werden, um so die Verantwortung wenigstens in diesem Spezialfach delegieren zu können.

Vibrationsregelung und Schwingungsdämpfung sind notwendig, weil die Entwicklung der Maschinen im letzten Jahrzehnt eine wachsende Anzahl von Schwingungsproblemen aufgeworfen hat. Betriebsingenieure sind sich heute klar darüber, dass Schwingungen zu kürzeren Standzeiten von Einrichtungen, zu schlechteren Oberflächengütern und damit zu einer Verminderung der Produktion führen. Das hat Gültigkeit für die Werkzeugmaschinenindustrie und gilt auch für die graphische Industrie.

Das ist der Grund, warum in den letzten zehn Jahren die schwingungsisolierte Montage von Maschinen einen starken Aufschwung erlebte. Heute stehen Zehntausende von Maschinen aller Gattungen Air-Loc-isoliert in Betrieb. Allgemein kann man sagen, dass es jetzt für die schwingungsisolierte Montage von Maschinen technisch einwandfreie und in weitaus den meisten Fällen auch wirtschaftlich günstige Lösungen gibt. Für Schwerstmaschinen dagegen ändert sich das Bild:

— weil bei Grossmaschinen ausserordentlich grosse Abmessungen und auch ungewöhnlich hohe statische und dynamische Belastungen aufzunehmen sind. Gleichzeitig werden die Anforderungen an Qualität, Präzision und Leistung immer höher;

— weil hinsichtlich der erforderlichen Basisfundamente statische und dynamische Dimensionsstabilitäten gefordert werden müssen, die infolge der grossen Abmessungen schon wegen der verschiedenen Ausdehnungs-Koeffizienten von Maschinenbauwerkstoffen und Beton erfahrungsgemäss Schwierigkeiten bieten.

Vibrationsregelung und Faktoren der Maschineneinrichtung umfassen nicht nur Fragen der Maschinenaufstellung, sondern auch Probleme hinsichtlich der Ausgestaltung der Gebäude- und Maschinenfundamente.

Bisher wurden schwere Werkzeugmaschinen, Rotationsdruckmaschinen, Offsetanlagen usw. auf das Fundament geschoben,

unterteilt, ausgerichtet und mit Beton vergossen. Diese Art von Fundierung reichte aus, wenn von gleichbleibender Führungsgenauigkeit abgesehen wurde. Da jedoch heute die Anforderungen an Qualität und Quantität wesentlich höher sind, muss von solchen Anlagen entsprechend höhere Präzision verlangt werden; deshalb genügen die alten Methoden der Schwerstmaschinen-Aufstellung nicht mehr. Vor allem ist die Erkenntnis durchgedrungen, dass ein frisch hergestelltes Betonfundament arbeitet, und zwar nicht nur während der ersten Wochen, sondern — wie Erfahrungen und Messungen bestätigen — über ein bis drei Jahre, je nach Masse. Die Folgen davon sind ebenso schwerwiegend wie logisch. Da gegen die direkte schwingungsisolierte Aufstellung von Schwerstmaschinen hin und wieder Einwendungen erhoben werden, soll versucht werden, aus den bisherigen praktischen Erfahrungen wesentliche Fragen und Antworten einander gegenüberzustellen.

In Fällen, wo Statiker als Berater für die Lösung solcher Probleme beigezogen wurden, hat man verschiedentlich als Gegenargument zu der vorgeschlagenen Schwingungsisolierung angeführt, dass das ganze Fundament für die Maschine ohnehin ringsum vom übrigen Gebäude abgetrennt und ohne direkten Kontakt von Basis-Maschinenfundament zu Basis-Gebäudefundament sei, sich also eine Isolierung erübrige. Eine solche Argumentation übersieht, dass die Bodenpressung durch das Gewicht von Gebäude bzw. Maschine und Fundament bereits beachtlich ist und dass infolge der geringen Trenndistanzen einerseits und des verhältnismässig kleinen Dämpfungsvermögens des gewachsenen Bodens andererseits eine wirksame Isolierung nur in den seltensten Fällen erreicht werden kann. Das belegen Dutzende von in der Praxis gemachten Erfahrungen. Der Statiker läuft Gefahr, vor allem wenn er in bezug auf Schwerstmaschinengründungen nicht über eine umfassende Erfahrung verfügt, die Ansicht zu vertreten, er könne dynamische Kräfte rein statisch dämpfen. Die Praxis beweist jedoch eindeutig in bezug auf Körperschallübertragungen, dass eine blosse Fundamentabtrennung absolut ungenügend und dass eine sorgfältig kombinierte Körperschallgedämpfte Aufstellung nicht nur qualitativ, sondern auch wirtschaftlich überlegen ist. Dies bestätigen erfahrene Bauingenieure und Industriearchitekten von Weltruf.

