

Hier steht der Titel der Arbeit

Naturwissenschaftlich - Technische Fakultät
der Universität Siegen

Art der Arbeit

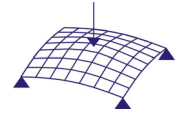
vorgelegt von

Mein Name

geboren am DD.MM.YYYY

Siegen im Monat Jahr

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Otto Normalmensch,
Dr.-Ing Max Mustermann,
Sonja Musterfrau, M.Sc.



AUFGABENSTELLUNG DER STUDIENARBEIT für Herrn Christopher Nies

im Studiengang: Bauingenieurwesen

Matrikelnummer: 1212002

Thema: **Entwicklung eines FEM-Tools zur Berechnung der Dispersionskurven von zweidimensionalen phononischen Strukturen**

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Chuanzeng Zhang,
Dr.-Ing. Benjamin Ankay, M.Sc. Marius Mellmann

In den letzten Jahrzehnten hat der Bereich der Akustik und Strukturmechanik im Ingenieurwesen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Beispielsweise muss bei der Planung von Bauwerken nicht nur die Standsicherheit hinsichtlich statischer und dynamischer Einwirkungen nachgewiesen werden, sondern auch die Bauphysik nimmt einen hohen Stellenwert ein. Dabei sind unter anderem insbesondere steigende Anforderungen in der Schallschließung in Wohngebäuden, beim Schutz vor Straßen- und Bahnverkehrslärm oder der Schutz vor Erschütterungen und Lärm infolge Baumaßnahmen zu nennen. Besonders streng sind die Grenzwerte im Bereich der Mikro- und Nanotechnologie, bei denen bereits Schwingungsamplituden von wenigen μm und sogar nm problematisch sein können.

Aufgrund dieser steigenden Anforderungen wird an der Entwicklung neuartiger Materialien und Strukturen mit herausragenden akustischen und elastodynamischen Eigenschaften geforscht. Dabei sind insbesondere die phononischen Materialien und Strukturen sehr vielversprechend, die sich durch eine periodische Anordnung von unterschiedlichen Materialien oder Geometrien auszeichnen. Diese Strukturen weisen bestimmte Frequenzbereiche auf, die in der Literatur häufig als Bandlücken oder Stop-Bänder bezeichnet werden, in denen sich akustische und elastische Wellen nicht ausbreiten können.

In dieser Arbeit soll ein numerisches Tool auf der Grundlage der finiten Elemente Methode (FEM) in MATLAB entwickelt werden, welches in der Lage und geeignet ist, die Wellenausbreitungsphänomene in zweidimensionalen (2D) phononischen Strukturen (wie beispielhaft in Abb. 1 dargestellt) zu simulieren. Insbesondere sollen die Dispersionskurven

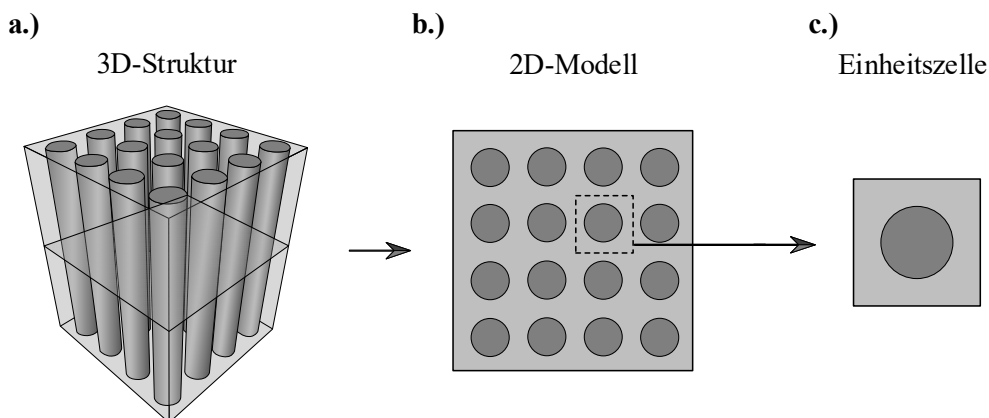


Abb. 1: Phononische Struktur: a.) 3D-Struktur mit Periodizität in zwei Richtungen. b.) Zugehöriges 2D-Modell. c.) Repräsentative Einheitszelle.

anhand einer repräsentativen Einheitszelle ermittelt werden. Darüber hinaus soll auch untersucht werden, welche Einflüsse die geometrischen und materiellen Parameter auf die elastische Wellenausbreitung in den phononischen Strukturen haben.

Im Einzelnen sollen die folgenden Punkte bearbeitet werden:

1. Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen der FEM.
2. Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen der elastischen Wellenausbreitung in phononischen Strukturen.
3. Implementierung der FEM in das Programmpaket MATLAB.
4. Berechnung der Dispersionskurven von ausgewählten 2D phononischen Strukturen und ihre Validierung mithilfe von COMSOL Multiphysics.
5. Untersuchung der Einflüsse der geometrischen und materiellen Parameter der 2D phononischen Strukturen auf die elastischen Wellenausbreitungsphänomene.

