

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra, Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck

# Ergebnis Förderphase 1: Module des Studiengangs Master Online Akustik



**PUBLIKATION DER BILDUNGSALLIANZ MINT.ONLINE:  
UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSITÄT KASSEL, UNIVERSITÄT STUTTGART, FERNUNIVERSITÄT IN  
HAGEN, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, FORWIND, NEXT ENERGY**

Gefördert von:



# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

### 1. Modul „Ingenieurakustik“

- 1.1. Modulhandbuch
- 1.2. Gliederungen
- 1.3. Leseproben

### 2. Modul „Akustische Beurteilungsmethoden“

- 2.1. Modulhandbuch
- 2.2. Gliederungen
- 2.3. Leseproben

### 3. Modul „Fahrzeug- und Verkehrslärm“

- 3.1. Modulhandbuch
- 3.2. Gliederungen
- 3.3. Leseproben

### 4. Modul „Numerische Akustik“

- 4.1. Modulhandbuch
- 4.2. Gliederungen
- 4.3. Leseproben

### 5. Modul „Lärminderung“

- 5.1. Modulhandbuch
- 5.2. Gliederungen
- 5.3. Leseproben

Gefördert von:



## Vorwort

Das Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und des Europäischen Sozialfonds (ESF) im Rahmen des Programms „Aufstieg durch Bildung: Offene Hochschulen“ geförderten Verbundprojektes „mint.online“ ist die Entwicklung berufsbegleitender Premium-Studienangebote. Das Teilprojekt „Aufbau des berufsbegleitenden Studiengangs Master Online Akustik“ wird vom Lehrstuhl für Bauphysik der Universität Stuttgart koordiniert. Sechs Institute und Lehrstühle der Universität Stuttgart sowie das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP und das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart FKFS bringen ihre Fachkompetenz in den neu zu konzipierenden Masterstudiengang ein. In der ersten Förderphase wurden die ersten Lehrveranstaltungen konzipiert und umgesetzt. Die Ergebnisse werden im Folgenden modulweise mit einem Überblick über die Umsetzung und das Konzept der Lehrveranstaltungen dargestellt. Dazu werden auch die Modulbeschreibung, die Gliederung und ein Verweis auf die online verfügbaren Leseproben zur Verfügung gestellt.

Gefördert von:



Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra, Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck

# Modul

## Ingenieurakustik



**PUBLIKATION DER BILDUNGSALLIANZ MINT.ONLINE:  
UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSITÄT KASSEL, UNIVERSITÄT STUTT GART, FERNUNIVERSITÄT IN  
HAGEN, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, FORWIND, NEXT ENERGY**

Gefördert von:



## Einführung

Das Modul „Ingenieurakustik“ besteht aus den Lehrveranstaltungen „Technische Akustik“ und „Technische Schwingungslehre“. Es wird voraussichtlich ab dem Wintersemester 2016/17 angeboten. Im Rahmen der ersten Förderphase wurde die Lehrveranstaltung „Technische Schwingungslehre“ konzipiert und umgesetzt. Die aufbereiteten Inhalte befinden sich auf der Lernplattform Ilias und werden in der zweiten Förderphase optimiert. Die Umsetzung der Lehrveranstaltung „Technische Akustik“ erfolgt in der zweiten Förderphase.

Das didaktische Konzept zur Lehrveranstaltung „Technische Schwingungslehre“ beinhaltet außer dem Onlinelernmodul auch Übungen und aufbereitete Vorlesungsaufzeichnungen. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Rechenaufgaben mit beigefügter Musterlösung zu verstehen. Die Vorlesungsaufzeichnungen sind in sich thematisch abgeschlossene und aufbereitete Vorlesungsmitschnitte.

In der Präsenzphase, der KickOff-Veranstaltung, erfolgt die Einführung in die Lehrveranstaltung „Technische Schwingungslehre“ in Form einer Vorlesung. Am Zwischenworkshop, während der zweiten Präsenzveranstaltung in der Mitte des Semesters, bespricht der Lehrende Übungen mit den Studierenden und steht für deren Fragen zur Verfügung.

Nachfolgend sind die Modulbeschreibung, die Gliederung und der Verweis auf die online verfügbare Leseprobe der Lehrveranstaltung „Technische Schwingungslehre“ dargestellt.

Gefördert von:



## 1.1 Modulhandbuch

<b>MODUL 1: <i>Ingenieurakustik</i></b>		<b>STAND: 01.12.2014</b>
1	Modulname (Deutsch)	<i>Ingenieurakustik</i>
	Modulname (Englisch)	<i>Acoustical Engineering</i>
2	Modulkürzel	020800001
3	Leistungspunkte (LP)	6
4	Semesterwochenstunden (SWS)	4
5	Moduldauer (Anzahl der Semester)	1
6	Turnus	<i>Jedes 2. Semester; WiSe</i>
7	Sprache	<i>deutsch</i>
8	Modulverantwortliche(r)	<p><i>Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner</i>  <i>Lehrstuhl für Bauphysik</i>  <i>+49 711/ 685-66578</i>  <i>Philip.leistner@lbp.uni-stuttgart.de</i></p> <p>Vertretung:  <i>apl. Prof. Dr.-Ing. Michael Hanss</i>  <i>Institut für Technische und Numerische Mechanik</i>  <i>+49 711 685-66273</i>  <i>michael.hanss@itm.uni-stuttgart.de</i></p>
9	Dozenten	<i>apl. Prof. Dr.-Ing. Michael Hanss,</i> <i>Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner</i>
10	Verwendbarkeit/Zuordnung zum Curriculum	<i>Master Online Akustik</i> <i>Pflichtmodul 1. Semester</i>
11	Voraussetzungen	<i>Kenntnisse in Höherer Mathematik</i>
12	Lernziele	<i>Die Studierenden sind in der Lage die Grundlagen von linearen (freien und erzwungenen) Schwingungen mit einem und mehreren Freiheitsgraden sowie die Grundlagen von linearen Schwingungen von Kontinua anzuwenden. Die Studierenden beherrschen ferner die mathematischen Methoden der Beschreibung von linearen Schwingungssystemen und können die Schwingungsbeanspruchung von einfachen mechanischen Anordnungen und Strukturen berechnen. Entwurf für Technische Akustik: Die Studierenden beherrschen die Grundlagen zur Berechnung von Schallfeldern, insbesondere auch an Oberflächen und in Hohlräumen. Ferner sind die Studierenden in der Lage die Methoden und Mittel zur Beeinflussung (Dämpfung, Dämmung) von generischen und technischen Schallquellen anzuwenden.</i>
13	Inhalt	<p><i>Die Lehrveranstaltung „Technische Schwingungslehre“ vermittelt die Grundlagen der linearen Schwingungslehre in folgender Gliederung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>– Grundbegriffe und Darstellungsformen</i></li> <li><i>– Lineare Schwingungen mit einem Freiheitsgrad: konservative und gedämpfte Eigenschwingungen, erzwungene Schwingungen mit Beispielen</i></li> <li><i>– Lineare Schwingungen mit endlich vielen Freiheitsgraden: Eigenschwingungen und erzwungene Schwingungen mit harmonischer Erregung</i></li> <li><i>– Schwingungen kontinuierlicher Systeme.</i></li> </ul> <p><i>Die Lehrveranstaltung „Technische Akustik“ behandelt voraussichtlich folgende</i></p>

Gefördert von:



		<p><i>Inhalte:</i></p> <p><i>Schallfeldgrößen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlegende Größen (Luft- und Körperschall), Pegel, komplexe und spektrale Darstellung</li> </ul> <p><i>Schallquellen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundtypen, Abstrahlung, Wellenarten, strömungsinduzierte Schallquellen</li> </ul> <p><i>Schallfelder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schallreflexion, -absorption und -beugung, Kanal- und Raumakustik, Schalldämpfung und -dämmung</li> </ul> <p><i>Beeinflussung von Schallfeldern:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schallabsorber, Schalldämpfer, schalldämmende Elemente, aktive Systeme</li> </ul> <p><i>Technische Geräuschquellen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kenngrößen und ihre Bestimmung, Typen und Bauformen, Wege zur Geräuschminderung</li> </ul> <p><i>Akustische Behandlung technischer Systeme:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Methodik, Normen und Grenzwerte, Beispiele</li> </ul>
14	Literatur/Lernmaterialien	<p>Vorlesungsskripte, Vorlesungsaufzeichnungen</p> <p><i>Weiterführende Literatur:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K. Magnus, K. Popp: „Schwingungen“, 7. Aufl., Teubner, Stuttgart, 2005.</li> <li>• Müller, G., Möser, M: Taschenbuch der technischen Akustik. Springer Verlag, Berlin (2004)</li> <li>• Cremer, L., Heckl, M.: Körperschall - Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen. Springer Verlag, Berlin (2007)</li> <li>• Hansen, C.H., Snyder, S.D.: Active Control of Noise and Vibration. E &amp; FN Spon, London (1997)</li> <li>• Fastl, H., Zwicker, E.: Psychoacoustics - Facts and Models. Springer Verlag, Berlin (2007)</li> <li>• Blauert, J., Xiang, N.: Acoustics for Engineers. Springer Verlag, Berlin (2009)</li> </ul>
15	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<p>Technische Schwingungslehre, Vorlesung, 2,0 SWS</p> <p>Technische Akustik, Vorlesung, 2,0 SWS</p>
	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<p>Mechanical Vibrations, lecture, 2,0 SWS</p> <p>Technical Acoustics, lecture, 2,0 SWS</p>
16	Abschätzung des Arbeitsaufwands	<p>Technische Schwingungslehre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit in Stunden: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</li> </ul> <p>Technische Akustik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit in Stunden: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</li> </ul>
17a	Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	keine
	Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	no
	Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	keine
	Studienleistungen (benotet) (Englisch)	no
17b	Prüfungsleistungen (Deutsch)	<p>Schriftliche Klausur (60 Minuten) zur Vorlesung „Technische Schwingungslehre“</p> <p>Schriftliche Klausur (60 Minuten) zur Vorlesung „Technische Akustik“</p> <p>Gewichtungsfaktor je 50%</p>
	Prüfungsleistungen (Englisch)	<p>Written examination (60 minutes) of lecture „Mechanical Vibrations“</p> <p>Written examination (60 minutes) of lecture „Technical Acoustics“</p> <p>Weighting factor: each with 50%</p>
18	Grundlage für...	Alle nachfolgenden Module des „Master Online Akustik“
19	Medienform	Beamer, Tafel

