Erschütterungen infolge Bau, Industrie und Verkehr

Autor(en): **Studer, Jost A. / Süsstrunk, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-76518

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gesamtinvestition	1 200 000 US$
Annuitätsfaktor (30 Jahre, 9%)	9734%/a
Kapitalkosten (1 200 000 × 0,09734)	117 000 US$/a
Landpacht (1700 ha à 60 US$/ha)	102 000 US$/a
Düngemittel und Herbizide	150 000 US$/a
Wartung, Reparaturen und Kraftstoff:	240 000 US$/a
Personal	131 000 US$/a
Energiefarm-Gesamtkosten pro Jahr	740 000 US$/a
Holzproduktion (bei 50% Holzfeuchte)	50 000 t/a
Holzkosten $\left(\frac{740\,000\ \text{US\$/a}}{50\,000\ \text{t/a}}\right)$	14,8 US$/t Holz

Tabelle 3. Zusammenstellung der Energiefarmkosten

Tabelle 4. Zusammenstellung der Kraftwerkkosten

Gesamtinvestition (einschliesslich Holzverarbeitung)	7 000 000 US$
Annuitätsfaktor (25 a/9%)	10,18%/a
Kapitalkosten (7 000 000 × 0,1018)	712 600 US$/a
Personalkosten	107 400 US$/a
Verschleiss	210 000 US$/a
Gesamtkraftwerkkosten	1 030 000 US$/a
Vollast-Betriebsstunden	5000 h/a
Jahresleistung (5000 h × 5000 kW)	25×10^6 kWh/a

Erforderliche Arbeitskräfte

Zum Betreiben der Energiefarm braucht es 34 Personen, für das Kraftwerk 30 Personen (5 Schichten).

Zusammenfassung

Bei Stromerzeugungsanlagen mit direkter Holzverbrennung können spezielle Farmen das benötigte Brennholz produzieren. Es wurden die Möglichkeiten der Stromerzeugung mit Holzfeuerung erläutert, ohne dabei der vorgestellten Lösung den Realisierungsvorzug zu geben. Diese Frage lässt sich nur nach Untersuchung der jeweiligen örtlichen Bedingungen beantworten.

Wir nehmen an, dass sich die Stromerzeugung mit Hilfe einer Energiefarm für Gebiete eignet, in denen folgende Bedingungen zutreffen:

- schon vorhandene Stromversorgung bei zu hohen Stromkosten
- hohe Öl- und Kohlepreise aufgrund der Abgelegenheit des Gebietes oder Einschränkung der Stromerzeugung durch schlechte Zugänglichkeit
- Fehlen von Flüssen, die sich für die Errichtung von Wasserkraftwerken eignen
- grosse verfügbare Landflächen, die sich zwar für eine Bewaldung, jedoch nicht ausgesprochen für den Nahrungsanbau oder die Viehzucht eignen
- Arbeitslosigkeit in einem Gebiet und Bedarf an Projekten, die eine grosse Anzahl von Arbeitskräften erfordern.

Der beschriebene Kraftwerktyp ist besonders interessant für Länder mit grossen Waldgebieten und einem niedrigen Stromversorgungsniveau. Unser Anliegen ist, regenerative Energiequellen, wie z. B. Holz, als Alternativenergie zur wirtschaftlichen Stromerzeugung nutzbar zu machen. In diesem Zusammenhang werden wir die für die Stromversorgung verantwortlichen Behörden, insbesondere in den Entwicklungsländern, in ihren Bemühungen unterstützen, die Stromversorgungsprogramme voranzutreiben.

Adresse des Autors: Dipl.-Ing. *W. Schemenau*, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Mannheim BRD.

Erschütterungen infolge Bau, Industrie und Verkehr

Von Jost A. Studer, Zürich, und A. Süsstrunk, Baden

Anhand von Beispielen wird ein Überblick über die Eigenschaften technischer Schwingungen unter dem Gesichtspunkt des Erschütterungsschutzes vermittelt. Dabei geht es um diejenigen Erschütterungen, wie sie z.B. am Maschinenfundament selbst oder in einiger Entfernung davon auftreten und nicht um die Schwingungen einzelner Maschinenteile wie Wellen, Schaufeln usw. Es werden die interessierenden Amplituden- und Frequenzbereiche diskutiert. Es wird festgestellt, dass die Eigenschaften der Erschütterungen an einem Empfänger nicht allein aufgrund der Charakteristiken der Erschütterungsquelle vorausgesagt werden können. Die Erschütterung beim Empfänger hängt in den meisten Fällen auch vom Übertragungsmedium und den Schwingungseigenschaften des Empfängers selbst ab. Die Einflüsse von Baukonstruktion und Baugrund lassen sich in der Regel ohne eingehende Untersuchung nicht erfassen.

Einleitung

Erschütterungen gehören leider zum Alltagsbild einer städtischen Umgebung. Mit der zunehmenden Überbauung in städtischen Agglomerationen der Industriestaaten gewinnen deshalb Probleme des Immissionsschutzes immer grössere Bedeutung. Die *Vorhersage* von Erschütterungsintensitäten infolge Bautätigkeit, Industrieproduktion oder Verkehr, die *Beurteilung der Auswirkungen* der Erschütterungen und die Ausarbeitung allfälliger *Gegenmassnahmen* sind heute bei vielen Bauprojekten Bestandteil der Aufgabenstellung.

Erschütterungen breiten sich im Boden in Form von Wellen aus. Diese werden an geologischen Schichtgrenzen, am Grundwasserspiegel reflektiert und refraktiert. Die genaue Voraussage einer Erschütterungsausbreitung ist deshalb sehr komplex, und es ist dazu die Ermittlung einer Vielzahl geometrischer Bedingungen und Materialkennziffern notwendig. Zur Beurteilung oder zur Erfassung von Erschütterungsproblemen hat sich die folgende grundsätzliche phänomenologische Modellvorstellung bewährt (Bild 1).

Erschütterungen können Bewohner belästigen, Geräte am einwandfreien Funktionieren hindern oder Bauwerke

beschädigen. Deshalb sind bei der Beurteilung von Erschütterungen sehr unterschiedliche Kriterien notwendig, je nachdem, ob es sich um Schutz des Menschen, Schutz von Geräten oder Schutz von Bauwerken handelt. Bei der Beurteilung der Belästigung des Menschen spielen nicht nur spürbare Erschütterungen eine Rolle, sondern auch der durch die schwingenden Wände und Decken abgestrahlte sekundäre Luftschall. Aus diesem Grunde interessieren uns in diesem Fall breite Intensitäts- und Frequenzbereiche.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Komplexität der Aufgabe, bei bekannter Quellencharakteristik die Eigenschaften der bei einem Empfänger zu erwartenden Erschütterungen vorauszusagen.

