

Fallstudie zum Einfluss örtlich variierter Plattendicke auf das Schwingungsverhalten

Janah Dankar^{1,2}, Steffen Marburg¹, Hans-Jürgen Hardtke¹

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Festkörpermechanik, 01062 Dresden, Deutschland
Email: dankar@ifkm.mw.tu-dresden.de

² Lebanese National Council for Scientific Research, 11-8281 Beirut, Lebanon

Einleitung

Parameter technischer Strukturen unterliegen immer gewissen Unsicherheiten. Diese Unsicherheiten wirken sich in unterschiedlichem Maße auf das Schwingungsverhalten aus. Beispiele beeinflusster Größen sind Eigenfrequenzen oder die abgestrahlte Schallleistung. Es ist unser Ziel zu untersuchen, inwiefern sich eine lokal variable Plattendicke auf das Schwingungsverhalten auswirkt. Dazu werden Algorithmen der probabilistischen (z.B. Monte-Carlo-Simulation) und der possibilistischen (z.B. Fuzzy FEM) mit einer kompletten Analyse des Designraumes verglichen. Als Modell dient eine Rechteckplatte, deren Dicke an neun Punkten vorgegeben ist. Zwischen diesen neun Punkten wird sie durch eine kontinuierliche Funktion interpoliert.

Problemstellung

Die Simulation realer Probleme bedient sich mathematischer Modelle. Diese Modelle enthalten variable Parameter, die wiederum gewissen Unsicherheiten unterliegen. In jüngerer Zeit wurden diverse Versuche unternommen, solche Unsicherheiten zu berücksichtigen und um abzuschätzen zu können, inwiefern sich diese auf bestimmte Zielgrößen auswirken.

Um die Zusammenhänge zwischen unsicheren Variablen und Zielgrößen besser verstehen zu können, bedient sich diese Arbeit in erster Linie einer possibilistischen Methode, der Fuzzy FEM. Als Beispiel verwenden wir eine Rechteckplatte vorausgesetzt, deren Dicke an neun Punkten vorgegeben ist. Diese Dicke wird innerhalb einer bestimmten Toleranz variiert. In der Praxis resultieren aus dem Umformprozess häufig leicht variable Blechdicken, die in jedem Falle allerdings örtlich korreliert auftreten. Um dieser Beobachtung Rechnung zu tragen, wird im Rahmen dieser Studie mittels Spline-Interpolation eine kontinuierliche Verteilung der Dicke realisiert und die Dicke punktuell an neun Stützstellen festgelegt.

Hierin wird untersucht, wie einerseits die ersten fünf Eigenfrequenzen und andererseits eine über einen festgelegten Frequenzbereich mittlere abgestrahlte Schallleistung durch die variable Dicke beeinflusst wird.

Fuzzy FEM

Basierend auf Arbeiten von Hanss, vgl. z.B. [1], kennt man in der Literatur Transformationsmethoden, um Elemente der sogenannten Fuzzy-Logik in der Analyse zu verwenden. Insbesondere werden dabei die Verfahren der allgemeinen und der reduzierten Transformationsmethode angewandt.

In dieser Arbeit kommt die so genannte reduzierte Transformationsmethode zur Anwendung. Mit ihr werden nur die Ecken von Hyperquadranten auf unterschiedlichen

Alphaniveaus (der englische Sprachgebrauch kennt in diesem Zusammenhang die alpha-cuts bzw. alpha-levels) berücksichtigt.

Fuzzy-Modell der Platte

Die reduzierte Transformationsmethode wird hierin exemplarisch an einer quadratischen Stahlplatte mit einer Seitenlänge von 1.0m getestet. Die Dicke wird an 9 Punkten vorgegeben, vgl. Abb. 1 (links).