Ueberschätzt wird auch die Wirksamkeit, solche Fundamente auf festen, gewachsenen Boden oder gar auf Fels gründen zu können. Sowohl in der Schweiz als auch in Schweden wurde die Erfahrung gemacht, dass auch Fels in bezug auf Uebertragung von Körperschall wider Erwarten auffallend schlechte Dämpfungseigenschaften besitzt. Unterschätzt wird ferner die Möglichkeit, dass durch Veränderungen des Grundwasserspiegels wesentliche Leit- und Uebertragungsfaktoren sich verschärfen können, und zwar innerhalb verhältnismässig kurzer Zeitabschnitte durch Einflüsse, die sich in den allermeisten Fällen einer wirksamen Kontrolle entziehen. Auch deshalb mehren sich in Zweifelsfällen die Entscheidungen verantwortungsbewusster Geschäftsleiter für eine lärm- und schwingungsgedämpfte Aufstellung von Schwerstmaschinen, weil sie eine verhältnismässig unbedeutende Mehrauslage einem in seinen Auswirkungen kaum abschätzbaren Risiko vorziehen. In Holland wurde vor geraumer Zeit eine Rotationsdruckmaschine auf eine nichtisolierte Fundamentplatte aufgestellt, da der betreffende Statiker überzeugt war, dass in diesem Falle eine lärm- und schwingungsgedämpfte Isolierung unnötig sei. Er stellte die Maschine auf ein armiertes Betonfundament von 80 cm Stärke, das ringsum vom übrigen Gebäude vollständig abgetrennt war. Dieses Maschinenfundament ist zudem abgestützt auf 14 Fundamentpfählen von je etwa sieben Meter Tiefe. Kurz nach Inbetriebnahme der Maschine trafen von Nachbarn Reklamationen ein, die Lärmübertragung sei zu gross. Das führte zu einem gerichtlichen Prozess. Die Sache wurde untersucht und festgestellt, dass die reklamierte Lärmbelästigung unzumutbar sei, vor allem nachtsüber, und darum als zu hoch beanstandet. Der Gerichtsentcheid machte der Firma die Auflage, entweder für Abhilfe zu sorgen oder die Maschine müsste baupolizeilich stillgelegt werden. Diese Messungen wurden von einer technischen Hochschule vorgenommen, also einem neutralen Institut. Die Lösung dieses Lärm- und Schwingungsübertragungsproblems kostete die Firma das X-fache einer möglichen Air-Loc-isolierten Erstausrüstung.

In Bern bei der schweizerischen PTT waren im Jahre 1966 zwei neue Marken-Tiefdruckrotationsmaschinen mit Perforatoren aufzustellen. Diese Maschinen entwickelten bei einem statischen Gewicht von rund 40 Tonnen pro Maschine dynamische Unwuchten bis zu einigen Tonnen, je nach

Hubzahl bzw. Geschwindigkeit der bewegten Massen bzw. Perforatoren. Eine dritte ältere Maschine war umzustellen. Da es sich jedoch bei dieser um eine Reserve-Maschine handelt, die nur noch selten in Betrieb genommen wird, beschloss die technische Direktion, die alte Maschine am neuen Standort ohne Air-Loc-Nivellierschuhe direkt auf dem vom übrigen Gebäude vollständig abgetrennten Betonblock aufzustellen. Interessant sind hier folgende Massenverhältnisse: Einem statischen Betriebsgewicht von rund 40 Tonnen pro Maschine stehen hier je ein Fundamentblock von rund 400 Tonnen Masse gegenüber. Würden nun die Behauptungen einiger Statiker zutreffen, so wäre in bezug auf die dynamische Beanspruchung dieses hier vorliegenden Fundaments die Gewähr gegeben, dass die nichtisolierte alte Maschine, direkt auf dem Betonfundament aufgestellt, bezüglich Körperschallübertragung weder mess-, spür- noch hörbar wäre. Dem ist aber keineswegs so. Im Gegenteil, die im ganzen Gebäudeflügel übertragenen Körperschall-Schwingungen sind dermassen störend, dass man bedauert, nicht auch diese Maschine schwingungsisoliert aufgestellt zu haben. Zu vermerken ist noch, dass die alte Maschine im Maximum mit 72 Hüben pro Minute und die neuen Maschinen mit 120 Hüben pro Minute arbeiten.