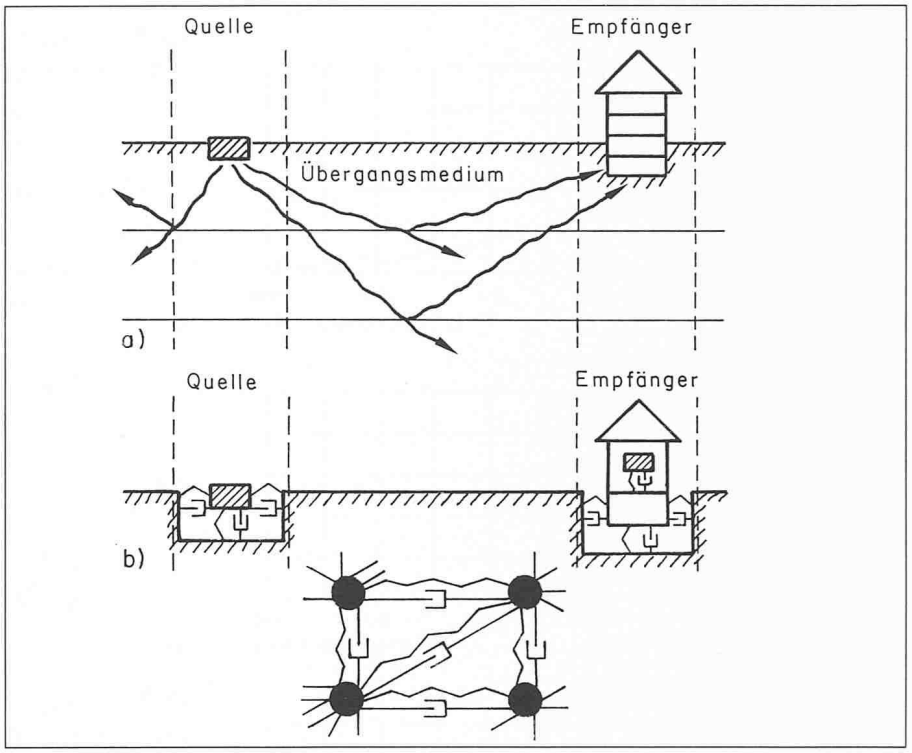


Bild 1. Modellvorstellung zur Untersuchung von Erschütterungen: a) Bereiche, b) Darstellung als schwingfähige Elemente

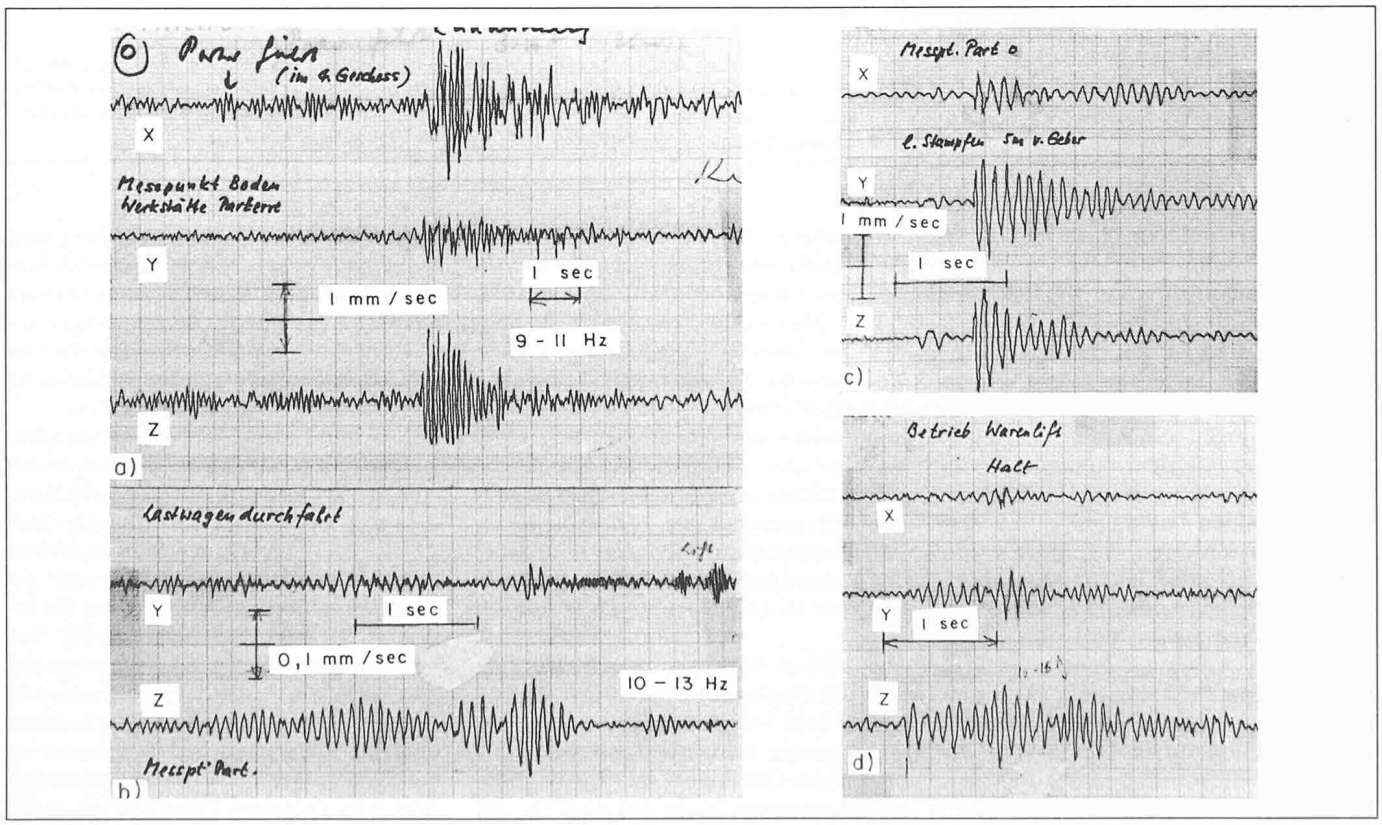
Charakteristik technischer Erschütterungen

Generelle Aspekte

Basierend auf den drei in Bild 1 dargestellten Bereichen, *Quelle/Übertragungsmedium/Empfänger,* soll die Problematik der Charakterisierung und Ausbreitung von technischen Erschütterungen diskutiert werden.

