

Erschütterungsmessungen im Bauwesen

Aufgabe

Es werden die normalerweise aus der Ferne über den Untergrund übertragenen mechanischen Schwingungen mit potentiell schädigender oder belastigender Wirkung (Erschütterungen) in Gebäuden ermittelt. Grundlage für untereinander vergleichbare, quantitative Erschütterungsmessungen ist die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen mit den beiden Teilen

A) *Einwirkung auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150, Teil 2) und*

B) *Einwirkung auf bauliche Anlagen (DIN 4150, Teil 3)*

In der Norm befindet sich ein Beurteilungsverfahren mit Anhaltswerten für die Einwirkungen auf Menschen bzw. für die Einwirkung auf bauliche Anlagen.

Anwendungsbereiche

finden sich überall, wo Erschütterungen erzeugt werden, welche zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden oder Schäden an baulichen Anlagen führen könnten, z.B. bei

Bauarbeiten (Schlag- und Vibrationsrammungen, Bodenverdichtungen, Abbrucharbeiten, Sprengungen),

Verkehrsbelastung (Schwerverkehr auf unebener Fahrbahn, Schienenverkehr über Störstellen),

Industrie und Handwerk (Sägewerke, Metallbearbeitungsmaschinen, Großmaschinen, Maschinensäle).

Meßgröße und -apparatur

Gemessen wird der zeitabhängige Verlauf der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$ in mm/s in der vertikalen und in den beiden horizontalen Raumkomponenten. Hierfür müssen geeichte und normierte Sensoren verwendet werden, die den Anforderungen der DIN 45669-1 entsprechen.

Bei den Sensoren für Erschütterungsmessungen handelt es sich meist um linearisierte Geophone (elektrodynamisches Prinzip) oder um spezielle Beschleunigungsaufnehmer (in eine Raumrichtung sensibilisierte Piezokristalle). Der Anspruch an die Sensoren liegt mehr in der Linearität und weniger in der Empfindlichkeit.

Die Meßapparatur erlaubt meist eine digitale Aufzeichnung über eine mehr oder weniger lange Zeitdauer. Es müssen Sensoren für die drei Raumkomponenten (zwei horizontal, eine vertikal) anschließbar sein. Neben der Meßwertanzeige sind teilweise auch optische oder akustische Warnsignalgeber vorhanden, welche bei Überschreitung von Schwellwerten reagieren. Insbesondere für die Untersuchung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen müssen die Meßdaten rechnerisch ausgewertet werden können, sodaß eine Datenübertragung auf PC notwendig ist.

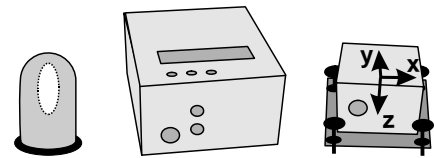


Abb. 1 Meßapparatur
Mitte: Steuer- und Aufzeichnungseinheit
rechts: Dreikomponentensensor
links: Warnsignalgeber