Gefördert von:





## 1.2 Gliederungen

### 1.2.1 Technische Schwingungslehre

Lernmodul 1: Einleitung, Grundbegriffe und Darstellungsformen

1. Einleitung
2. Grundbegriffe und Darstellungsformen
  - 2.1. Periodische Schwingungen
  - 2.2. Harmonische Schwingungen
  - 2.3. Phasenkurven und Phasenportrait

Lernmodul 2: Lineare Schwingungen mit einem Freiheitsgrad

3. Lineare Schwingungen mit einem Freiheitsgrad
  - 3.1. Ungedämpfte Eigenschwingungen
  - 3.2. Gedämpfte Schwingungen

Lernmodul 3: Erzwungene Schwingungen

- 3.3. Erzwungene Schwingungen

Lernmodul 4: Lineare Schwingungen mit endlich vielen Freiheitsgraden  
(Koppelschwinger)

4. Lineare Schwingungen mit endlich vielen Freiheitsgraden (Koppelschwinger)
  - 4.1. Beispiele für Schwinger mit mehreren Freiheitsgraden
  - 4.2. Formen von Bewegungsgleichungen
  - 4.3. Freie Schwingungen – Eigenlösungen

Lernmodul 5: Erzwungene Schwingungen

- 4.4. Erzwungene Schwingungen

Lernmodul 6: Schwingungen kontinuierlicher Systeme

5. Schwingungen kontinuierlicher Systeme
  - 5.1. Ungedämpfte Schwingungen – Klassische Fälle
  - 5.2. Biegeschwingungen von Balken
  - 5.3. Experimentelle Modalanalyse

Gefördert von:





## 1.2.2 Technische Akustik

Entwicklung in der Förderphase 2

Gefördert von:



## 1.3 Leseproben

### 1.3.1 Technische Schwingungslehre

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787814.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787814.html)

### 1.3.2 Technische Akustik

Entwicklung in der Förderphase 2

Gefördert von:



Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra, Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck

# Modul

## Akustische Beurteilungsmethoden



**PUBLIKATION DER BILDUNGSALLIANZ MINT.ONLINE:  
UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSITÄT KASSEL, UNIVERSITÄT STUTTGART, FERNUNIVERSITÄT IN  
HAGEN, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, FORWIND, NEXT ENERGY**

Gefördert von:



## Einführung

Das Modul „Akustische Beurteilungsmethoden“ besteht aus den Lehrveranstaltungen „Akustische Messmethoden“ und „Psychoakustik“. Es wird voraussichtlich ab dem Wintersemester 2016/17 angeboten. Beide Lehrveranstaltungen wurden im Rahmen der ersten Förderphase konzipiert und umgesetzt. Die Inhalte befinden sich auf der Lernplattform Ilias und werden in der zweiten Förderphase optimiert.

Das didaktische Konzept zur Lehrveranstaltung „Akustische Messmethoden“ beinhaltet neben dem Onlinelernmodul auch Übungen und Lehrfilme. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Aufgaben mit beigefügter Musterlösung zu verstehen. Die Lehrfilme erläutern die im Onlinelernmodul behandelten akustischen Messmethoden. Die Lehrveranstaltung „Psychoakustik“ beinhaltet neben dem Onlinelernmodul vorlesungsunterstützendes Filmmaterial.

In der ersten Präsenzphase, der KickOff-Veranstaltung, erfolgt die Einführung in die Themen der beiden Lehrveranstaltungen in Form von Vorlesungen. Während der zweiten Präsenzphase, des Zwischenworkshops in der Mitte des Semesters, sind die Studierenden in den Laborräumen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP und führen dort im Rahmen der Lehrveranstaltung „Akustische Messmethoden“ praktische Messungen durch. Die Vorbereitung darauf erfolgt während der vorausgehenden Onlinephase, die Auswertung in der darauffolgenden. Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Psychoakustik“ fährt der Lehrende mit dem Thema in Form einer Vorlesung fort und steht den Studierenden für Fragen zur Verfügung. Außerdem ist am Tag der praktischen Messungen (siehe „Akustische Messmethoden“) ein Versuch im HIPIE-Labor angedacht.

Nachfolgend sind die Modulbeschreibung, die Gliederungen und die Verweise auf die online verfügbaren Leseproben der Lehrveranstaltungen „Akustische Messmethoden“ und „Psychoakustik“ dargestellt.