Jeder dieser Bereiche beeinflusst das Erschütterungsbild, denn in jedem Bereich sind gemäss Bild 1 schwingfähige Elemente vorhanden. Das heisst, dass in allen drei Bereichen Resonanzeffekte die Verteilung der Schwingungsamplituden auf die Schwingungsfrequenzen beeinflussen. Das Übertragungsmedium wirkt zudem frequenzabhängig dämpfend und zerstreuend; mit der Entfernung von der Quelle werden die elastischen Wellen mit höheren Frequenzen in der Regel stärker gedämpft und zerstreut als niederfrequentere. Die übertragene Energie verteilt sich auf verschiedenartige Typen elastischer Wellen. Obwohl uns hier im besonderen die Erschütterungen beim Empfänger interessieren, ist es unumgänglich, den Einfluss aller drei Bereiche auf Amplitude und Frequenzinhalt von Erschütterungen zu diskutieren.

Bild 2. Schwingungen eines Lagerhausbodens, durch verschiedenartige Erschütterungsquellen verursacht: a) automatischer Transporter («Roboter»), b) Lastwagen, c) Stampfen auf Decke, d) Warenlift



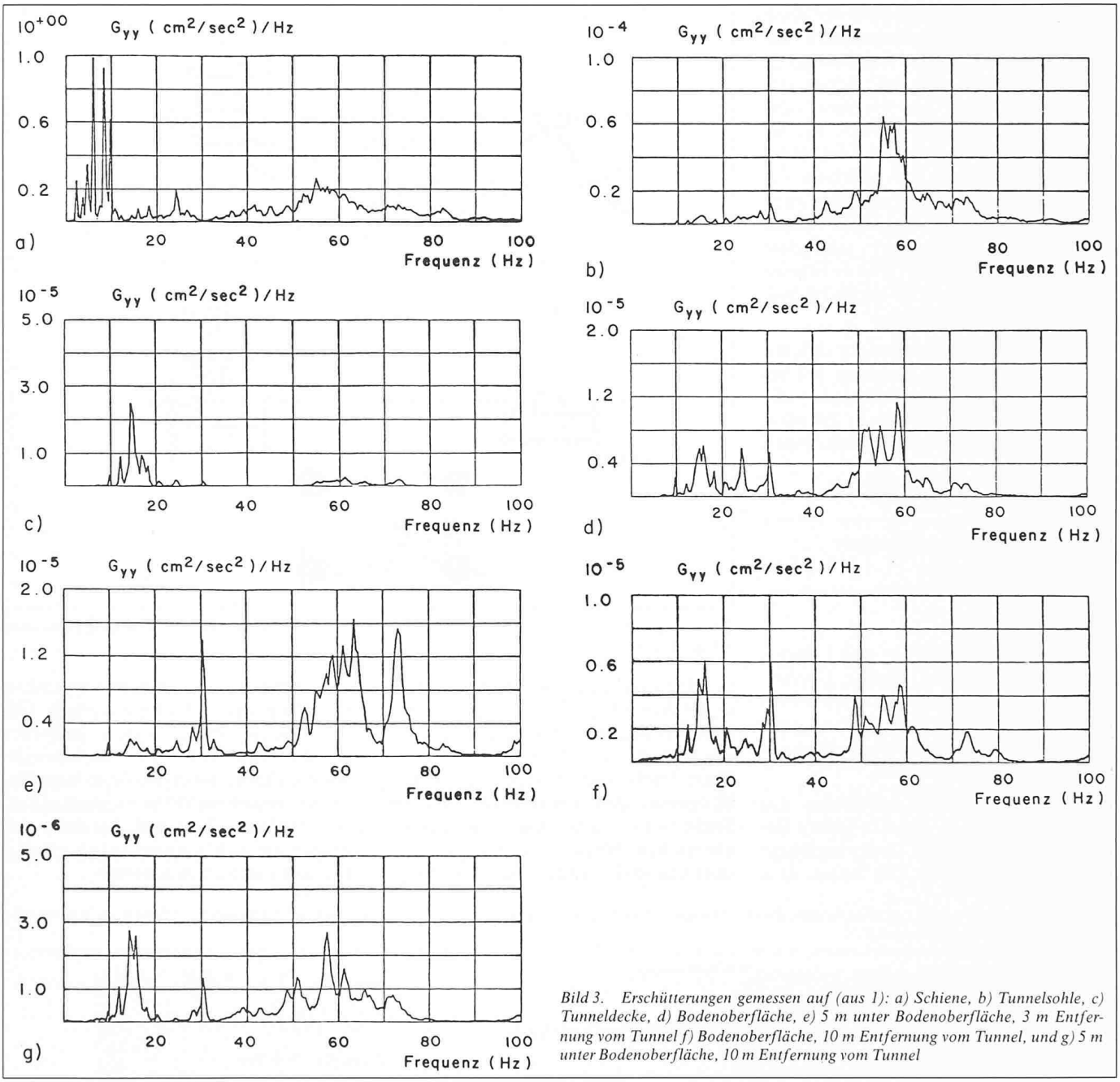


Bild 3. Erschütterungen gemessen auf (aus 1): a) Schiene, b) Tunnelsohle, c) Tunneldecke, d) Bodenoberfläche, e) 5 m unter Bodenoberfläche, 3 m Entfernung vom Tunnel f) Bodenoberfläche, 10 m Entfernung vom Tunnel, und g) 5 m unter Bodenoberfläche, 10 m Entfernung vom Tunnel

Dass zur Beurteilung eines Erschütterungsbildes beim Empfänger nicht nur auf die Erschütterungsquelle abgestellt werden darf, zeigt Bild 2 sehr deutlich. Dargestellt sind auf der Betondecke im Parterre eines Lagerhauses gemessene Schwingungen. Sie sind angeregt durch die Bewegungen eines automatischen Transporters in einem höherem Stockwerk, durch einen an die Liftrampe heranfahrenden Lastwagen, durch den Betrieb des schweren Warenliftes und durch Gehen oder leichtes Stampfen auf der Bodenplatte. Die stärkeren Schwingungen weisen dabei unabhängig von der Anregung durchwegs Frequenzen von 8-15 Hz auf, was den Eigenschwingfrequenzen der Betondekke entsprechen dürfte. Die Eigenschaften der Quelle werden also durch den Empfänger weitgehend verwischt.