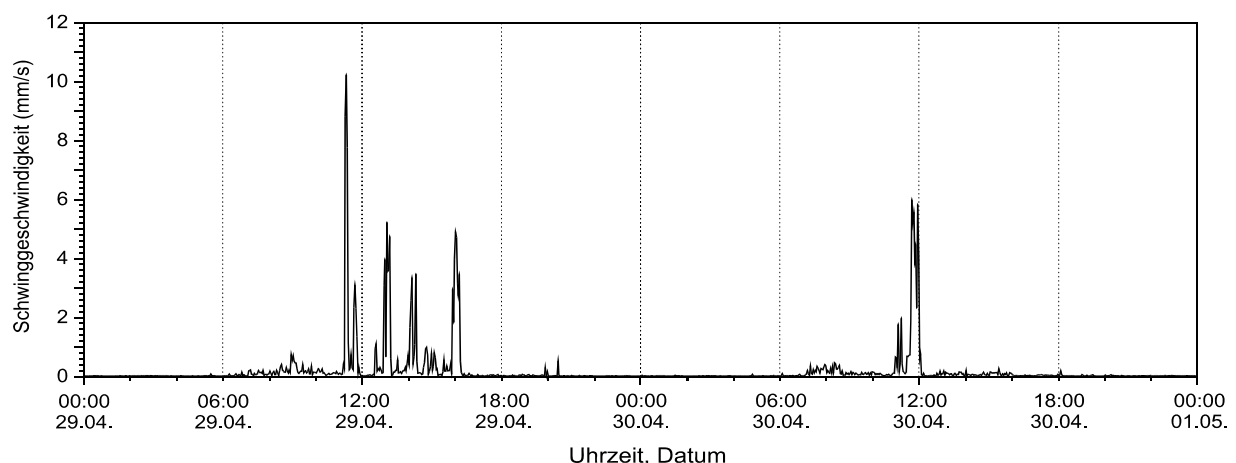


Abb. 2 Datenbeispiel für eine Dauerregistrierung über 2 Tage. Dargestellt ist der Spitzenwert der Vertikalkomponente pro 30 Sekunden-Takt. Damit ist eine lückenlose Dokumentation der erreichten maximalen Schwinggeschwindigkeiten gewährleistet, einschließlich der Aussage, wann und inwieweit zulässige Grenzwerte (hier: 5 mm/s) überschritten wurden. Die hierbei eingesetzten Geräte sind verplombt und manipulationssicher.

A) Einwirkungen auf Menschen

Messung

Es wird an der Stelle der stärksten Erschütterung im zu untersuchenden Raum gemessen. Dies ist für die vertikale Komponente in der Regel der Fußboden in Deckenmitte. Die Meßzeit richtet sich nach dem Auftreten (Uhrzeit, Dauer, Häufigkeit, Regelmäßigkeit) der Erschütterung. Gegebenenfalls muß eine Dauermeßstelle eingerichtet werden (siehe Abb. 2).

Erschütterungssignal

Die Meßgröße Schwinggeschwindigkeit wird in Hinsicht auf ihre Wirkung auf den Menschen wie folgt differenziert bewertet:

- Anwendung eines Arbeitsfrequenzbereichs innerhalb von 1 Hz bis 80 Hz und teilweise bis 315 Hz
- Frequenzbewertung (geringere Bewertung von Frequenzen unter 5,6 Hz)
- Mittelnde Zeitbewertung in Form eines gleitenden Effektivwerts (Zeitkonstante von 0,125 s)
- Ermittlung von Maximalwerten innerhalb von 30 Sekunden-Takten der Meßzeit
- Bewertung nach der Uhrzeit der Erschütterung (Tag, Nacht, Ruhezeiten)

Beurteilung

Das sogenannte bewertete Erschütterungssignal wird nach einem gestuften Beurteilungsverfahren der DIN 4150-2 beurteilt. Herangezogen wird der größte Wert der drei Raumkomponenten und mit Anhaltswerten verglichen. Die Anhaltswerte richten sich nach dem Ort der Erschütterungswirkung bzw. deren Umgebung (z.B. Gewerbegebiet, Mischgebiet, Wohngebiet, Kurgebiet) sowie nach Tag- und Nachtzeiten.

Der untere Anhaltswert ist ein Richtwert, bei dessen Einhaltung keine erheblichen Belästigungen von Menschen zu erwarten sind. Umgekehrt gilt dies für den oberen Anhaltswert. Liegt das bewertete Erschütterungssignal zwischen dem unteren und dem oberen Anhaltswert, spielt die Häufigkeit (z.B. 1 Sprengung am Tag) und die Uhrzeit der Erschütterung eine Rolle für die Beurteilung.

Eine Untersuchung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen umfaßt demnach neben der Messung auch die rechnerische Bewertung der Daten (bewertetes Erschütterungssignal) sowie deren Beurteilung nach den DIN-Kriterien und ist deshalb in der Regel umfangreich.

B) Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Gemäß DIN 4150-3 wird zwischen kurzzeitigen Erschütterungen, z.B. verursacht durch einen Betonbrecher und Dauererschütterungen, z.B. angeregt durch eine Vibrationsramme, unterschieden. Bei Dauererschütterungen können Resonanzschwingungen am Bauwerk oder Bauteil auftreten und damit Materialermüdungen bewirken.

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen sind Messungen an verschiedenen Positionen des Bauwerks (i.d.R. Fundament, Außenwand oberste Deckenebene und Deckenmitte) solange notwendig, bis repräsentative Schwingensignale beobachtet werden können. Zur Beurteilung gemäß den DIN-Anhaltswerten werden die Maximalwerte herangezogen.