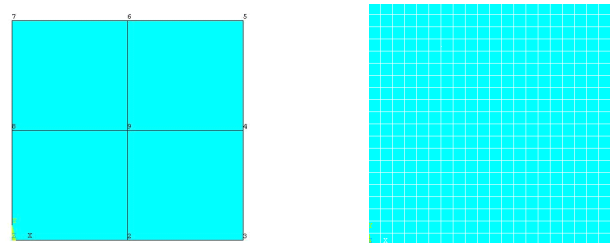


Abb. 1: Platte, Geometriemodell (links), FE-Modell (rechts)

Es sei angenommen, dass die Dicke in dem (verhältnismäßig großen) Bereich von 0.5 mm bis 2 mm schwankt. Die beispielhafte Zugehörigkeitsfunktion für jede dieser neun Dicken zeigt Abb. 2.

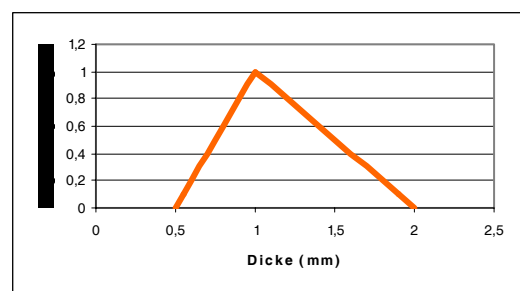


Abb. 2: Zugehörigkeitsfunktion der Dicke

Um zu untersuchen, wie Schwankungen in der Dicke sich auf das Schwingungsverhalten auswirken, wurden eine Modalanalyse und eine harmonische Analyse durchgeführt. Bei der Modalanalyse untersuchen wir den Zusammenhang zwischen den lokal variablen Plattendicken und den Eigenfrequenzen. Aus der harmonischen Analyse kann man den Einfluss der variablen Dicken auf die abgestrahlte Schallleistung abschätzen.

Ergebnisse

Abb. 3 zeigt die erhaltenen Zugehörigkeitsfunktionen der ersten 5 Eigenfrequenzen. Dabei findet man deutlich, dass den (nahezu) linearen Zusammenhang zwischen Dicke und

Eigenfrequenzen wieder. Dies entspricht auch der Erwartung, denn der bei konstanter Dicke über der gesamten Platte steigen die Eigenfrequenzen linear mit der Dicke, Abb. 4.

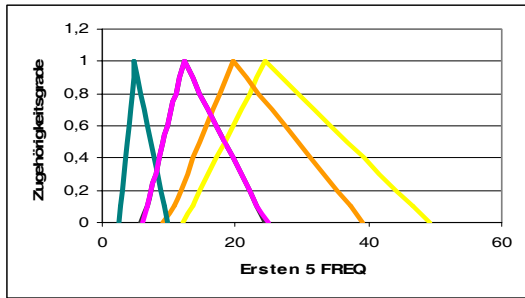


Abb. 3: Zugehörigkeitsfunktion der Eigenfrequenzen

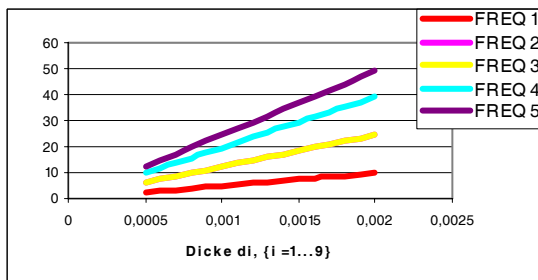


Abb. 4: Eigenfrequenzen bei örtlich konstanter Dicke

Die harmonische Analyse wird im Intervall bis 100 Hertz mit einer Frequenzschrittweite von 0,25 Hz durchgeführt. Abb. 5 stellt für den Schalleistungspegel L_p die Verläufe für den maximalen, den minimalen und den mittleren Wert dar.