Ein weiteres Beispiel zeigt Bild 3 a-g. Dargestellt sind Frequenzspektren von Bahnerschütterungen, die an verschiedenen Messstellen in einem Tunnel und der näheren Umgebung gemessen worden sind. Sie unterscheiden sich – obwohl überall die gleiche Quelle vorhanden ist – signifikant. Deutlich ist erkennbar, dass sich jeder Messpunkt die seinem Schwingvermögen entsprechenden Frequenzanteile «herauspickt». Bei Messpunkten im Boden tritt dabei ein wesentlich breiteres Frequenzspektrum auf als an der Tunnelkonstruktion selbst.

Die beiden Beispiele zeigen deutlich, dass die Festlegung eindeutiger Amplituden- und Frequenzbereiche zur Auslegung einer Schwingungsisolation auf Grund der Quellencharakteristik allein im allgemeinen nicht möglich ist. Im folgenden soll der zur Auslegung von Schwingungsisolationen interessierende Amplituden- und Frequenzbereich auf Grund genereller Überlegungen sowie mit Hilfe von Grenzwerten für Gebäudeschäden und starker Belästigung des Menschen abgegrenzt werden:

Die Amplituden der Schwingungen, welche hier vor allem interessieren, sind in der Regel dadurch beschränkt, dass die Erschütterungen entweder keine Schäden an Bauwerken bewirken oder für Personen nicht lästig oder gesundheitsgefährdend sein sollen. Im ersten Fall liegt die Begrenzung der Schwinggeschwindigkeit nach oben bei 20–100 mm/s, im zweiten Fall unter 10 mm/s. Der zum Schutz von Bauwerken und der Belästigung des Menschen zu berücksichtigende Frequenzbereich liegt etwa zwischen 1 und 250 Hz. Beim

Schutz von Maschinen und Geräten sind im allgemeinen nur Erschütterungen unter etwa 100 Hz von Interesse.

Für Massnahmen gegen die Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen erhalten Vibrationen mit Frequenzen oberhalb ca. 50 Hz in vielen Fällen mehr Gewicht als tieferfrequentere spürbare Schwingungen von Zimmerwänden, Böden und Decken, da erstere als hörbarer Körperschall abgestrahlt werden und wesentlich störender sein können als die spürbaren Erschütterungen.

Technische Erschütterungsquellen

Als Erschütterungsquelle kommen fast alle technischen Vorgänge in Frage, bei welchen Reaktionskräfte aus kurzzeitigen Massenverschiebungen oder elastischen Deformationen auftreten. Tabelle 1 gibt einen Überblick. Die Quellen sind nach Bautätigkeit, Industrieproduktion und Verkehr gruppiert. Ein wesentliches Merkmal ist, ob an der Quelle unregelmässig stossweise oder periodische Erschütterungen erzeugt werden. Periodische Anregungen können zu Resonanzanfachungen führen.

Einfluss des Übertragungsmediums

Der Boden - das Übertragungsmedium - überträgt die Erschütterungen in Form von Wellen. Dabei treten verschiedene Wellentypen auf: Raumwellen (P- und S-Wellen) und Oberflächenwellen (Rayleigh- und Love-Wellen). Die Frequenzen der Rayleighwellen sind u.a. abhängig von den Mächtigkeiten der Bodenschichten.

Je nach Lage und Art der Quelle werden unterschiedliche Wellentypen angeregt - bei tief unter der Oberfläche liegenden Quellen vorwiegend Raumwellen, bei oberflächlichen Quellen vorwiegend Oberflächenwellen.

Im Übertragungsmedium selbst nimmt die Amplitude mit der Distanz von der Quelle (geometrische Dämpfung) und infolge der Materialdämpfung ab. Tabelle 2 zeigt deutlich den verschiedenen Einfluss der geometrischen Dämpfung auf die Amplitude der verschiedenen Wellentypen (theoretische Lösung für elastischen Halbraum). Die Rayleigh-Welle hat die geringste geometrische Dämpfung, d.h. dass in grösserer Entfernung von der Quelle meistens die Rayleigh-Wellen für das Erschütterungsbild beim Empfänger massgebend sind. Dies gilt sowohl für Erdbeben wie auch für die hier behandelten Erschütterungen. Bild 4 zeigt diesen Effekt am Beispiel einer Ramm-Erschütterung sehr deutlich.

Bei Verkehrserschütterungen und schlagartigen Anregungen (z.B. Stanzen, Pressen usw.) sind dieselben Mechanismen wirksam. Bei harmonischer Anregung (rotierende Maschinen usw.) hingegen treten praktisch ausschliesslich erzwungene Transversal- und Oberflächenschwingungen auf, häufig mit scheinbaren Resonanzeffekten, wenn eine Anregungsfrequenz nahe bei der Frequenz einer Rayleigh-Welle liegt.

An geologischen Schichtgrenzen und am Grundwasserspiegel werden die

Gruppe	*Tätigkeit*	*Merkmal*	*üblicher Frequenzbereich beim Empfänger*
Bau	Sprengen	s	bb
	Rammen	s evtl. p	sb
	Vibrieren	p	sb
	Verdichten	p/u	sb
	Ausheben/Brechen	u	sb
Maschinen	Stanzen	s	bb
	Pressen		
	Bohren/Fräsen	p	sb
	Hammerwerk	s+p	bb
	Sägewerk	p	sb
Verkehr	Pneu	u	bb
	Schienen	u bis p	bb

