

Modalanalyse einer Holzstegträgerdecke – FEM-Simulation im Vergleich mit Messungen

P. Meistring¹, U. Schanda²

¹ Fachhochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: philipp.meistring@fh-rosenheim.de

² Fachhochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: schanda@fh-rosenheim.de

Hintergrund

An der Fachhochschule Rosenheim wird derzeit im Rahmen von Studienarbeiten das Eigenschwingungsverhalten unterschiedlicher Holzbausysteme untersucht [4], [5], [6]. Fernziel ist die Entwicklung schwingungsreduzierender Maßnahmen (Abbildung 2). Motivation dazu ist zum einen der mit Einführung der neuen DIN 1052 [1] neuerdings geforderte Schwingungsnachweis für Holzdecken. Zum anderen sollten die schalltechnischen Eigenschaften von Holzkonstruktionen im tieffrequenten Bereich unter 100 Hz durch schwingungsreduzierende Maßnahmen deutlich zu optimieren sein. Die meisten Holzbausysteme sind bezüglich ihres Schwingungsverhaltens aber weitgehend unerforscht. Entwicklung und Abstimmung systembezogener Lösungsansätze erfordern daher erhebliche Anstrengungen zur grundlegenden schwingungstechnischen Analyse der Konstruktionen. Die Methode der finiten Elemente (FEM) kann dabei wichtige Hilfestellung leisten. Neben der messtechnischen Modalanalyse, sollen in den Arbeiten daher jeweils auch Möglichkeiten und Grenzen von FEM-bezogenen dynamischen Analysen aufgezeigt werden. Die hier vorgestellten Arbeiten [5], [6] beschäftigen sich mit Holzdecken auf Basis von Holzstegträgern (siehe Abbildung 1).

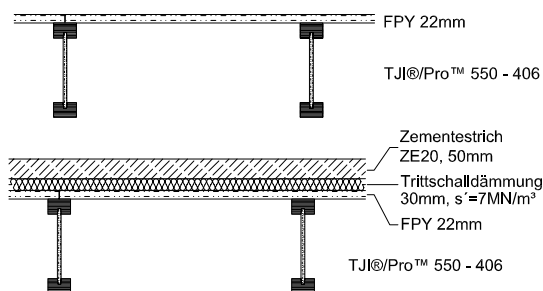


Abbildung 1: Holzdeckenaufbauten auf Basis eines Holzstegträgersystems; oben: Rohdecke, unten: Decke mit Estrichaufbau

Ziel

Als Grundlage für die Entwicklung schwingungsreduzierender Maßnahmen soll das Eigenschwingungsverhalten einer Holzstegträgerdecke sowohl messtechnisch als auch mittels FEM-Simulation im Programm ANSYS®-Classic 9.0 ermittelt werden.

Der Vergleich von Mess- und Simulationsergebnissen ermöglicht die Ableitung eines zuverlässigen FEM-Modells der Prüfdecke. Durch entsprechende Modellanpassung soll dann auch für Decken mit anderen Abmessungen und

Einbausituationen eine Berechnung des Eigenschwingungsverhaltens möglich sein. Zuletzt sollen Werkzeuge für die Bemessung schwingungsreduzierender Maßnahmen in der Planungsphase entwickelt werden.

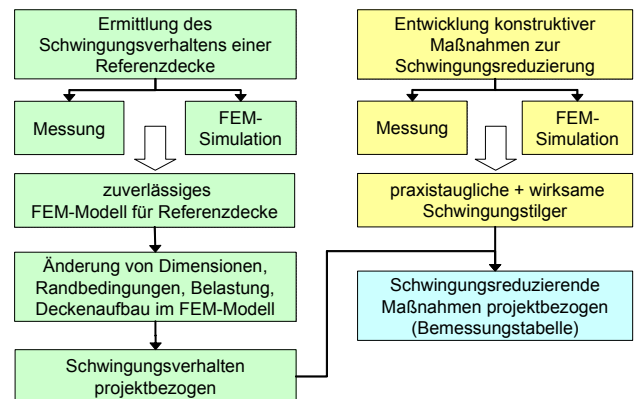


Abbildung 2: Zielsetzung: Über die Analyse einer Prüfdecke zu projektbezogenen Bemessungsvorschlägen für schwingungsreduzierende Maßnahmen an Holzdecken