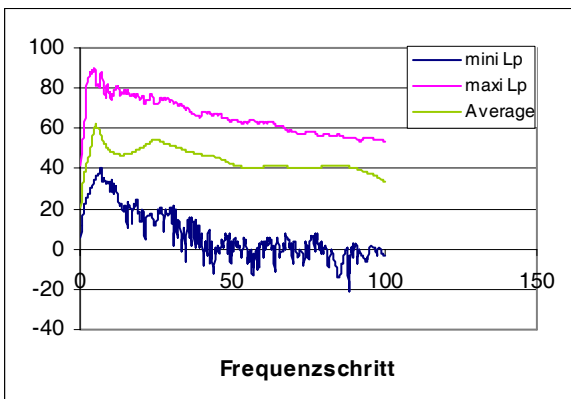


Abb. 5: Darstellung des Schalleistungspegel

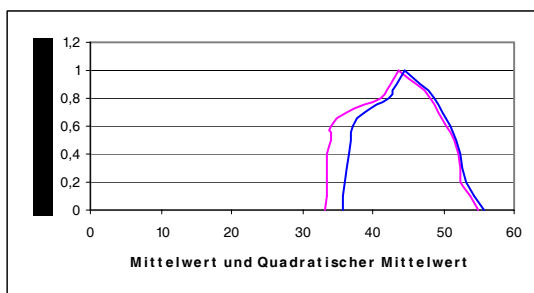


Abbildung 6: Designraumsvariation der Dicken

In Abb. 6 findet man die Zugehörigkeitsfunktionen des einfachen und des quadratischen Mittelwertes. Hier wird nun deutlich das der Zusammenhang zwischen den beiden Mittelwerten und der Dicke nichtlinear ist.

Für Abb. 7 wurde das Auftreten dieser Mittelwerte in den insgesamt durchgeführten 5121 Analysen dargestellt. Ob man daraus relevante Erkenntnisse ableiten kann, muss diese Arbeit schuldig bleiben. Hierfür sind probabilistische Ansätze geplant.

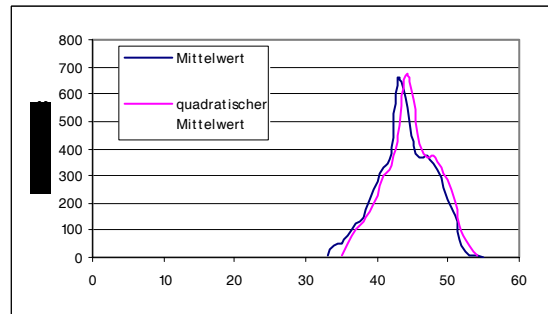


Abb. 7: Häufigkeit der Mittelwerte

Zusammenfassung

Aus einer linearen Zugehörigkeitsfunktion der Dicke erhält man eine nahezu lineare Zugehörigkeitsfunktion für die Eigenfrequenzen. Deutlich nichtlineare Zugehörigkeitsgrade ergeben sich für die gemittelten Schalleistungspegel. Diese Ergebnisse bestätigen zunächst die größere Komplexität der harmonischen Analyse gegenüber der Modalanalyse.

Literatur

- [1] Hanss, M., "Simulation and analysis of fuzzy-parameterized models with the extended transformation method" NAFIPS' 2003 (22nd intern. Conf. of the North Am. Fuzzy Inf. Proc. Society), Chicago IL, 2003, pp. 474-479
- [2] Bothe, H.-H., „Fuzzy Logik: Einführung in Theorie und Anwendungen“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995
- [3] Böhme, G., „Fuzzy Logik: Einführung in die algebraischen und logischen Grundlagen“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1993
- [4] Moens, D., De Gerssem, H., Desmet, W., Vandepitte, D., "An overview of novel non-probabilistic approaches for non-deterministic dynamic analysis", Proc. of ISMA 2004, Int. Conf. on Noise and Vibration Engineering, Leuven, Belgium, 2004, pp. 3095-3119
- [5] Donders, S., Vandepitte, V., Van de Peer, J., Desmet, W., "The short transformation method to predict the FRF of dynamic structures subject to uncertainty", Proc. of ISMA 2004, Int. Conf. on Noise and Vibration Engineering, Leuven, Belgium, 2004, pp. 3043-3054
- [6] Valliappan, S., Pham, T.D., "Fuzzy element analysis of a foundation on an elastic soil medium", *International journal for numerical and analytical in geomechanics*, **17**, 771-789 (1993)