Tabelle 1. Eigenschaften von Erschütterungsquellen

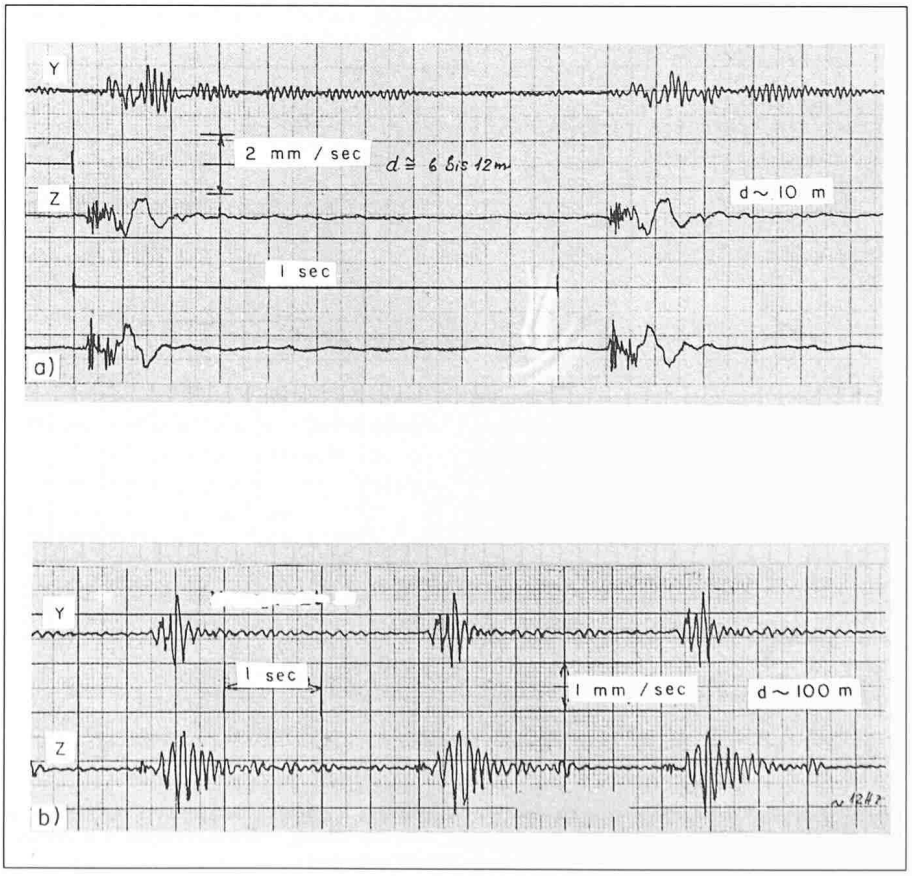
Legende:
s: stossartig *sb: schmalbandig*
p: periodisch/harmonisch *bb: breitbandig*
u: unperiodisch/nicht harmonisch

Tabelle 2. Geometrische Dämpfung im elastischen Halbraum (theoretische Lösung!)

Quellentyp / *Wellentyp*	*Punktquelle*	*Linienquelle (l > r)*
Raum-Wellen in Tiefe	r^{-1}	$r^{-½}$
Raum-Wellen an Oberflächen	r^{-2}	r^{-1}
R-Wellen	$r^{-½}$	r^{0}

r: Entfernung von der Quelle

Bild 4. Durch Schlagramme ausgelöste Wellentypen (verschiedene Zeit und Amplitudenmassstäbe!): a) Distanz rund 10 m, P-, S-, R-Wellen unterscheidbar, b) Distanz rund 100 m, P-Welle abgeschwächt, S- und R-Wellen dominieren



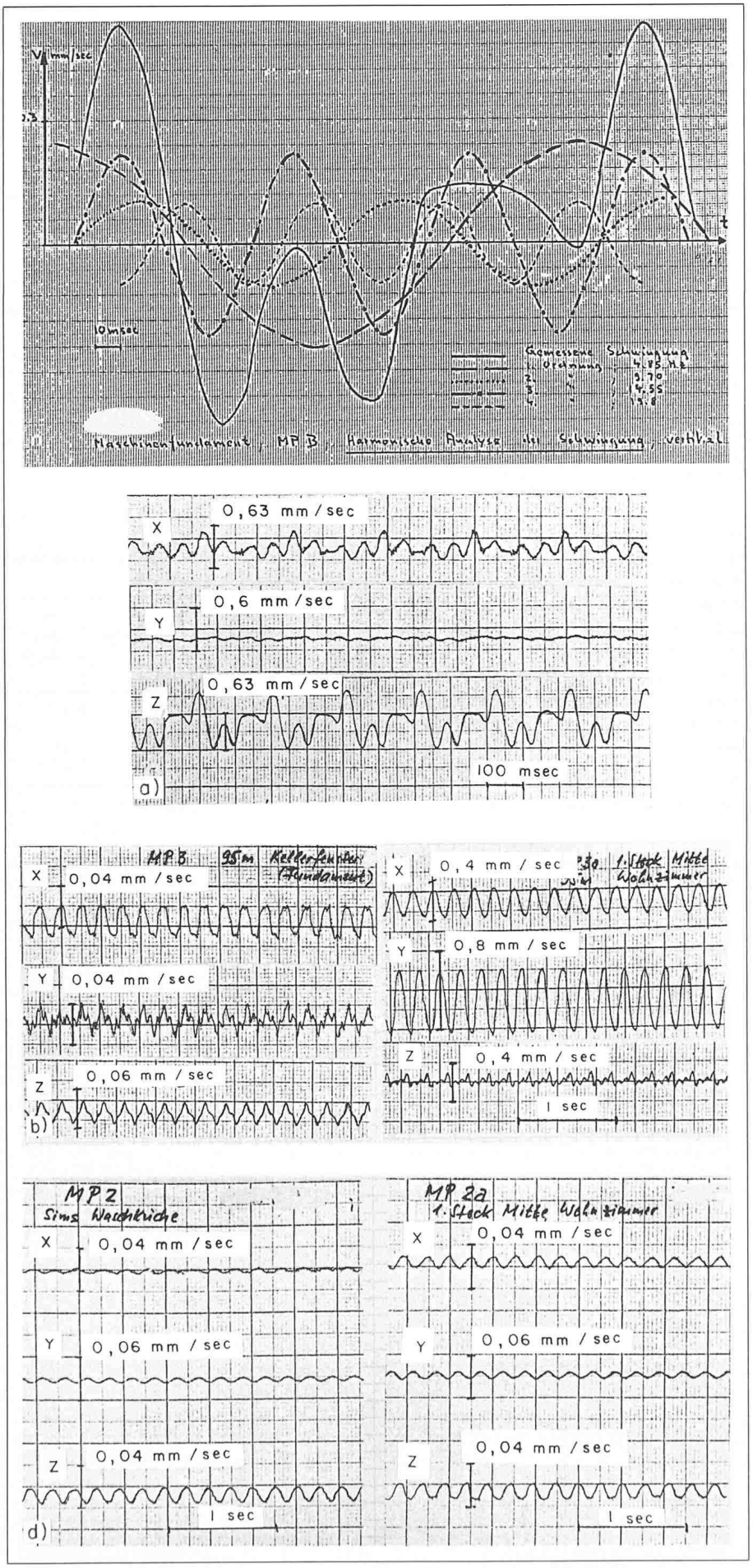


Bild 5. Erschütterungen infolge einer Gattersäge: a) Zeitverlauf und harmonische Analyse am Fundamentblock der Gattersäge, b) Erschütterungen in Wohnhaus, 95 m Entfernung, c) Erschütterungen in Wohnhaus, 150 m Entfernung, d) Erschütterungen in Wohnhaus, 260 m Entfernung