Ein weiteres sehr interessantes praktisches Experiment wurde bei der Firma Orell-Füssli in Zürich durchgeführt. Dort wurden mit einer Koebau-Giori-Maschine Messversuche durchgeführt und mit Resultaten verglichen, die bei der Firma Koenig & Bauer in Würzburg an einer gleichen Maschine gemessen wurden. Maschine Nr. 1 stand bei Orell-Füssli direkt auf einer ausserordentlich stark armierten Betonplatte von 60 cm Dicke. Maschine Nr. 2 war auf Air-Loc-Isolierschuhen montiert und stand im Werk von Koenig & Bauer auf einem üblichen Werkstattboden in der Stärke von höchstens 30 cm. Beide Maschinen wurden selbstverständlich mit denselben Betriebsgegebenheiten getestet. Es wurde die Schwingungsamplitude am Maschinenfuss gemessen und festgestellt, dass die nichtisolierte Maschine auf dem steiferen und schwereren Fundament die doppelte Amplitude machte gegenüber der Air-Loc-isolierten Maschine auf der leichteren Fundamentplatte im Werk bei Koenig & Bauer in Würzburg. Diese Erfahrung wurde durch zwei ähnliche Maschinen von Koebau-Giori, die in Washington im 3. Stockwerk isoliert aufgestellt wurden, bestätigt. Drei Fragen sind es, die die Verantwortli-

chen für Schwerstmaschinen beschäftigen, nämlich erstens: Was passiert, wenn sich das Basisfundament einer bestimmten Schwerstmaschine absenken sollte? Zweitens: Wie kann die Schwerstmaschine selbst ins geforderte Präzisionsniveau zurückversetzt werden, falls ein solches Absinken eintritt? Drittens: Wieviel Prozent Zuschlag muss der Statiker für die dynamische Beanspruchung einschliessen, wenn er Fundamente für solche Schwerstmaschinen auszulegen hat?

Zu Frage 1: Baufachleute bestätigen, dass frisch hergestellte Betonmassen arbeiten bzw. kriechen, wie eingangs erwähnt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass das Kriechen bei den für Schwerstmaschinen in Betracht kommenden Abmessungen erheblich ist und die gleichbleibende Führungsgenauigkeit für solche Grossmaschinen in Frage stellt. Das bedeutet aber, dass, wenn nun eine Maschine auf ein frisch erstelltes Betonfundament abgestellt, ausgerichtet und vergossen wurde, nach geraumer Zeit die Niveauhaltung der Maschine nicht mehr gewährleistet sein kann. In solchen Fällen bedeutet Nachnivellieren aber Abreissen des Betonuntergusses, Nachschlagen der Keile unter Last und Neueingossen des Maschinenrahmens. Es muss klar zum Ausdruck kommen, was hier Last bedeutet: das heisst nämlich, dass wir es hier mit Gewichten von 10 bis 60 Tonnen pro Druckwerk zu tun haben. Solche Lasten aber durch Nachschlagen von Stahlkeilen zu nivellieren, ist eine glatte Unmöglichkeit. Was jedoch in ungezählten Fällen bei der Kontrolle der Niveauhaltigkeit von Maschinen festgestellt wurde, ist, dass von den ausgemessenen Maschinen keine nach ein- bis mehrjährigem Betrieb innerhalb der Schlesinger-Toleranzen gestanden ist und dass alle ausgemessenen Maschinen Senkungen und Verwindungen bis zu 10 Millimeter aufgewiesen haben.