Gefördert von:



## 2.1 Modulhandbuch

<b>MODUL 3: Akustische Beurteilungsmethoden</b>		<b>STAND: 01.12.2014</b>
1	Modulname (Deutsch)	<i>Akustische Beurteilungsmethoden</i>
	Modulname (Englisch)	<i>Acoustical Evaluation Methods</i>
2	Modulkürzel	020800003
3	Leistungspunkte (LP)	6
4	Semesterwochenstunden (SWS)	4
5	Moduldauer (Anzahl der Semester)	2
6	Turnus	<i>Jedes 2. Semester; Beginn jeweils WiSe</i>
7	Sprache	<i>deutsch</i>
8	Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner Lehrstuhl für Bauphysik +49 711/ 685-66578 Philip.leistner@lbp.uni-stuttgart.de</i>
9	Dozenten	<i>Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner Dr. phil. Andreas Liebl</i>
10	Verwendbarkeit/Zuordnung zum Curriculum	<i>„Master Online Akustik“, Pflichtmodul 1.+2. Semester</i>
11	Voraussetzungen	<i>Grundkenntnisse in höherer Mathematik und Elektrotechnik</i>
12	Lernziele	<i>Auf der Grundlage bekannter Elemente und Verfahren der akustischen Messtechnik können die Studierenden geeignete Methoden und -systeme für konkrete Messaufgaben auswählen, einsetzen und die Ergebnisse beurteilen. Sie verfügen über fundierte Kenntnisse zur Signalanalyse und können Einflüsse auf die Genauigkeit der Messergebnisse beurteilen. Die Studierenden können Geräusche und Schallereignisse bezüglich ihrer Wahrnehmung und Wirkung interpretieren. Sie können Schallwirkungen und Beurteilungsgrößen erläutern und beherrschen die wichtigsten Bewertungsmethoden. Zugleich können sie grundlegende psychoakustische Versuchs- und Gestaltungsregeln anwenden.</i>
13	Inhalt	<p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Akustische Messmethoden“:</i></p> <p><i>Messung und Analyse von Schallfeldern, Sensoren und Aktoren:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Mikrofon, Lautsprecher (Funktion, Bauformen, Richtcharakteristik)</i></li> <li>- <i>Messung von Druck und Schnelle</i></li> <li>- <i>Körperschallsensoren</i></li> </ul> <p><i>Signalverarbeitung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Verstärkung, Filterung, Pegelbildung</i></li> <li>- <i>Zeit- und Frequenzanalyse (Verfahren, Abtasttheorem)</i></li> <li>- <i>Amplituden- und Phasenspektrum</i></li> <li>- <i>Autokorrelation, Kreuzkorrelation</i></li> <li>- <i>Kohärenz</i></li> <li>- <i>Transiente und stationäre Signale</i></li> </ul> <p><i>Bestimmung der Schalleistung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Hallraumverfahren (Raum, Methode)</i></li> <li>- <i>Hüllflächenverfahren (Räume, Methoden)</i></li> <li>- <i>Intensitätsverfahren</i></li> </ul> <p><i>Mikrofonarrays:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Nahfeld-Holographie (Grundprinzip, Anwendung, Grenzen)</i></li> </ul>

Gefördert von:



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Beamforming (Vergleich zu Richtmikrofonen)</i></li> </ul> <p><i>Schallmessung in Strömungen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Methoden und Sensoren, Anwendung und Grenzen (inkl. Messung an Schalldämpfern)</i></li> </ul> <p><i>Andere Methoden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Kunstkopf-Messtechnik (binaural)</i></li> <li>- <i>Modellmesstechnik</i></li> </ul> <p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Psychoakustik“:</i></p> <p><i>Wahrnehmung und Wirkung von Schall, Begriffe und Größen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Reizgrößen (Schalldruck, Frequenz, Dauer, Modulation usw.)</i></li> <li>- <i>Empfindungsgrößen (Lautstärke, Lautheit, Tonhöhe, Schärfe, Rauigkeit usw.)</i></li> <li>- <i>Ruhe- und Mithörschwellen (Verdeckung)</i></li> </ul> <p><i>Bewertung von Schall:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>A-, B-, C-Bewertung</i></li> <li>- <i>Temporale, spektrale Unterscheidung von Schallereignissen (fluktuierende und intermittierende Schalle)</i></li> <li>- <i>Tonalität</i></li> </ul> <p><i>Schallwirkungen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Aurale Wirkungen (akute und chronische Hörschäden, Tinnitus, Störung und Belästigung, Beeinflussung der Kommunikation, Informationsgehalt von Geräuschen, Assoziation, Wiedererkennung)</i></li> <li>- <i>Einfluss von zeitlichem und räumlichem Kontext</i></li> <li>- <i>Extra-aurale Wirkungen (vegetative Reaktionen, Lärm als Risikofaktor, psychosoziale Wirkung, Schlafstörungen, akustische Behaglichkeit)</i></li> </ul> <p><i>Psychoakustische Methoden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Sound Design (Zielbestimmung, z.B. semantisches Differential)</i></li> <li>- <i>Hörversuche, Befragungen</i></li> </ul>
14	Literatur/Lernmaterialien	<p><i>Vorlesungsskripte und E-Learning-Materialien</i></p> <p><i>Weiterführende Literatur:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Möser, M.: Messtechnik der Akustik. Springer Verlag, Berlin (2010)</i></li> <li>• <i>Fastl, H., Zwicker, E.: Psychoacoustics - Facts and Models. Springer Verlag, Berlin (2007)</i></li> <li>• <i>Bech, S. &amp; Zacharov, N. (2006). Perceptual audio evaluation. Chichester: Wiley.</i></li> </ul>
15	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<i>Akustische Messmethoden, Vorlesung, 2,0 SWS, Psychoakustik, Vorlesung, 2,0 SWS</i>
	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<i>Methods for acoustical measurements, lecture, 2,0 SWS, Psychoacoustics, lecture, 2,0 SWS</i>
16	Abschätzung des Arbeitsaufwands	<p><i>Akustische Messmethoden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</i></li> <li>• <i>Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</i></li> </ul> <p><i>Psychoakustik:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</i></li> <li>• <i>Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</i></li> </ul>
17a	Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	<i>keine</i>
	Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	<i>no</i>
	Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	<i>keine</i>
	Studienleistungen (benotet) (Englisch)	<i>no</i>
17b	Prüfungsleistungen (Deutsch)	<i>Schriftliche Klausur (60 Minuten) zur Vorlesung „Akustische Messmethoden“ Schriftliche Klausur (60 Minuten) zur Vorlesung „Psychoakustik“ Gewichtungsfaktor je 50%</i>
	Prüfungsleistungen (Englisch)	<i>Written examination (60 Minutes) of lecture „ Methods for acoustical measurements “ Written examination (60 Minutes) of lecture „ Psychoacoustics “ Weighting factor: each with 50%</i>

