



Schwingungsmessungen an Gebäuden

1. Einführung

Erschütterungen wirken auf Gebäude durch interne Nutzung (Maschinen im Gebäude) oder durch äußere Anregung (Verkehr, Erdbeben). Diese Erschütterungen führen zu Schwingungen, die Bauwerke schädigen, bzw. im äußersten Fall auch zum Einsturz bringen können. In der DIN 4150-3 sind für verschiedene Bauteile Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten dargestellt. Die Unterscheidung der Anhaltswerte bezieht sich auf die Erschütterungsart. Es sind zwei Erschütterungsarten festgelegt:

- kurzzeitige Erschütterungen
- Dauererschütterungen

2. Erschütterungsarten nach DIN 4150-3

2.1 Kurzzeitige Erschütterungen:

Kurzzeitige Erschütterungen sind Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungerscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ¹⁾	
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8

¹⁾ Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

Tab.1: Anhaltswerte für die ertragbare Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

2.2 Dauererschütterung:

Alle Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterung nicht zutrifft, sind Dauerschütterungen.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5

Tab. 2: Anhaltswerte für die ertragbare Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke

Werden die Anhaltswerte der Tabellen eingehalten, so treten keine Schäden im Sinne von Standsicherheits- oder Tragfähigkeitsminderungen auf, deren Ursache auf Erschütterungen zurückzuführen wären. Ohne Gebäude zu schädigen, können Erschütterungen Computer-Datenspeicher zerstören.

3. Ermittlung von Messergebnissen

3.1 Schwinggeschwindigkeiten

Zur Ermittlung der Schwinggeschwindigkeiten werden vom tBU Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer vom Typ HBM S 500 V verwendet. Das tBU hat 3 Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer. Die Schwinggeschwindigkeiten können auch aus Daten von Beschleunigungsaufnehmern errechnet werden. Die Aufnehmer werden am betreffenden Bauteil befestigt. Die Datenerfassung erfolgt durch einen Signalwandler mit einem Notebook.

3.2 Eigenfrequenzen

Aus den gewonnenen Daten lassen sich Eigenfrequenzen des Bauteils oder Bauwerks durch eine Fast Fourier Transformation (FFT) ermitteln. Diese Eigenfrequenz ist wichtig, damit die Anregungen (z.B. Glockenläuten) nicht in dieser Frequenz stattfinden, da sonst durch Resonanzerscheinungen Schäden auftreten können.

4. Messorte und Einsatzgebiete

4.1 Glockentürme

In den letzten Jahren wurden durch das tBU mehrere Objekte untersucht. Im nachfolgenden sind einige beispielhaft aufgeführt.



Bild 1: Kirche St. Clemens in Wissel

Die Messungen in den Glockentürmen wurden in Glockenschwingrichtung und quer zur Glockenschwingrichtung durchgeführt. Es wurde immer als erstes das Abklingverhalten des Turmes ohne Geläut ermittelt. Danach wurde das Schwingungsverhalten des Turmes unter Geläut für jede Glocke einzeln und bei komplettem Glockeneinsatz bestimmt.

Die nächsten beiden Graphiken zeigen eine typische Abklingkurve und die daraus ermittelte Eigenfrequenz des Turmes.

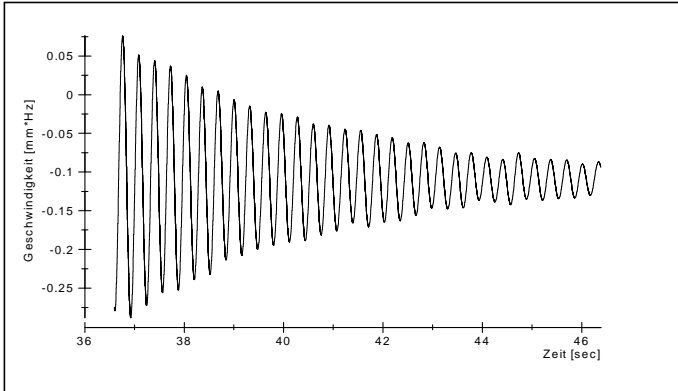


Bild 2: Abklingkurve quer zur Glockenschwingrichtung (Anregung durch rhythmisches Anschwingen)

