

W. Wieland, M. Hanss, S.- R. Mehra

Untersuchung der Erschütterungsprognosegenauigkeit von Berechnungsmethoden durch baulynamische Messungen

1. Einleitung

Die in den letzten Jahren zunehmende Nachverdichtung der Wohnbebauungen in immissionsschutztechnisch kritischen Stadtgebieten führt unter anderem zu einer wachsenden Zahl von Erschütterungsschutzgutachten. Insbesondere Bebauungen in der Nähe stark befahrener Bahntrassen oder im Nahbereich erschütterungsemitierenden Quellen machen ingenieurtechnische Prognoseverfahren für den Erschütterungsschutz erforderlich. Nur durch exakte Prognosen können Sicherheitsreserven sowie die erforderlichen Maßnahmen reduziert und damit wirtschaftliche Lösungen für den Bauherrn erzielt werden. Dem Übertragungsweg der Erschütterungseinwirkungen vom Gebäudefundament bis zum maßgeblichen Erschütterungsimmissionsort der Geschossdecke kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. In der Praxis werden überwiegend ingenieurmäßige Modelle für Prognoseberechnungen im Erschütterungsschutz verwendet. Die Verwendung einfacher Prognosemodelle im Erschütterungsschutz ist jedoch mit zunehmender Komplexität der Gebäude eingeschränkt bzw. führt in ungünstigsten Fällen zu Falschaussagen. Für Prognoseberechnungen von komplexeren Gebäuden kommen unter anderem numerische Berechnungsverfahren in Betracht. Die Methode der Finite-Elemente ist hierbei ein bereits bewährtes Verfahren.

2. Ziel der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit [1] wird die Prognosegenauigkeit für den Übertragungsweg zwischen Gebäudefundament und Geschossdecke einer analytischen sowie einer numerischen Prognosemethode anhand baulynamischer Messergebnisse bestimmt und beurteilt.

3. Untersuchungsrahmen

Zur Bestimmung der Prognosegenauigkeit werden unter den oben genannten Berechnungsmethoden verschiedene Gebäudemodelle betrachtet. Dabei sind unterschiedliche Fußpunktanregungen (Sweep-Anregung und Rau-

schen mittels Shaker) definiert. Die Gebäudemodelle bestehen aus einer Stahlbetonbodenplatte mit Mauerwerkswandscheiben und einer darauf aufgelagerten Stahlbetondecke. Um an verschiedenen Gebäudemodellvarianten Untersuchungen durchführen zu können, muss eine Variation der Modelle ermöglicht werden. Im vorliegenden Fall, Bild 1, wird insbesondere durch die Anzahl und Lage der tragenden Wandscheiben diese gewünschte Vielfalt hergestellt. Des Weiteren wird der Anregeort bzw. die Position des Shakers variiert. Die Anregeposition 1 entspricht hierbei einer symmetrischen, die Anregeposition 2 einer asymmetrischen Anregung. An den Gebäudemodellvarianten (Einfeldträger, Zweifeldträger und Einfeldträger mit Kragarm, elastisch gelagertes Einfeldträgermodell mit Kragarm) werden reproduzierbare Erschütterungseinwirkungen über den Untergrund (Fußpunktanregung) simuliert und die hierbei maximal auftretenden Schwinggeschwindigkeiten auf der Stahlbetondecke der Gebäudemodelle am maßgeblichen Immissionsort messtechnisch ermittelt. Durch die Gegenüberstellung der Prognoseergebnisse mit den realen baulynamischen Messergebnissen können die untersuchten Prognoseverfahren hinsichtlich der zu erwartenden Genauigkeit beurteilt werden.

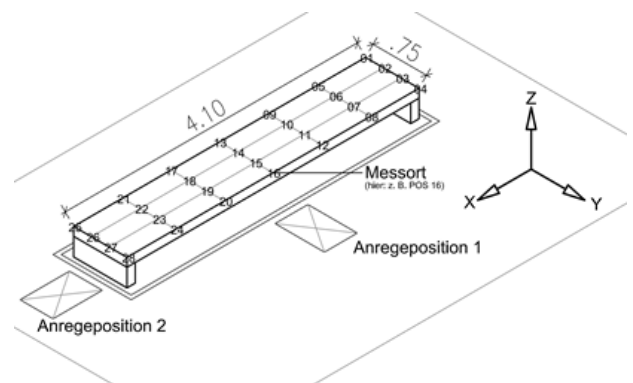


Bild 1: Einfeldträgermodell mit Kennzeichnung der beiden Anregepositionen und eines repräsentativen Messorts als Beispiel.