Gefördert von:



18	Grundlage für...	<i>nachfolgende Module „Fahrzeugakustik“ und „Lärminderung“</i>
19	Medienform	<i>Beamer, Tafel</i>

## 2.2 Gliederungen

### 2.2.1 Akustische Messmethoden

Lernmodul 1: Messung und Analyse von Schallfeldern

1. Messung und Analyse von Schallfeldern
  - 1.1. Methodische Grundlagen
  - 1.2. Normen, Standards und Anwendungsvoraussetzungen

Lernmodul 2: Sensoren und Aktoren

2. Sensoren und Aktoren
  - 2.1. Mikrofone und Lautsprecher
  - 2.2. Messung von Druck und Schnelle
  - 2.3. Körperschallsensoren

Lernmodul 3: Signalverarbeitung

3. Signalverarbeitung
  - 3.1. Verstärkung, Filterung, Pegelbildung
  - 3.2. Zeit- und Frequenzanalyse
  - 3.3. Amplituden- und Phasenspektrum
  - 3.4. Transiente und stationäre Signale
  - 3.5. Übertragungsfunktionen
  - 3.6. Auto- und Kreuzkorrelation, Kohärenz

Lernmodul 4: Bestimmung der Schalleistung

4. Bestimmung der Schalleistung
  - 4.1. Hallraumverfahren
  - 4.2. Messung bau- und raumakustischer Größen
  - 4.3. Messung von Schalldämpfern in Kanälen
  - 4.4. Hüllflächenverfahren
  - 4.5. Intensitätsverfahren

Gefördert von:





## Lernmodul 5: Schallmessung in Strömungen

5. Schallmessung in Strömungen
  - 5.1. Methoden und Sensoren
  - 5.2. Anwendung und Grenzen

## Lernmodul 6: Weitere Messmethoden

6. Weitere Messmethoden
  - 6.1. Akustische Materialeigenschaften
  - 6.2. Mikrofonarrays
  - 6.3. Kunstkopf-Messtechnik
  - 6.4. Modellmesstechnik

### **2.2.2 Psychoakustik**

#### Lernmodul 1: Wahrnehmung von Schall, Begriffe und Größen

1. Wahrnehmung von Schall
  - 1.1. Gehörorgan und Geräuschwahrnehmung
  - 1.2. Wechselwirkungen
2. Begriffe und Größen
  - 2.1. Reizgrößen (Schalldruck, Frequenz, Dauer, Modulation usw.)
  - 2.2. Empfindungsgrößen (Lautstärke, Lautheit, Tonhöhe, Schärfe, Rauigkeit usw.)
  - 2.3. Ruhe- und Mithörschwellen, Verdeckung

#### Lernmodul 2: Schallwirkungen

3. Schallwirkungen
  - 3.1. Aurale und extra-aurale Wirkungen
  - 3.2. Akute und chronische Hörschäden, Tinnitus
  - 3.3. Störung und Belästigung
  - 3.4. Beeinflussung der Kommunikation
  - 3.5. Informationsgehalt von Geräuschen, Assoziation, Wiedererkennung
  - 3.6. Einfluss von zeitlichem und räumlichem Kontext
  - 3.7. Vegetative Reaktionen, Lärm als Risikofaktor, Schlafstörungen

Gefördert von:



3.8. Psychosoziale Wirkungen

3.9. Akustische Behaglichkeit

### Lernmodul 3: Bewertung von Schall

4. Bewertung von Schall

4.1. A-, B-, C-Bewertung

4.2. Temporale, spektrale Unterscheidung von Schallereignissen (fluktuierende und intermittierende Schalle)

4.3. Tonalität

4.4. Beurteilungs- und Grenzwerte

4.5. Gesetzliche Regelungen

### Lernmodul 4: Sound Design und psychoakustische Untersuchungsmethoden

5. Sound Design und psychoakustische Untersuchungsmethoden

5.1. Sound Design

5.2. Hörversuche und Befragungen

5.3. Statistische Grundlagen der Auswertung

Gefördert von:



## 2.3 Leseproben

### 2.3.1 Akustische Messmethoden

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787821.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787821.html)