Die Auswertung besteht in der Bewertung der gemessenen Schwinggeschwindigkeiten nach den DIN-Anhaltswerten. Eine Aussage ist im Normalfall vor Ort möglich, so daß gegebenenfalls Sofortmaßnahmen ergriffen werden können. Alternativ sind Dauermeßstellen möglich, die die Erschütterungsstärken lückenlos registrieren (Beweissicherung) und über Alarmsignale ein Erreichen der Grenzwerte anzeigen.

Kurzzeitige Erschütterung

In Hinsicht auf die Beurteilung der Erschütterungswirkung auf das **gesamte Bauwerk**

werden die drei Raumkomponenten der Schwinggeschwindigkeit am Fundament des Bauwerkes sowie die beiden horizontalen Raumkomponenten in der Ebene der obersten Vollgeschoßdecke gemessen.

Relevant für die Beurteilung ist der größte Wert der jeweiligen Komponente am Fundament und in der obersten Deckenebene. Unterschieden nach Gebäudeart (Gewerbegebäude, Wohngebäude, empfindliche Gebäude) und nach Frequenz der Erschütterung gibt die DIN Anhaltswerte an, bei denen erfahrungsgemäß keine Schäden im Sinne der Verminderung der Gebrauchstauglichkeit zu erwarten sind. Beispielsweise lautet der Fundament-Anhaltswert für ein Wohngebäude 5 mm/s für eine niederfrequente Erschütterung im Frequenzbereich von 1 bis 10 Hz und 15 mm/s bei 50 Hz.

Zur Beurteilung von **Deckenschwingungen** in Gebäuden gibt die DIN einen Anhaltswert von 20 mm/s für die Vertikalkomponente der Schwinggeschwindigkeit an. Der Maximalwert wird in der Regel in der Deckenmitte gemessen.

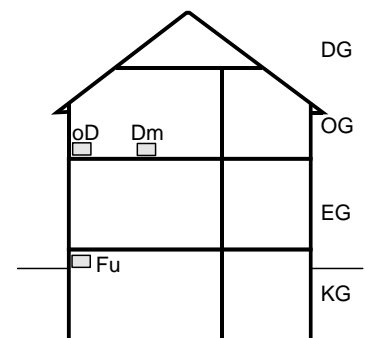


Abb. 3 Typische Sensorpositionen am Fundament Fu, in der obersten Deckenebene oD und in Deckenmitte Dm.

Unterschieden nach Baustoffen liegen auch DIN-Anhaltswerte für die maximal zulässigen Erschütterungen für erdverlegte, nach heutigem Stand der Technik hergestellte **Rohrleitungen** vor.

Dauererschütterungen

Bei Dauererschütterungen besteht die Gefahr von Resonanzschwingungen im **gesamten Bauwerk**. Die Maximalwerte treten in der Regel in der obersten Deckenebene auf. Bei Anregung der Bauwerke in Oberschwingungen können die Maximalwerte auch in anderen Ebenen erreicht werden. Zur Beurteilung gibt die DIN nach Gebäudeart unterschiedene Anhaltswerte vor. Für Wohngebäude beträgt dieser 5 mm/s für die größte Horizontalkomponente in der obersten Deckenebene.

Der Anhaltswert für vertikale **Deckenschwingungen** beträgt 10 mm/s und die Anhaltswerte für **Rohrleitungen** sind gegenüber den Werten für kurzzeitige Erschütterungen auf die Hälfte reduziert.

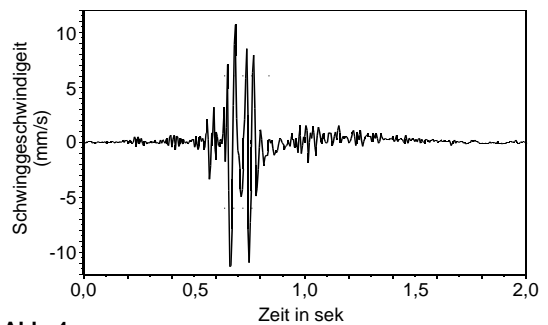


Abb. 4 Kurzzeitige Erschütterung infolge einer einstürzenden Hauswand (Abrißarbeiten). Vertikalkomponente der Schwinggeschwindigkeit, Messung ersatzweise am Erdspieß, 8 m Entfernung zur Erschütterungsquelle.