4. Ergebnisse

In Bild 2 sind die modellabhängigen Abweichungen der Prognoseergebnisse gegenüber den tatsächlichen Messwerten für alle Anregearten gemittelt zusammengefasst. Die numerischen Ergebnisse zeigen bei symmetrischer oder asymmetrischer Anregung mit einer mittleren Abweichung zu den tatsächlichen Messergebnissen von 56 % bzw. 54 % eine vergleichbar gute Prognosegenauigkeit auf. Die analytischen Lösungen bei symmetrischer Anregung liefern eine mittlere Prognoseabweichung von 64 %. Die asymmetrische Anregung zeigt eine mittlere Prognoseabweichung von 47 %.

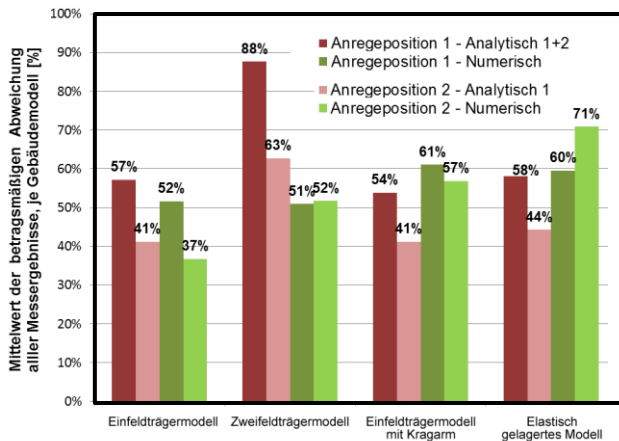


Bild 2: Mittelwert der Prognoseabweichung aller Gebäudemodelle.

Die Abweichung des analytischen Lösungsmodells nimmt aufgrund der Abweichung der Übertragungsfunktion des Ein-Masse-Schwingers gegenüber dem Kontinuum mit zunehmender Erregerfrequenz signifikant zu. Auch die Genauigkeit der numerischen Lösungen nimmt mit zunehmender Frequenz ab. Der Unterschied ist auf die ausschließlich steifigkeitsproportional abgebildete Dämpfung zurückzuführen. Die reine steifigkeitsproportionale Dämpfung (β -Dämpfung) führt mit zunehmender Frequenz zu steigenden Dämpfungsgraden. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die numerischen Lösungen weniger prognosetechnische „Ausreißer“ aufweisen. Die analytischen Lösungen zeigen für die untersuchten, einfachen Gebäudemodelle eine ähnliche, teilweise sogar höhere Genauigkeit als die numerischen Lösungen. Beide Berechnungsansätze, ob Finite-Elemente-Methode oder analytischer Lösungsansatz, zeigen Optimierungspotential zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit.

Zur Verbesserung der ingenieurmäßigen bzw. vorgestellten analytischen Prognosemethode, wird die Einbeziehung der zweiten Eigenfrequenz untersucht. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die analytischen Lösungen unter Berücksichtigung der 1. und 2. Deckeneigenfrequenz bzgl. der maximal prognostizierten Schwinggeschwindigkeit mit einer Prognoseabweichung von 30 % bis 61 % im angestrebten Rahmen liegen. Besonders hervorzuheben ist, dass die spektralen Prognoseergebnisse eine gute Übereinstimmung mit den spektralen Messergebnissen aufweisen. Von hoher Bedeutung für die Ingenieursarbeit ist, dass die Lösungen im Allgemeinen auf der sicheren Seite liegen, d. h., die festgestellten Abweichungen resultieren in aller Regel aus zu hohen Prognosewerten.

Die Prognoseergebnisse der durchgeführten Finite-Elemente-Berechnungen ließen sich durch eine bessere Abbildung der modalen Dämpfung deutlich verbessern. Mindestens jedoch sollte neben der steifigkeitsproportionalen Dämpfung (β -Dämpfung) auch die Eingabe der massenproportionalen Dämpfung (α -Dämpfung) möglich sein. Der zeitliche Aufwand für die numerische Eingabe des Gebäudemodells, aber insbesondere für die eigentlichen Rechenläufe (transiente Analysen) ist alles andere als unerheblich. Es wird daher davon ausgegangen, dass dieser hohe Aufwand nur bei komplexen Gebäuden gerechtfertigt sein dürfte. Als komplexe Gebäude können betrachtet werden:

- wenig ausgesteifte Gebäude mit aufgelösten Grundrissen
- ausgedehnte Gebäude mit großer Grundfläche.

5. Fazit

Für einfache Gebäudearten ist nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Überlegungen die analytische Methode geeigneter (unter Berücksichtigung der ersten und zweiten Eigenfrequenz). Alle untersuchten Methoden zeigen, dass die realitätsnahe Abbildung der Dämpfung maßgeblich für die Prognosegenauigkeit ist.

Literatur

- [1] Wieland, W.: Untersuchung der Erschütterungsprognosegenauigkeit einer ausgewählten analytischen sowie einer numerischen Berechnungsmethode durch baulynamische Messungen an Gebäudemodellen. Masterarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2012).



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

Email: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de