### 2.3.2 Psychoakustik

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787822.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787822.html)

Gefördert von:



Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra, Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck

# Modul

## Fahrzeugakustik



**PUBLIKATION DER BILDUNGSALLIANZ MINT.ONLINE:  
UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSITÄT KASSEL, UNIVERSITÄT STUTT GART, FERNUNIVERSITÄT IN  
HAGEN, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, FORWIND, NEXT ENERGY**

Gefördert von:



## Einführung

Das Modul „Fahrzeugakustik“ besteht aus den Lehrveranstaltungen „Fahrzeugakustik“ und „Aeroakustik in der Luftfahrt“. Es wird voraussichtlich ab dem Sommersemester 2017 angeboten. Im Rahmen der ersten Förderphase wurde die Lehrveranstaltung „Fahrzeugakustik“ konzipiert und umgesetzt, die Umsetzung der Lehrveranstaltung „Aeroakustik in der Luftfahrt“ erfolgt in der zweiten Förderphase. Die aufbereiteten und umgesetzten Inhalte befinden sich auf der Lernplattform Ilias und werden in der zweiten Förderphase optimiert.

Das didaktische Konzept zur Lehrveranstaltung „Fahrzeugakustik“ beinhaltet in das Onlinelernmodul integrierte Übungen und aufbereitete Vorlesungsaufzeichnungen. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Rechenaufgaben mit beigefügter Musterlösung zu verstehen. Die Vorlesungsaufzeichnungen sind in sich thematisch abgeschlossene und aufbereitete Vorlesungsmitschnitte. Sie werden im Rahmen der Optimierung in der zweiten Förderphase erstellt.

In der ersten Präsenzphase, der KickOff-Veranstaltung, erfolgt die Einführung in die „Fahrzeugakustik“ in Form einer Vorlesung. Am Zwischenworkshop, während der zweiten Präsenzveranstaltung in der Mitte des Semesters, fährt der Lehrende mit dem Thema in Form einer Vorlesung fort und steht den Studierenden für Fragen zur Verfügung.

Nachfolgend sind die Modulbeschreibung, die Gliederung und der Verweis auf die online verfügbare Leseprobe der Lehrveranstaltung „Fahrzeugakustik“ dargestellt.

Gefördert von:



### 3.1 Modulhandbuch

<b>MODUL 4: Fahrzeugakustik</b>		<b>STAND: 01.12.2014</b>
1	Modulname (Deutsch)	<i>Fahrzeugakustik</i>
	Modulname (Englisch)	<i>Vehicle Acoustics</i>
2	Modulkürzel	<i>060100004</i>
3	Leistungspunkte (LP)	6
4	Semesterwochenstunden (SWS)	4
5	Moduldauer (Anzahl der Semester)	2
6	Turnus	<i>Jedes 2. Semester; Beginn jedes SoSe</i>
7	Sprache	<i>deutsch</i>
8	Modulverantwortliche(r)	<i>Dr. Manuel Keßler Institut für Aerodynamik und Gasdynamik 0711 / 685 – 63419 kessler@iag.uni-stuttgart.de</i>
9	Dozenten	<i>Dr.-Ing. Martin Helfer, Dr. Manuel Keßler</i>
10	Verwendbarkeit/Zuordnung zum Curriculum	<i>Master Online Akustik“, Pflichtmodul 2.+ 3. Semester</i>
11	Voraussetzungen	<i>Modul „Ingenieurakustik“</i>
12	Lernziele	<i>Die Studierenden können akustischen Phänomene im Bereich der Fahrzeugakustik beschreiben, erläutern und analysieren. Die Studierenden sind in der Lage geeignete Maßnahmen zur Geräuschminderung begründet auszuwählen. Sie können gängige Mess- und Simulationsmethoden im Bereich der Fahrzeugakustik erklären und deren Einsatz planen. Entwurf für Aeroakustik in der Luftfahrt: Die Studierenden können die wesentlichen aeroakustischen Phänomene, die Entstehung und Ausbreitung von Schall in luftfahrtrelevanten Fällen sowie experimentelle und simulative Möglichkeiten zur Analyse und Reduktion von Lärm im Luftverkehr beschreiben und erläutern.</i>
13	Inhalt	<i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Fahrzeugakustik“:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mess- und Auswertetechnik in der Fahrzeugakustik</li> <li>– Akustikprüfstände</li> <li>– Signalanalyseanwendungen</li> <li>– Strategien zur Geräuschminderung</li> <li>– Antriebsgeräusche</li> <li>– Reifen-Fahrbahn-Geräusche</li> <li>– Aeroakustik</li> <li>– Straßenverkehrslärm</li> <li>– Psychoakustische Auswertungen</li> <li>– Sound Engineering</li> <li>– Störgeräusche</li> <li>– Akustik von Elektro- und Hybridfahrzeugen</li> <li>– Motorradgeräusche</li> <li>– Akustik von Schienenfahrzeugen</li> <li>– Numerische Verfahren in der Fahrzeugakustik</li> </ul> <i>Voraussichtlicher Inhalt der Lehrveranstaltung „Aeroakustik der Luftfahrt“:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aeroakustische Phänomene</li> <li>– Ausbreitungsphänomene</li> </ul>