Wellen reflektiert und refraktiert. Dies führt zu einem recht komplexen Wellenbild beim Empfänger. In speziellen geologischen Verhältnissen kann es vorkommen, dass infolge gut leitender Schichten in bestimmten Distanzen die Erschütterungen stärker sind als näher bei der Quelle. In der Regel nehmen aber die Erschütterungen mit der Entfernung von der Quelle ab.

Der Einfluss des Baugrundes kann wie folgt zusammengefasst werden.

- *Felsgestein:* Die Verformungen, d.h. die Erschütterungsamplituden sind der hohen Werte der elastischen Konstanten wegen relativ gering. Die Materialdämpfung von (wenig tonhaltigem und kompaktem) Felsgestein ist eher niedrig, wirksam ist praktisch nur die geometrische Dämpfung. Deshalb werden auch die Longitudinalwellen mit höheren Frequenzen (Hörbereich!) u.U. noch relativ weit übertragen.
- *Lockergestein:* Rasche Dämpfung der hohen Frequenzen bzw. der P-Wellen infolge hoher Materialdämpfung. Vorherrschen der S- und R-Wellen und der vertikalen Komponenten; S- und R-Wellen um 10 bis 30 Hz treten oft als längerdauernde Wellenzüge auf und können Bauelemente mit entsprechenden Eigenschwingungsfrequenzen zu Resonanzschwingungen anregen.

Einfluss des Empfängers auf das Erschütterungsbild

Dass der Empfänger das Erschütterungsbild stark beeinflussen kann, zeigt deutlich Bild 2. Die Verschiedenheit der Quellencharakteristiken verschwindet hier praktisch vollständig. Dies tritt vor allem bei stark schwingfähigen Elementen wie z.B. weitgespannten Decken auf.

Beispiele

Anhand von Zeitverläufen und Frequenzgängen sollen im folgenden einzelne typische Erschütterungsbilder dargestellt werden.

Periodische (harmonische) Anregung

Solche Anregungen treten z.B. bei rotierenden Maschinen mit Unwuchten auf (Kompressoren, Pumpen, Gattersägen, Zentrifugen, Steinbrecher, Vibrationswalzen, Vibrationsrammen, Glokkenschwingungen usw.).

In der Regel sind Grundfrequenz und dritte Harmonische vorherrschend. Die niedrigste Vibrationsfrequenz ist durch die Antriebsdrehzahl der Maschine be-

stimmt. Infolge der üblichen Oberflächennähe der Quelle treten praktisch nur S- und R-Wellen auf.

Als typisches Beispiel sind die Erschütterungen beim Betrieb einer Gattersäge dargestellt. Bild 5a zeigt Erschütterungen (Geschwindigkeitswerte) direkt an der Quelle, während die Erschütterungen in verschieden entfernten Bauwerken in Bild 5b dargestellt sind. Es ist deutlich erkennbar, dass die Amplituden im Baugrund einigermassen gesetzmässig mit der Distanz zur Quelle abnehmen (ungefähr 1/r), dass sich dagegen die Messpunkte in den oberen Stockwerken davon unregelmässig abweichend verhalten.

Das heisst, dass die lokalen Eigenschaften des Empfängers die Amplitude der lokalen Erschütterung stark mitbestimmen.

Die Bauwerke in 105 m und 250 m Distanz zeigen eine auf dem entsprechenden Messpunkt im Keller nicht auffällige starke Horizontalschwingung (y, quer zum Dachfirst). Dies deutet darauf hin, dass die horizontale Grundeigenschwingungsfrequenz dieser Häuser in dieser Schwingungsrichtung nahe bei 5 Hz liegt.

Unperiodische Anregung

Solche Erschütterungsgemische werden verursacht durch verschiedenartige kurzzeitige Massenbewegungen der Quelle. Typische Beispiele sind Erschütterungen, welche durch den Betrieb von Textilmaschinengruppen, durch Verkehr, Baggern, Rippern usw. verursacht werden.

Kritisch ist, dass hier unter Umständen Vibrationen in einem weiten Frequenzbereich angeregt werden können, mit möglicher Anregung von Resonanzeffekten an Bau- und Maschinenteilen. Es werden auch hier vorwiegend S- und R-Wellen erzeugt. Die untere Grenzfrequenz ist meistens durch die R-Wellen (bzw. den Baugrundaufbau) bestimmt.

Ein typisches Beispiel einer Verkehrserschütterung zeigt Bild 6. Dargestellt sind ein Zeitverlauf und eine Frequenzanalyse.

Schlagartige Anregungen

Bei plötzlicher Krafteinwirkung auf Fundation bzw. Baugrund werden alle drei Wellentypen in einem relativ breiten Frequenzspektrum angeregt. Welche der Wellentypen massgebend für die Erschütterung beim Empfänger ist, hängt wiederum von der Quelle selbst, deren Lage bezüglich der Oberfläche und deren Distanz vom Empfänger ab. Wegen der kurzen Einwirkdauer bzw. der kurzen Wellenzüge sind Resonanzen weniger wahrscheinlich. Für grös-