Vorgehensweise

Den ersten Schritt bildet die detaillierte messtechnische Ermittlung des Eigenschwingungsverhaltens sowohl der Rohdecke als auch der Decke mit Estrichaufbau. Ermittelt werden charakteristische Eigenformen der Konstruktion mit Auslenkung vor allem in vertikaler Richtung (\perp Deckenebene) und die zugehörigen Eigenfrequenzen.

Im zweiten Schritt wird im Programm ANSYS® ein FEM-Modell der Prüfdecke erstellt. Dazu werden zunächst Elementkombination, Stoßstellenausbildung, Randbedingungen sowie Materialmodelle und -parameter festgelegt, und in einem FEM-Referenzmodell zusammengefasst. Darauf aufbauend werden sinnvolle Variationen am FEM-Modell vorgenommen, um deren Einfluss abzuschätzen und die Empfindlichkeit des FEM-Modells gegenüber ungenauer Eingabeparameter oder Ungenauigkeiten bei der Modellierung zu untersuchen. Als Vergleichsgrundlage dienen jeweils die Formen und Frequenzen der im ersten Schritt messtechnisch ermittelten Eigenschwingungen der Prüfdecke.

Messung

Die messtechnische Modalanalyse erfolgt bei Anregung mit einem durchstimmbaren Schwingererger mit definierter Krafteinleitung im Frequenzbereich von 10 – 72 Hz [2]. Das Beschleunigungssignal wird an je 221 Positionen auf der Deckenober- und Unterseite (Raster ca. 30 x 30 cm) abgenommen. Für die Auswertung stehen die

Frequenzverläufe der Beschleunigung einzelner Messpositionen und frequenzabhängige Kontur- bzw. 3D-Darstellungen der Beschleunigungsverteilung über die Deckenfläche zur Verfügung. Die charakteristischen Eigenschwingungen des Systems mit vorwiegend vertikaler Auslenkung werden so ermittelt und für die Vergleiche mit den Simulationsergebnissen aufbereitet.

Modellbildung und Variationen

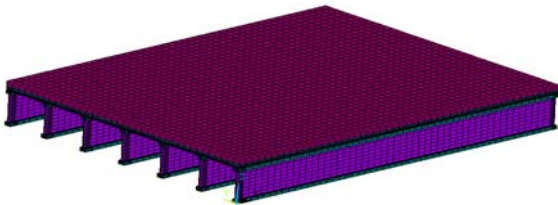


Abbildung 3: FEM-Referenzmodell der Holzstegträgerdecke

Das FEM-Referenzmodell bildet die Prüfdecke unter folgenden Annahmen bzw. Vereinfachungen ab:

- Holz und Holzwerkstoffe werden aufgrund ihrer richtungsabhängigen Materialeigenschaften im elastisch-orthotropen Materialmodell abgebildet
- Feste Lagerung an allen Trägerenden: Unterdrückung der Translationsfreiheitsgrade UX, UY und UZ an den Schraubenknoten
- Starre und vollflächige Verbindung zwischen Obergurt und Beplankung
- Beplankung ohne Stöße (Vernachlässigung der Elementierung)

Am FEM-Referenzmodell werden unterschiedliche Variationen vorgenommen und einzeln untersucht:

- Kombination der verwendeten ANSYS®-Elemente
- Netzdichte im Bereich des Steges und der Trittschalldämmung
- Randbedingungen (Auflagerausbildung)
- Ausbildung der Verbindung zwischen Obergurt und Beplankung
- Berücksichtigung der Elementierung der Rohdeckenbeplankung
- Materialparameter (Steifigkeitskennzahlen und Querdehnverhalten)

Ergebnisse

Allgemeine Erkenntnisse

Die in der Messung erfassten Eigenformen der Konstruktion werden durch die Modelle von Rohdecke und Decke mit Estrichaufbau gut abgebildet. Das Referenzmodell der Rohdecke liefert aber vor allem bei den niedrigen Moden zu ungenaue Werte für die Eigenfrequenzen.