Gefördert von:



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aerodynamische Quellen</li> <li>- Schallerzeugung und -abstahlung</li> <li>- Simulationsverfahren</li> </ul>
14	Literatur/Lernmaterialien	<p>Skript, e-learning-Module</p> <p>Weiterführende Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genuit, K. (Hrsg.): <i>Sound-Engineering im Automobilbereich</i>. Berlin: Springer, 2010, ISBN: 978-3-642-01414-7</li> <li>- Zeller, P.: <i>Handbuch Fahrzeugakustik: Grundlagen, Auslegung, Berechnung, Versuch</i>. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2009, ISBN 978-3834806512</li> <li>- Pflüger, J.-M.; Brandl, F.; Bernhard, U.; Feitzelmayer, K.: <i>Fahrzeugakustik</i>. Wien: Springer, 2010, ISBN 978-3211767405</li> <li>- Marvin E. Goldstein: <i>Aeroacoustics</i>. McGraw-Hill International Book Company, New York 1976</li> </ul>
15	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<i>Fahrzeugakustik, Vorlesung, 2,0 SWS, Aeroakustik der Luftfahrt, Vorlesung, 2,0 SWS</i>
	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<i>Vehicle acoustics, lecture, 2,0 SWS, Aeroacoustics in aviation, lecture, 2,0 SWS</i>
16	Abschätzung des Arbeitsaufwands	<p><i>Fahrzeugakustik:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</li> </ul> <p><i>Aeroakustik der Luftfahrt:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</li> </ul>
17a	Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	<i>keine</i>
	Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	<i>no</i>
	Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	<i>keine</i>
	Studienleistungen (benotet) (Englisch)	<i>no</i>
17b	Prüfungsleistungen (Deutsch)	<i>schriftliche Prüfung (60 Minuten) zur Vorlesung „Fahrzeugakustik“, mündliche Prüfung (20 Minuten) zur Vorlesung „Aeroakustik der Luftfahrt“ Gewichtungsfaktor je 50%</i>
	Prüfungsleistungen (Englisch)	<i>Written examination (60 minutes) of lecture „Vehicle acoustics“ Oral examination (20 minutes) of lecture „Aeroacoustics in aviation“ Weighting factor: each with 50%</i>
18	Grundlage für...	-
19	Medienform	<i>Beamer, Tafel</i>

Gefördert von:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**ESF**  
Europäischer Sozialfonds  
für Deutschland



## 3.2 Gliederungen

### 3.2.1 Fahrzeugakustik

Lernmodul 1: Einsatz von Mess- und Analysetechniken in der Fahrzeugakustik

1. Einsatz von Mess- und Analysetechniken in der Fahrzeugakustik
  - 1.1. Schallmesstechnik
  - 1.2. Geräuschprüfstände/Messräume
  - 1.3. Schwingformanalyse

Lernmodul 2: Geräuschursachen und -minderungsmaßnahmen

2. Geräuschursachen und -minderungsmaßnahmen
  - 2.1. Hauptgeräuschursachen und ihr Beitrag zum Gesamtgeräusch
  - 2.2. Geräusch des Verbrennungsmotors
  - 2.3. Getriebegeräusch
  - 2.4. Reifen-Fahrbahn-Geräusch
  - 2.5. Umströmungsgeräusche
  - 2.6. Verminderung von Schallleitung und -abstrahlung

Lernmodul 3: Fahrzeugakustische Sonderthemen

3. Fahrzeugakustische Sonderthemen
  - 3.1. Beurteilung und Gestaltung von Geräuschen
  - 3.2. Störgeräusche in Fahrzeugen
  - 3.3. Akustische Besonderheiten ausgewählter Fahrzeugarten

Lernmodul 4: Berechnungsverfahren in der Fahrzeugakustik

4. Berechnungsverfahren in der Fahrzeugakustik
  - 4.1. Finite Elemente Methode
  - 4.2. Randelementenmethode (BEM)
  - 4.3. Statistische Energieanalyse
  - 4.4. Numerische Aeroakustik

Gefördert von:



### 3.2.2 Aeroakustik in der Luftfahrt

Entwicklung in der Förderphase 2

Gefördert von:



### 3.3 Leseproben

#### 3.3.1 Fahrzeugakustik

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787824.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787824.html)

#### 3.3.2 Aeroakustik in der Luftfahrt

Entwicklung in der Förderphase 2

Gefördert von:



Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra, Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck

# Modul

## Numerische Akustik



**PUBLIKATION DER BILDUNGSALLIANZ MINT.ONLINE:  
UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSITÄT KASSEL, UNIVERSITÄT STUTTGART, FERNUNIVERSITÄT IN  
HAGEN, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, FORWIND, NEXT ENERGY**

Gefördert von:



## Einführung

Das Modul „Numerische Akustik“ besteht aus den Lehrveranstaltungen „Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik“, „FEM in der Akustik“ und „BEM in der Akustik“. Es wird voraussichtlich ab dem Sommersemester 2017 angeboten. Alle Lehrveranstaltungen wurden im Rahmen der ersten Förderphase konzipiert und umgesetzt. Die Inhalte befinden sich auf der Lernplattform Ilias und werden in der zweiten Förderphase optimiert.

