

Erschütterungsuntersuchungen für den Neubau eines Forschungsgebäudes – Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung

In einem geplanten Forschungsneubau mit einem Untergeschoss und drei Obergeschossen sollen Labore mit hochsensiblen Mikroskopen und Geräten eingerichtet werden. Das Gebäude ist so geplant, dass Schwingungsgrenzwerte für empfindliche Geräte nicht überschritten werden. Messungen und eine Erschütterungsprognose sollten klären, welchen Einfluss externe Erschütterungen auf die Geräte und Geschossdecken haben (Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen). Bei der Überschreitung von Schwingungsgrenzwerten sollten Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Für den Forschungsneubau wurden umfangreiche Schwingungs- und Erschütterungsuntersuchungen durchgeführt, um die Einhaltung der Schwingungsgrenzwerte für empfindliche Geräte sicherzustellen. Diese basierten auf Messungen sowohl auf dem Baugrundstück als auch in vergleichbaren Laboren. Die Erkenntnisse der erschütterungstechnischen Untersuchung flossen in die bauliche Gestaltung ein, um einen störungsfreien Betrieb der Geräte und uneingeschränkte Labornutzung sicherzustellen.

Vorgehensweise

Aufgrund fehlender gesicherter Daten und spezifischer Anforderungen von Nutzern und Geräteherstellern wurden u. a. die Vibration-Criteria-Curves gemäß VDI 2038 Blatt 2 als Richtlinie verwendet (siehe Abb. 1). Die VC-Werte gelten für den Aufstellungsort am Boden und werden auf den Effektivwert der Schwingschnelle v_{rms} [$\mu\text{m/s}$] je Terz bezogen.

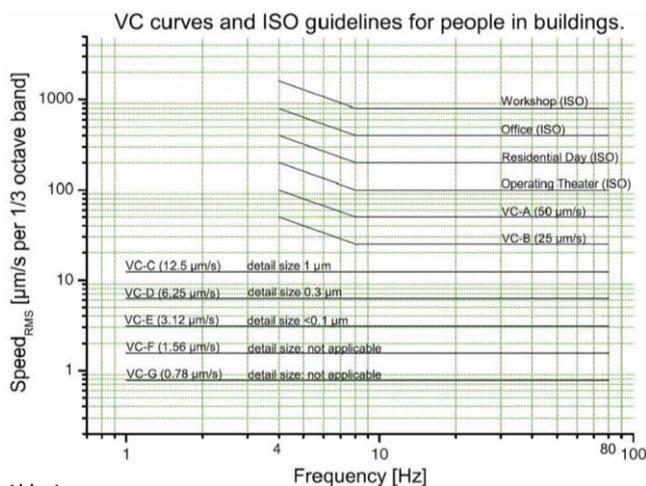


Abb. 1: Vibration-Criteria-Curves nach Ungar und Gordon

In ähnlichen Projekten hatte es sich bewährt, durch Schwingungsmessungen an bestehenden oder vergleichbaren Anlagen zusätzliche Planungsinformationen zu gewinnen. Die individuelle Schwingungsausbreitung variiert je nach Standort, weshalb standardisierte Prognosen nach DIN 4150 Teil 1 ohne detaillierte Kenntnis des Umfelds eines Bauprojekts ungenau sein können. Messungen liefern zusätzliche Informationen und erhöhen somit die Planungssicherheit.

Messungen

Die Schwingungsmessungen wurden mit hochsensiblen Beschleunigungssensoren und einem Mehrkanal-Messsystem durchgeführt. Es wurden Erschütterungsmessungen an einem Rasterelektronen- und einem Elektronenmikroskop sowie in Laborräumen durchgeführt. Für die Erschütterungsprognose wurden zudem an mehreren Messpunkten die am Freigelände vorhandenen Erschütterungen untersucht.

Die Schwinggeschwindigkeit und Auslenkung wurden durch numerische Integration der gemessenen Beschleunigung ermittelt. Zur normgerechten Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150 Teil 2 wurde die bewertete Schwingstärke ermittelt. Zudem wurden die Messwerte den Vibration-Criteria-Curves (VC) gegenübergestellt. Abb. 2 zeigt einen Auszug der aufgetretenen Schwinggeschwindigkeiten.

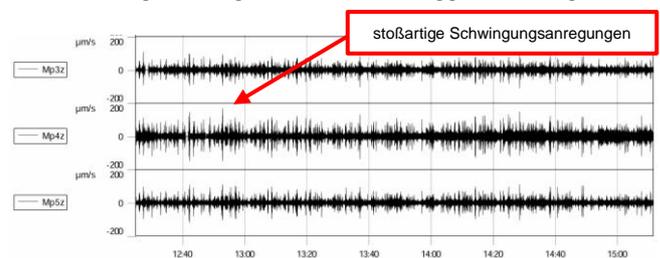


Abb. 2: Verlauf der Schwinggeschwindigkeit für ausgewählte Messpunkte

Erschütterungsprognose

Schwingungen von außen auf das Gebäude übertragen sich je nach Quellenart (Punkt- oder Linienquelle) unterschiedlich im Erdreich. Die Übertragung ins Fernfeld wird durch komplexe, exponentiell abklingende Wellenahfelder und Bodenbeschaffenheiten beeinflusst.

Beim Übergang auf das Gebäudefundament spielen Elastizität des Baugrunds, Impedanzsprünge, Gebäudemasse und Ausmittlungseffekte eine Rolle, abhängig von Gebäudesteifigkeit und Abmessungen im Verhältnis zu Wellenlängen. Die in das Gebäudefundament eingeleiteten Erschütterungen werden üblicherweise bei der Weiterleitung über die Gebäudewände in die oberen Geschossebenen und bis zur Deckenfeldmitte i.d.R. durch Bauteileigenschaften sowie den Gebäude-Geometrien verstärkt.