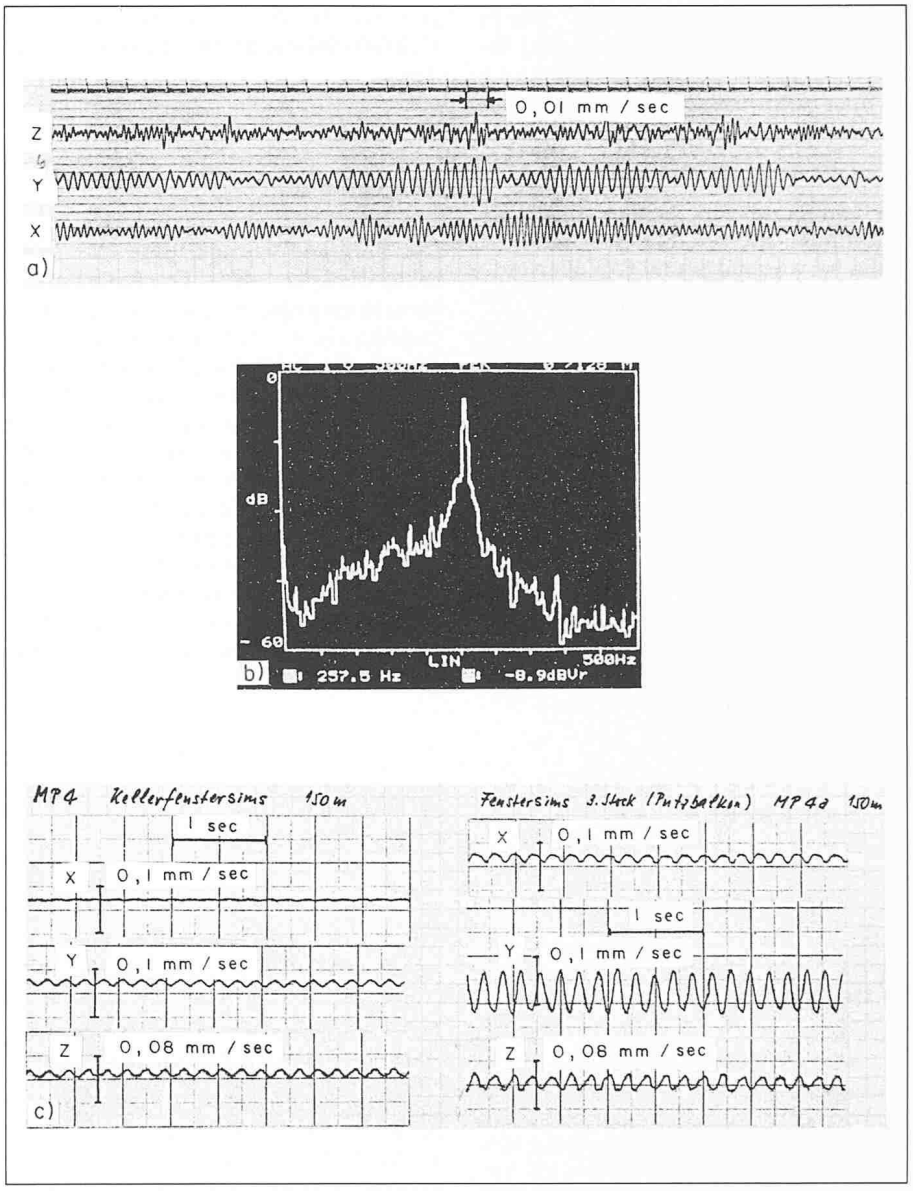
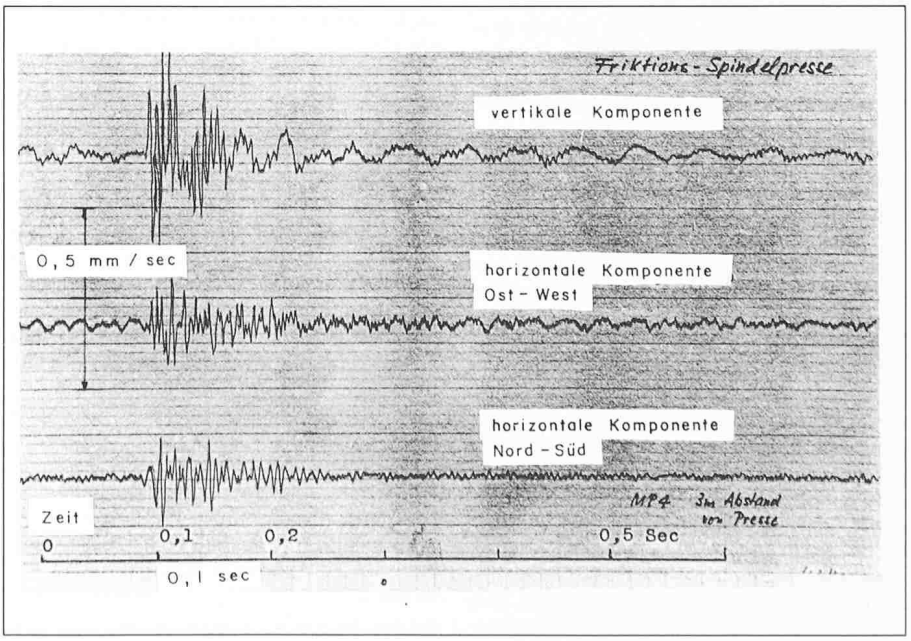


Bild 6. Erschütterungen bei der Durchfahrt einer Lokomotive Ae 6/6 bei einer Geschwindigkeit von 60 km/Stunde, Messpunkt an Tunnelwand: a) Zeitverläufe, b) Frequenzinhalt

Bild 7. Erschütterungen beim Betrieb einer Friktions-Spindelpresse (3 m Abstand von Presse auf Fussboden)



sere Entfernungen zwischen Quelle und Empfänger gilt u.U. auch hier die Feststellung am Schluss des Abschnittes über «Einfluss des Übertragungsmediums» (oben).

Typische Beispiele sind:

- Hammeranlagen, Schlag- und Fallrammen, Pressen, Stanzen. Hier treten vorwiegend S- und R-Wellen auf.
- Sprengungen. In der Nähe der Sprengstelle dominieren P- und S-Wellen, in grösserer Entfernung wiederum R-Wellen.

Die bei Sprengungen entstehenden Luftdruckwellen können u.U. auch in grösseren Entfernungen Gebäudeerschütterungen bewirken, welche den Betrieb empfindlicher Geräte stören und für den Menschen lästig sein können.

Als Illustration einer solchen Anregung dient Bild 7. Sie zeigt die Erschütterungen, welche durch die Schläge einer Friktion-Spindelpresse ausgelöst werden.