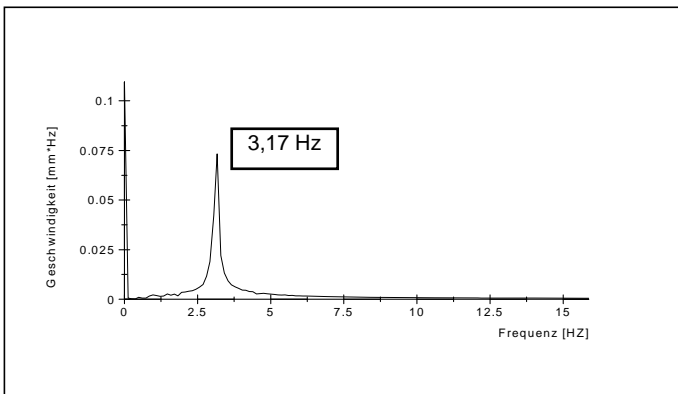


Bild 3: Eigenfrequenz des Turmes quer zur Glockenschwingrichtung (aus FFT)

4.2 Gebäude

Ein anderes Einsatzgebiet ist das Messen von Schwingungen aus Verkehrsbelastungen. Bei der in Bild 5 dargestellten Situation sollte das Schwingungsverhalten des Hauses durch verkehrsbedingte Erschütterungen gemessen werden. Aus den Messungen ging hervor, dass die Rissbildung im Haus nicht durch verkehrsbedingte Erschütterungen entstand, da die erlaubte Grenzwerte (siehe Tab. 2) eingehalten wurden.



Bild 4: Verkehrsbelastung

4.3 Windkraftanlagen

Das Messen in Windkraftanlagen ist ein weiteres Einsatzgebiet für das Messen und Auswerten von Schwingungsereignissen. Bei den Messungen an Windkraftanlagen wurden in erster Linie Bewegungen am Turmfundament, bestehend aus einem Betonsockel, durchgeführt. Diese Messungen sollten Bewegungen durch verschiedene Einflüsse (Wind, Flügelstellung, Notabschaltung) sichtbar machen.



Bild 5: Windkraftanlage in Hückelhoven

5. Zusammenfassung

Bauwerke

Die Hauptaufgabe solcher Messungen ist, die Überprüfung eines Bauwerkes auf das Verhalten gegenüber Schwingungen bzw. Erschütterungen. Dies bedeutet: Verursachen die Schwingungen bzw. Erschütterungen Schäden am Bauwerk. Wenn dies der Fall ist, stellt sich die Frage nach den Maßnahmen, die dem entgegen wirken können. Dies können sowohl konstruktive Maßnahmen oder eine andere Veränderung von außen sein. Das Ziel ist es, dass nach erfolgter Sanierung keine erneuten Schäden am Bauwerk entstehen, die auf Schwingungen bzw. Erschütterungen zurückzuführen sind.

Sensible Einbauten

Rotationsdruckmaschinen, Zentrifugen oder Massendatenspeicher ertragen nur begrenzt Erschütterungen. Solche Einbauten können gegen Bauerschütterungen (Rüttelwalze für den Parkplatz, Rammfähle) durch permanentes Monitoring und einstellbare Alarmgrenzen geschützt werden.

6. Referenzen

- DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen (Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen), Beuth Verlag GmbH, Berlin, Februar 1999
- verschiedene Prüfberichte des tBU
- Müller-Rochholz, J. Erdbeben- Auswirkungen auf Bauwerke 10.1983, Köln
- Müller-Rochholz, J. Schwingungsmessungen an Glockentürmen GESA-Syposium Bremen 1990, VDI-Bericht 815