Die Eigenfrequenzen des Rohdeckenmodells können durch das Variieren verschiedener Parameter in den bisherigen Versuchen bis auf 3Hz an die Messwerte angepasst werden. Genauere Untersuchungen sollten aber noch abklären, welche Bedingungen die beste Übereinstimmung zwischen Messung und Simulation bringen. Dazu sind vor allem Versuche an Systemen mit genau definierten

Auflagerbedingungen anzustellen und mit denen der Prüfdecke zu vergleichen. Die Eigenfrequenzen der Decke mit Estrich werden durch die erstellten Modelle ausreichend gut getroffen. Das Modell der Rohdecke reagiert allgemein sensibler auf die Variation von Auflagerausbildung, Stoßstellenmodellierung und Steifigkeitskennzahlen als dies bei dem Modell der Decke mit Estrich der Fall ist.

Auswirkung der Variationen

Sowohl bei der Rohdecke als auch bei der Decke mit Estrich hat die Ausbildung der horizontalen Lagerung vor allem bei den niedrigen Moden deutlichen Einfluss auf die Lage der Eigenfrequenzen. Die Wegnahme der horizontalen Lagerung der Träger führt zu signifikant geringeren Eigenfrequenzen. Einen deutlichen, wenn auch geringeren Einfluss als die Lagerung der Konstruktion hat die Ausbildung der Verbindung zwischen Trägerobergurt und Beplankung. Eine deutlich weichere Variante mit reduzierter Verbindungsbreite führt insbesondere bei den höheren Moden zu geringeren Eigenfrequenzen. Die Empfindlichkeit der FEM-Berechnung gegenüber Ungenauigkeit und Schwankung der Materialparameter ist sehr gering (Eigenfrequenzänderungen unter 5% bei den um 25% deutlich reduzierten Steifigkeitskennzahlen). Auch hier ist das Modell der Rohdecke im Vergleich zum Modell der Decke mit Estrich deutlich empfindlicher.

Zusammenfassung

Das FEM-Modell soll die Entwicklung von schwingungsreduzierenden Maßnahmen für Holzdecken unterstützen. Das in dieser Arbeit entwickelte FEM-Modell der Prüfdecke kann die Basis für die Auslegung derartiger Schwingungstilger darstellen. Parallel zu Messungen und Simulationen an dem Prüfobjekt sollte aber die Belastbarkeit des FEM-Modells an Decken mit anderen Dimensionen, Auflagerbedingungen und Belastungssituationen untersucht werden.

Literatur

- [1] DIN 1052 Holzbauwerke, Ausgabe 2004-08
- [2] U. Schanda, K. Rogge, P. Meistring; Prototyp eines Schwingerregers für tieffrequente Schwingungen von Holzdecken; Tagungsband DAGA '05
- [3] ANSYS®-Hilfe, ANSYS®-Classic Version 9.0
- [4] A. Amorth, Modellierung und experimentelle Überprüfung des Schwingungsverhaltens einer Brettsperrholzdecke, FH Rosenheim 2005, Diplomarbeit SG Holzbau und Ausbau
- [5] P. Meistring, Modalanalyse einer Holzstegträgerdecke, FH Rosenheim 2005, Projektarbeit SG Master of Engineering
- [6] P. Meistring, FEM-Simulation des Schwingungsverhaltens einer Holzstegträgerdecke, FH Rosenheim 2005, Masterarbeit SG Master of Engineering