Die schriftliche Ausarbeitung hat unter Beachtung der Richtlinien für wissenschaftliches Arbeiten zu erfolgen. Außerdem ist der Bearbeitungsstand in regelmäßigen Abständen den Betreuern zu berichten.

Die Arbeit ist in zweifacher Ausfertigung einzureichen. Die benutzte Literatur ist anzugeben. Eine Erklärung, dass die Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und nur unter der Benutzung der angegebenen Literatur angefertigt worden ist, ist beizufügen.

Empfohlene Literatur:

- [1] Werkle, H.: Finite Elemente in der Baustatik. 3. Auflage, Vieweg & Sohn Verlag, 2008.
- [2] Jung, M.; Langer, U.: Methode der finiten Elemente für Ingenieure. 2. Auflage, Springer Vieweg, 2013.
- [3] Veres, I.; Berer, T.; Matsuda, O.: Complex band structures of two dimensional phononic crystals: Analysis by the finite element method. Journal of Applied Physics 114 (2019), 083519.
- [4] Khelif, A.; Adibi, A.: Phononic Crystals: Fundamentals and Applications. 1. Auflage, Springer New York, 2016.
- [5] Diaz, A.; Ma, L.: Design of band-gap grid structures. Structural and Multidisciplinary Optimization 29 (2005), 418-431.

Siegen, den 06.05.2021

Chuanzeng Zhang *B. M.*

Unterschrift der Betreuer

Inhaltsverzeichnis

1	Überschrift auf Ebene 0 (chapter)	1
1.1	Überschrift auf Ebene 1 (section)	1
1.1.1	Überschrift auf Ebene 2 (subsection)	1
1.2	Listen	2
1.2.1	Beispiel einer Liste (itemize)	2
1.2.2	Beispiel einer Liste (enumerate)	3
1.2.3	Beispiel einer Liste (description)	3

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Überschrift auf Ebene 0 (chapter)

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

1.1 Überschrift auf Ebene 1 (section)

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

1.1.1 Überschrift auf Ebene 2 (subsection)

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Überschrift auf Ebene 3 (subsubsection)

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Überschrift auf Ebene 4 (paragraph) Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

1.2 Listen

1.2.1 Beispiel einer Liste (itemize)

- Erster Listenpunkt, Stufe 1
- Zweiter Listenpunkt, Stufe 1
- Dritter Listenpunkt, Stufe 1
- Vierter Listenpunkt, Stufe 1
- Fünfter Listenpunkt, Stufe 1

Beispiel einer Liste (4*itemize)

- Erster Listenpunkt, Stufe 1
 - Erster Listenpunkt, Stufe 2
 - * Erster Listenpunkt, Stufe 3
 - Erster Listenpunkt, Stufe 4

- Zweiter Listenpunkt, Stufe 4
- * Zweiter Listenpunkt, Stufe 3
- Zweiter Listenpunkt, Stufe 2
- Zweiter Listenpunkt, Stufe 1

1.2.2 Beispiel einer Liste (enumerate)

1. Erster Listenpunkt, Stufe 1
2. Zweiter Listenpunkt, Stufe 1
3. Dritter Listenpunkt, Stufe 1
4. Vierter Listenpunkt, Stufe 1
5. Fünfter Listenpunkt, Stufe 1

Beispiel einer Liste (4*enumerate)

1. Erster Listenpunkt, Stufe 1
 - a) Erster Listenpunkt, Stufe 2
 - i. Erster Listenpunkt, Stufe 3
 - A. Erster Listenpunkt, Stufe 4
 - B. Zweiter Listenpunkt, Stufe 4
 - ii. Zweiter Listenpunkt, Stufe 3
 - b) Zweiter Listenpunkt, Stufe 2
2. Zweiter Listenpunkt, Stufe 1

1.2.3 Beispiel einer Liste (description)

Erster Listenpunkt, Stufe 1

Zweiter Listenpunkt, Stufe 1

Dritter Listenpunkt, Stufe 1

Vierter Listenpunkt, Stufe 1

Fünfter Listenpunkt, Stufe 1

Beispiel einer Liste (4*description)

Erster Listenpunkt, Stufe 1

Erster Listenpunkt, Stufe 2

Erster Listenpunkt, Stufe 3

Erster Listenpunkt, Stufe 4

Zweiter Listenpunkt, Stufe 4

Zweiter Listenpunkt, Stufe 3

Zweiter Listenpunkt, Stufe 2

Zweiter Listenpunkt, Stufe 1

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich, dass die Arbeit selbstständig angefertigt wurde und keine anderen als die angegebenen und bei Zitaten kenntlich gemachten Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden.

Siegen, den 16. Mai 2022

Max Mustermann