

von schritten und schwingungen

Text: Text: Daniel Gass Fotos: zvg

Schlanke Tragwerke können durch Schritte von Personen in Schwingungen versetzt werden. In vielen Fällen verursachen diese Schwingungen zwar kein strukturelles Versagen, werden jedoch unter Umständen als sehr unangenehm wahrgenommen oder können die Funktionstüchtigkeit des Gebäudes beeinträchtigen.

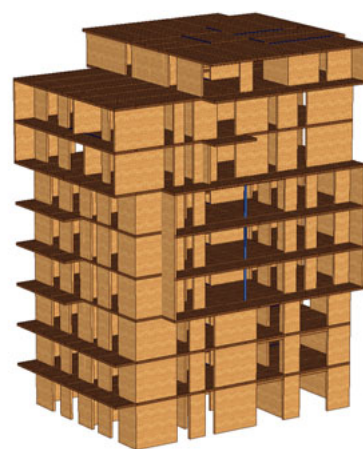
Es braucht eine nicht unerhebliche Kraft resp. Energie, um eine Geschossdecke in Stahlbeton in Schwingung zu versetzen. Schritte von Personen auf dieser Decke sind dazu in der Regel nicht ausreichend. Handelt es sich aber um ein leichtes Deckensystem – beispielsweise eine Holzbalken- oder Blechverbunddecke – sieht die Sache etwas anders aus. Bei Wohn- und Bürobauten ist dabei die Behaglichkeit resp. die Wahrnehmbarkeit der Schwingungen massgebend. Bei Operations-

sälen von Spitälern oder Präzisionswerkstätten, Labors und ähnlichem kann auch die Funktionstüchtigkeit durch die Schwingungen der Decken beeinträchtigt werden.

Schwingungsverhalten

Wird ein Bauteil durch Schritte in Schwingung versetzt, können zwei unterschiedliche Verhaltensweisen unterschieden werden. Bei eher steifen Strukturen mit grosser Dämpfung klingt die Schwingung ab, bevor der nächste Schritt erfolgt. Bei eher weichen Strukturen überlagert sich der Einfluss der einzelnen Schritte und es entsteht ein kontinuierliches Schwingungsverhalten.

In tatsächlichen Systemen werden sich diese beiden Verhaltensweisen natürlich überlagern, wobei in der Regel einer der beiden Effekte den wesentlich grösseren Einfluss besitzt. Damit ist es möglich, die abklingende und stationäre Schwingung getrennt voneinander zu betrachten.



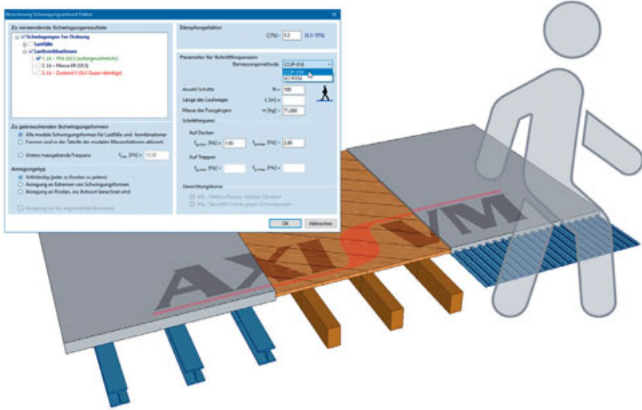
AxisVM – neugeschossiger Holzbau, Borlini & Zanini SA, Pambio-Noranco.

Schrittfrequenz-Analyse

Um eine aufwendige und komplizierte dynamische Berechnung nach dem Zeitverlaufsverfahren zu vermeiden, können vertikale Schwingungen mit einer vergleichsweise einfach zu handhabenden Schrittfrequenz-Analyse (FFA, Foot-Fall Analysis) beurteilt werden. Im Vordergrund steht dabei nicht die physikalisch auftretende, sondern die subjektiv wahrgenommene Schwingung. Die Schrittfrequenz-Analyse erfordert keine detaillierten Kenntnisse über dynamische Berechnungen und kann nach kurzer Einarbeitungszeit durchgeführt und ausgewertet werden. Die Schrittfrequenz-Analyse kommt der sprichwörtlichen eierlegenden Wollmilchsau sehr nahe. Sie kann von jedem Ingenieur ohne grossen Aufwand durchgeführt werden und liefert einfach zu interpretierende und klare Ergebnisse. Wichtig ist jedoch, den Anwendungsbereich resp. die Grenzen des Verfahrens zu kennen. Die Schrittfrequenz-Analyse beurteilt ausschliesslich vertikale Schwingungen, welche durch eine einzelne Person verursacht werden. Horizontale Schwingungen oder Schwingungen infolge (hüpfender) Menschenmassen können mit diesem Verfahren nicht beurteilt werden.



AxisVM – «Pavillon of Reflections» zur Manifesta 11 in Zürich, Holzbaubüro Reusser GmbH, Winterthur.



Schrittfrequenz-Analyse mit AxisVM.

Treten an Ort

Die Schrittfrequenz-Analyse berücksichtigt einen einzelnen Fussgänger an einem festen Ort. Wo diese Anregung angesetzt wird (am untersuchten Punkt, bei Extremwerten der Eigenschwingungen oder an allen Knoten im Modell) legt fest, wie genau die Ergebnisse berechnet werden können und wie gross der dafür benötigte Aufwand ist. So kann die Berechnung sehr schnell durchgeführt werden. Je nach gewählter Einstellung steigt zwar die Rechenzeit, aber auch die Genauigkeit der Ergebnisse an beliebigen Punkten.

Schwingungsantwort-Faktor

Als Ergebnis liefert die Schrittfrequenz-Analyse einen Schwingungsantwort-Faktor. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine mittlere Beschleunigung aus mehreren Eigenformen, welche allerdings noch mit einem frequenzabhängigen Faktor gewichtet werden, um zu berücksichtigen, dass Schwingungen unterschiedlicher Frequenz mehr oder weniger stark wahrgenommen werden.

Der Schwingungsantwort-Faktor zeigt deutlich, welche Teile einer Decke oder eines Treppenlaufs schwingungsanfällig sind und wie stark störend diese Schwingungen wahrgenommen werden.

FFA in AxisVM

Um eine Schrittfrequenz-Analyse durchzuführen wird ein leistungsfähiges FE-Programm benötigt. AxisVM integriert diese Berechnung in das bestehende Programm und unterstützt den Ingenieur in der Vorbereitung des Modells und der Durchführung der Berechnung, sodass eine Schrittfrequenz-Analyse mit minimalem Aufwand durchgeführt werden kann. Die umfassende Programmdokumentation liefert dem Ingenieur zudem das benötigte Hintergrundwissen und gibt damit jedem Statiker die Möglichkeit, die Schwingungsanfälligkeit leichter Deckensysteme genau so leicht zu beurteilen.

www.ingware.ch



AxisVM – Umbau Malzsilo, frei-ingenieure, Basel.