Zu Frage 2: Wie kann jede Schwerstmaschine selbst ins geforderte Präzisionsniveau zurückversetzt werden, falls eine Niveauperänderung des Fundaments im Verlaufe der Zeit festgestellt werden muss? Im Jahre 1963 wurde die erste Koenig-&Bauer-Rotationsdruckmaschine bei der Firma Offset- und Buchdruck AG in Zürich mit patentierten Air-Loc-bestückten Nivellierschuhen für Schwerstmaschinen ausgerüstet. Die Maschine wurde sorgfältig überwacht und immer wieder kontrolliert. Ausser der verlangten Körperschalldämpfung wurde mit dem Nivellierschuhsystem eine spürbare Verkürzung der Montagezeit erreicht. Seither wurden in Europa über 60 weitere Zeitungsrotationsdruckmaschinen ausgerüstet, weil das nachrichtbare Nivelliersystem zweckmässiger, funktionell besser und vor allem auch genauer als das althergebrachte Untergiessen mit Beton ist. Die Frage, die von Skeptikern gestellt wurde: «Kann man die Isolation von Schwerstmaschinen und die Aufstellung und Nivellierung zusammengefasst betrachten?», wird heute von den Anwendern mit einem überzeugten «Ja» beantwortet. Zur Frage 3: Wieviel Prozent Zuschlag muss der Statiker für die dynamische Beanspruchung zum statischen Maschinen-gewicht einrechnen, wenn er Fundamente für

solche Schwerstmaschinen auszulegen hat? Auf Grund der spezifischen Erfahrungen in bezug auf schwingungsisolierte Fundierung können die bisher üblichen 50 % für dynamische Beanspruchung, die fast durchweg und von allen bedeutenden Herstellern von Schwerstmaschinen zu berücksichtigen empfohlen werden, durch Air-Loc reduziert werden. Das kann unter Umständen für den Bauingenieur und Architekten eine entscheidende Erleichterung sein. Es kann sogar bedeuten, dass in bezug auf die Gebäudestatik erhebliche Einsparungen möglich sind.

Das sind die wesentlichen Gründe, warum man heute in der Praxis der Schwerstmaschinen-Gründungen mehr und mehr dazu übergeht, mechanisch verstellbare Air-Loc-bestückte Nivellierschuhe zu verwenden, die unabhängig von Ersatzlast oder Basisfundament jederzeit die garantierte Niveauhaltung der Maschinen gewährleisten, da das Nachrichten unter Last ohne Demontage und ohne Betriebsausfall bewerkstelligt werden kann.

Die Praxis zeigt, dass eine Erschütterungsisolierung mit Air-Loc unterhalb der Resonanzfrequenz vor allem die höheren Frequenzen der Erregeramplitude beschneidet. Da die meisten Maschinenschwingungen keine rein harmonischen Schwingungen sind, sondern eine Vielzahl von Oberschwingungen enthalten, ergibt sich, dass bei unterkritischer Lagerung vor allem die akustisch störenden hochfrequenten Oberschwingungen isoliert werden können. So ist die Isolierung einer unterkritischen, relativ steifen Lagerung in den meisten Fällen einer überkritischen weichen Lagerung vorzuziehen. Man darf behaupten, dass in den meisten Fällen eine unmittelbar direkt unter der Maschine eingebaute überkritische weiche Lagerung nicht zulässig ist, da erstens Genauigkeitsanforderungen, zweitens Funktionstüchtigkeit und drittens die mangelnde Eigensteifigkeit von Schwerstmaschinen berücksichtigt werden müssen.

Ferner wurde wiederholt festgestellt, dass, wenn bei den verhältnismässig hohen Belastungen der Maschinenfuss direkt auf Beton aufgebaut wird, durch die direkten Körperschall-Schwingungsübertragungen die Betonkornspitzen erfahrungsgemäss immer mehr abgebaut werden, auf denen praktisch nach dem Austrocknen des Betons der Maschinenfuss steht. Das hat in extremen Fällen zum Losewerden von Maschinenbetten geführt! Bei Verwendung der Air-Loc-Schuhe betten sich dagegen die Sandkörner mit Air-Loc ein und schaffen damit erst kompakte Trag- und Kontaktflächen.

Zusammengefasst darf gesagt werden, dass die bisherigen Erfahrungen eindeutig beweisen, dass nachrichtbare Air-Loc-Fundierungen von wesentlichem Vorteil gegenüber dem Untergiessen sind. Es ist nachweisbar, dass das Untergiessen von Maschinen in den meisten Fällen nicht billiger kommt als die zweckmässiger funktionell bessere, nachrichtbare Maschinenunterlage.

Rudolf Schrepfer, Abt. Air-Loc, Künnacht-Zürich