Für das Bauvorhaben wurde eine Gebäudesimulation erstellt. Das Ergebnis der Modalanalyse verdeutlicht, dass in Deckenfeldmitte bei der berechneten Eigenfrequenz von $f = 16$ Hz die größte Auslenkung zu erwarten ist (siehe Abbildung 3). Das Ergebnis der Analyse weiterer Bauteile zeigte ähnliche Frequenzen im Bereich um $16 \text{ Hz} < f < 20 \text{ Hz}$.

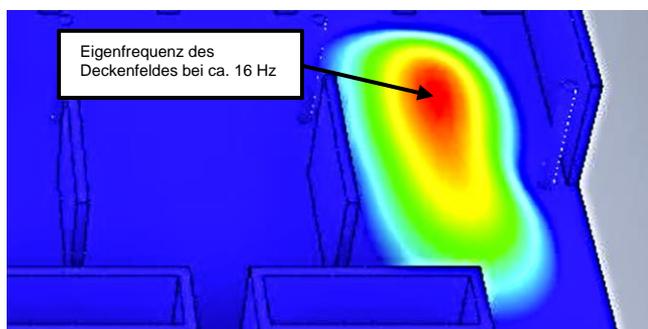


Abb. 3: Beispiel einer Modalanalyse für ein Deckenfeld bei der Eigenfrequenz von 16 Hz (Gebäudeausschnitt)

Die Berechnung lieferte zudem Ergebnisse für höhere Frequenzen. Diese sind jedoch für die Lagerung der Mikroskope von untergeordneter Bedeutung und wurden daher nicht weiter betrachtet.

Auf Basis der Informationen aus Messungen und Berechnungen wurden die Erschütterungen im Gebäude in Terzbandbreite mit Terz-Übertragungsfunktionen für den Übergang „Erdreich–Fundament“ sowie den Übergang „Fundament–Decke“ ermittelt. Durch Multiplikation der Terz-Übertragungsfunktionen mit den im Erdreich gemessenen Schwinggeschwindigkeiten wurde u. a. für die Decke im 3. OG das in Abbildung 4 dargestellte Terzfrequenzspektrum berechnet.

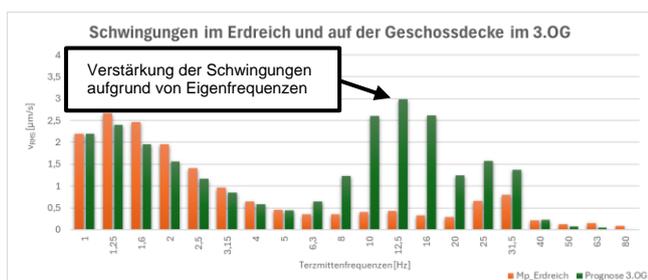


Abb. 4: Gemessenes und berechnetes Terzfrequenzspektrum für die Geschosdecke im 3. OG bei Schwingungsanregung aus dem Erdreich

Das Spektrum zeigt eine Überhöhung der berechneten Schwingungen für die oberste Deckenebene bei den Terz-Mittelfrequenzen $10 \text{ Hz} < f < 16 \text{ Hz}$. Die Verstärkung der Schwingungen resultiert aus den modalen Eigenformen, die von der Bauteilgeometrie, der Dämpfung sowie der Einspannung und der frequenzabhängigen aus der Schwingungsanregung stammenden Energie bestimmt werden. Die Klasse „VC-E“ mit Terz-Schwinggeschwindigkeiten $v_{\text{rms}} < 3 \text{ µm/s}$ wird bei Anregung von außen unterschritten.

Empfehlungen

Es wurden grundlegende Maßnahmen vorgeschlagen, damit ein ausreichender Erschütterungsschutz für die Anlagen gewährleistet werden kann. Betrachtet wurden hierbei u. a. Maßnahmen für die Geschossdecken, elastische Lagerung haustechnischer Anlagen, Einbringung separater Fundament für hochempfindliche Anlagen, Konzeptvorschläge für die Positionierung erschütterungsempfindlicher Anlagen auf schwingenden Untergründen etc.

Eine frühzeitige Analyse der Erschütterungssituation in der Projektplanung ist entscheidend für ein erfolgreiches Bauvorhaben. Dadurch lassen sich teure Nachbesserungen vermeiden.

Unser Team entwickelt maßgeschneiderte Lösungen und begleitet Sie bis zur Umsetzung. Kontaktieren Sie uns für Beratung und Details.



IBW Ingenieurbüro Waning
Schall- und Schwingungstechnik
Reiningstraße 21
48653 Coesfeld

Tel.: 02541 9281-900
Fax: 02541 9281-909
E-Mail: info@ibwaning.de
Internet: www.ibwaning.de

Messung, Berechnung, Beurteilung und Minderung von Schall und Schwingungen

Maschinendynamik

Maschinendiagnose
Rohrleitungsschwingungen
Druckpulsation
Eigenfrequenz- und Eigenformanalyse
Dynamische und statische Lasten
Materialspannungsanalyse
Laser-Vibrationsmessung
Torsionsschwingungs- und Drehmomentmessung

Technische Akustik

Konstruktionsakustik
Lärmreduzierung
Schallmessungen
Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz
Schalldämpferauslegung
Schwingungsisolierung
Raumakustik
Blockheizkraftwerke
Bühnentechnik

Erschütterungsschutz

Erschütterungsmessung
Erschütterungsprognose
Schwingungsschutz und Fundamentauslegung