C) Weiterreichende Erschütterungsmessungen

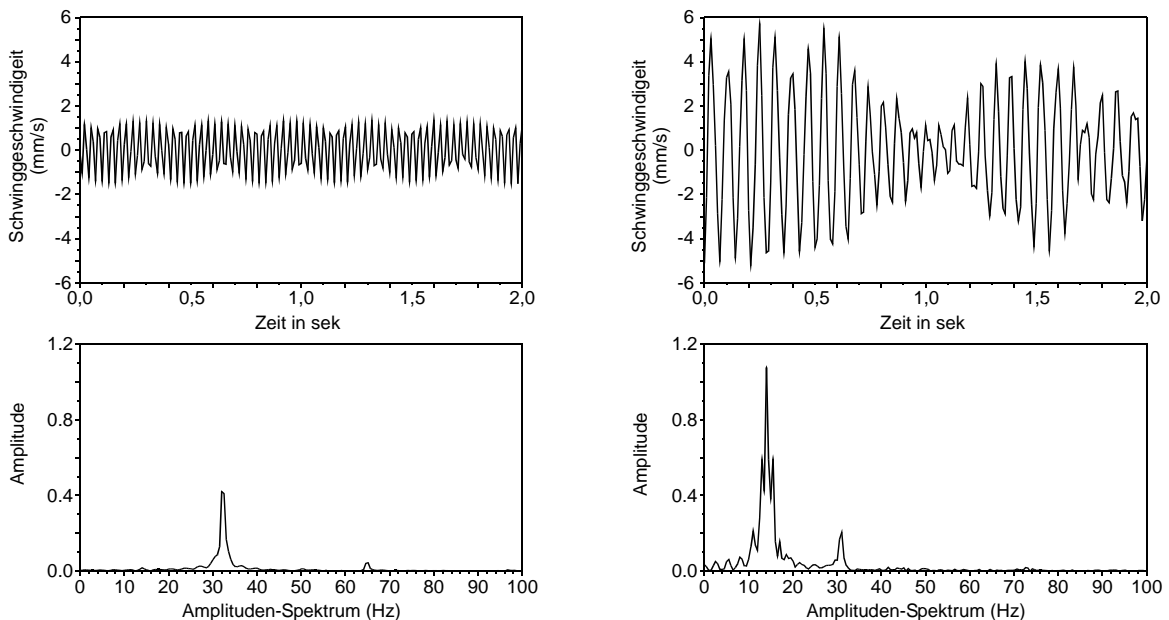


Abb. 5 Datenbeispiel für Einwirkungen von Dauererschütterungen auf eine Geschoßdecke (Vertikalkomponente der Schwinggeschwindigkeit). Erschütterungsquelle: Einrütteln einer Spundbohle mit Vibrationsbär. Messung im 1. OG in der Deckenmitte. Entfernung zur Erschütterungsquelle ca. 20 m.

Links: Die Spundbohle durchfährt einen homogenen Untergrund aus Sand und Kies. Es entstehen stationäre Schwingung mit einer Dominanzfrequenz bei 32 Hz. Rechts: Die Spundbohle trifft auf Fels. Dadurch sinkt die Erschütterungsfrequenz erheblich. Die Folge sind starke Resonanzschwingungen der Gebäudedecke mit 14 Hz.

Über die DIN 4150 hinausgehende Messungen sind z.B. notwendig bei der Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf spezielle Anlagen wie Hochregallager oder Präzisionsmaschinen. Spezifische Grenzwerte für die erlaubten Schwinggeschwindigkeiten werden von den Herstellern zur Verfügung gestellt.

Ebenso geht die Ermittlung der Schwingungen von Türmen (z.B. Kirchtürme bei Glockengeläut, Brücken und Schornsteine bei Starkwind) über die DIN-gemäßen Messungen hinaus, da dort insbesondere auch tieffrequente Schwingungen unter 1 Hz mit relevanten Amplituden auftreten können.

Das Aufspüren spezifischer Erschütterungen z.B. von Maschinenunwuchten oder Schlägen in Flüssigkeitsleitungen wird durch Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Erschütterungen sowie einer Signalanalyse möglich.