Folgerungen

Die Beispiele belegen, dass eine Charakterisierung der Erschütterungen beim Empfänger aufgrund der Quellencharakteristik allein nicht möglich ist, da das Erschütterungsbild auch vom Übertragungsmedium und den Bedingungen beim Empfänger massgebend beeinflusst ist. Aus diesem Grunde können in einem konkreten Fall Amplituden und Frequenzgehalt von Gebäude zu Gebäude, ja selbst innerhalb eines Gebäudes stark varieren. Der Einfluss von Baukonstruktion und Baugrund lässt sich ohne eingehende Untersuchung nicht erfassen oder vorhersagen. Infolge der Komplexität der Verhältnisse sind dazu rein analytische Verfahren nicht ausreichend, sie müssen in der Regel mit Messungen kombiniert werden.

Die Beispiele stammen aus der Beratungspraxis der beiden Verfasser und der Firma Geotest AG, Zollikofen und Oetwil a.L. Letzerer sind wir für die Überlassung einzelner Registrierbeispiele und Auswertungen zu Dank verpflichtet.

Adressen der Verfasser: Dr. sc.techn. *J. Studer*, GSS Glauser Studer Stüssi, Ingenieure SIA/ASIC AG, Witikonerstr. 15, 8032 Zürich, und Prof. *A. Süsstrunk*, Rütistr. 13, 5400 Baden.

Überarbeitete Fassung eines Referats anlässlich der SIA-Arbeitstagung «Isolation von Vibrationen» vom 12./13. Sept. 1985

Neue Bücher

Fritz Zwicky

Leben und Werk des grossen Schweizer Astrophysikers, Raketenforschers und Morphologen. Von Dr. *Roland Müller*, mit Vorwort von *Bruno Stanek*. Verlag Baeschlin, Glarus 1986, ISBN 3-85546-024-8, 701 Seiten. Preis geb. Fr. 85.– (Subskriptionspreis bis 31. März: Fr. 68.–).

Wer sich heutzutage mit Kreativität, Ideenfindung, Innovation usw. zu beschäftigen hat, wird immer auf den Namen Zwicky stossen und auf die mit ihm verbundene, von ihm erfundene Morphologie, besser noch bezeichnet als morphologisches Denken, oder als Erfinden mit morphologischen Verfahren.

Fritz Zwicky, Sohn eines Glarners, geboren in Varna (Bulgarien), besuchte die Schulen in der Schweiz, diplomierte und doktorierte an der ETH Zürich und war später in den USA Professor am Caltech und Astronom in Pasadena. Zwicky hat ein äusserst bewegtes Leben geführt, ist sehr viel gereist, hat überall Vorträge gehalten und hat immer wieder versucht, mit seinen oft ganz neuen Ideen durchzudringen. Teils ist ihm dies gelungen, teils aber hat er auch Abneigung erweckt, so dass er selbst manche, ihm gar nicht zusagende Beurteilung entgegennehmen musste. Da er aber immer ein enormes Selbstbewusstsein zeigte, sich selber als Genie betrachtete, dies aber auch jedermann zusprach («Jeder ein Genie» war eine seiner letzten Publikationen), hat er solche Rückschläge auch immer wieder überwunden.

Das vorliegende Werk über Zwicky, mit Akribie zusammengetragen und verfasst von Dr. *Roland Müller*, ist wohl eine der ausführlichsten, detailliertesten Biographien, die auf dem Markt auffindbar sein dürften. Dr. Müller konnte sich der vorhandenen Tagebücher Zwickys bedienen und hat damit eine Arbeit geleistet, die einmalig ist. Für den an Morphologie Interessierten entsteht vor dessen Augen beim Lesen, ja selbst schon beim Durchgehen und nur gelegentlich detaillierten Lesen, ein Bild der Entstehungsgeschichte der Morphologie wie es sonst nirgends dargestellt ist. Gleichzeitig entwickelt sich aber beim konsequenten Lesen auch die Persönlichkeit Zwickys, man sieht, mit wem Zwicky überall zusammengetroffen ist und was ihm dies gebracht hat, aber auch, wie unstet im Grunde das Leben dieses einzigartigen Schweizers war.

Ein Vergleich mit der (Selbst)-Biographie eines anderen Professors und Physikers am Caltech drängt sich auf, mit jener von Prof. *Richard B. Feynman*, die ebenfalls kürzlich (in den USA) erschienen ist unter dem Titel: «You are surely joking, Mr. Feynman!» Beide Biographien beschreiben den jeweils Portraitierten in ganz verschiedener Weise; Zwicky aus der Sammlung seiner Tagebuchnotizen und aus Bemerkungen, Publikationen usw. von ihm oder oder über; Feynman, den Zwicky als seinen Freund bezeichnet, in amüsanter, kurzweiliger Weise durch eine grosse Zahl von Anekdoten, die das Buch teilweise so spannend machen wie einen Krimi.

Beiden Büchern ist gemeinsam, dass sehr viele wichtige Persönlichkeiten der USA darin beschrieben werden, einige allerdings aus recht verschiedener Sicht, hat doch Zwicky später eine ganz andere Einstellung zur Atombombe gehabt als Feynman, der als junger Physiker selbst an ihrer Entwicklung in Los Alamos beteiligt war.

Wer sich aber mit Morphologie im Sinne von Zwicky beschäftigt, wird das Buch von Dr. Roland Müller als Ergänzung, als Persönlichkeitsstudie Zwickys unbedingt benötigen, obwohl es beim Lesen, was prinzipiell zu bedauern ist, keine Zusatzinformationen über die Morphologie als solche bringt. Ein eigentliches Handbuch über Morphologie im Sinne von Zwicky, ein Lehrbuch also mit Instruktionen Schritt für Schritt, gibt es auch heute noch nicht. Darin liegt wohl auch der Grund, weshalb sich Einzelpersonen oder kleinere Betriebe als Morphologie-Berater etablieren können; die Herausgabe eines Lehrbuches aber unterbleibt.

Dabei wäre das morphologische Denken im Sinne Zwickys im Grunde genommen lehrfachwürdig, weil der der Morphologie zugrunde liegende Gedanke, dass es fast nie nur *eine* Lösung zu einem Problem gibt, wichtiger denn je ist. Dies allerdings kann man aus Dr. Roland Müllers Arbeit immer wieder herauslesen, denn Zwicky hat das im Laufe seines Lebens selbst bewiesen – und seine Tagebuchnotizen belegen es auch immer wieder.

Vielleicht führt das nun vorliegende Buch über Zwicky dazu, dass auch das nächste geschrieben wird: die *praktische Anleitung* zum morphologischen Denken und Erfinden für Jedermann.

Eduard H. Schoch, Kastanienbaum