Das didaktische Konzept zur Lehrveranstaltung „Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik“ beinhaltet außer dem Onlinelernmodul auch integrierte Übungen und aufbereitete Vorlesungsaufzeichnungen. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Rechenaufgaben mit beigefügter Musterlösung zu verstehen. Die Vorlesungsaufzeichnungen sind in sich thematisch abgeschlossene und aufbereitete Vorlesungsmitschnitte. Das didaktische Konzept zu den Lehrveranstaltungen „FEM in der Akustik“ und „BEM in der Akustik“ beinhaltet neben den Onlinelernmodulen auch Übungsbeispiele und aufbereitete Vorlesungsaufzeichnungen. In der zweiten Förderphase sollen die Übungen ausgebaut werden.

In der ersten Präsenzphase, der KickOff-Veranstaltung, erfolgt die Einführung in die Themen der Lehrveranstaltungen in Form von Vorlesungen. Während der zweiten Präsenzphase, des Zwischenworkshops in der Mitte des Semesters, werden die Inhalte aus der Onlinephase vertieft. Dabei erläutern die Lehrenden insbesondere in der Praxis angewandte Beispiele. Außerdem stehen sie den Studierenden für Fragen zur Verfügung.

Nachfolgend sind die Modulbeschreibung, die Gliederungen und die Verweise auf die online verfügbaren Leseproben der Lehrveranstaltungen „Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik“, „FEM in der Akustik“ und „BEM in der Akustik“ dargestellt.

Gefördert von:



## 4.1 Modulhandbuch

<b>MODUL 5: Numerische Akustik</b>		<b>STAND: 01.12.2014</b>
1	Modulname (Deutsch)	<i>Numerische Akustik</i>
	Modulname (Englisch)	<i>Numerical Acoustics</i>
2	Modulkürzel	074000005
3	Leistungspunkte (LP)	9
4	Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
5	Moduldauer (Anzahl der Semester)	1
6	Turnus	<i>Jedes 2. Semester; SoSe</i>
7	Sprache	<i>Im Wesentlichen deutsch, Verwendung von englischen Materialien in der Lehrveranstaltung „BEM in der Akustik“</i>
8	Modulverantwortliche(r)	<p><i>o. Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Gaul Institut für Angewandte und Experimentelle Mechanik lothar.gaul@iam.uni-stuttgart.de +49 711 685-66278</i></p> <p><i>Vertretung: Prof. Dr. Claus-Dieter Munz Institut für Aerodynamik und Gasdynamik +49-711-685-63401 munz@iag.uni-stuttgart.de</i></p>
9	Dozenten	<i>o. Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Gaul Prof. Dr. Claus-Dieter Munz</i>
10	Verwendbarkeit/Zuordnung zum Curriculum	<i>Master Online Akustik, Pflichtmodul 2. Semester</i>
11	Voraussetzungen	<i>Höhere Mathematik und Mechanik</i>
12	Lernziele	<p><i>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die mathematischen Modelle der Akustik und können die numerischen Verfahren, die in den heutigen Rechenprogrammen zur näherungsweise Lösung von akustischen Gleichungen eingesetzt werden, unterscheiden und erläutern. Sie können deren Eigenschaften und Anwendungsbereich beurteilen.</i></p> <p><i>Die Studierenden können die theoretischen Grundlagen der Finiten Elemente Methode (FEM) in der Akustik sowie ihre rechen-technische Implementierung erläutern. Sie können akustische Aufgabenstellungen mit Hilfe der FEM selbstständig lösen.</i></p> <p><i>Die Studierenden können die Grundlagen der Randelemente Methode (BEM) erklären. Sie sind in der Lage einfache analytische Berechnungen durchzuführen und können Stärken und Schwächen der Methode im Vergleich zu anderen numerischen Verfahren analysieren.</i></p>
13	Inhalt	<p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik“:</i></p> <p><i>Diese Lehrveranstaltung erweitert die Kenntnisse in der Approximation von partiellen Differenzialgleichungen, die im Bereich der Akustik auftreten. Für elliptische und hyperbolische Differenzialgleichungen werden die Grundlagen von Differenzen-, Finite-Volumen und Finite-Elemente-Verfahren besprochen und exemplarisch auf kanonische Vertreter, wie die Helmholtzgleichung für die Simulation im Frequenzbereich und die Wellengleichung im Zeitbereich angewandt. Grundlegende Eigenschaften der Verfahren werden besprochen und deren Anwendung gezeigt.</i></p>

Gefördert von:



		<p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „FEM in der Akustik“:</i>  <i>Die wesentlichen Schritte der Finite Elemente Methode (FEM)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Beispiel: Tragwerk</i></li> <li>- <i>Die Elementsteifigkeitsmatrix</i></li> <li>- <i>Assemblieren mittels Indextafel</i></li> </ul> <p><i>Grundgleichungen der Akustik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Die akustische Wellengleichung</i></li> <li>- <i>Schallgeschwindigkeit in einem idealen Gas</i></li> <li>- <i>Das Geschwindigkeitspotential</i></li> <li>- <i>Das akustische Innenraumproblem</i></li> <li>- <i>FE Formulierung für die Akustik</i></li> </ul> <p><i>Simulationsbeispiele</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Schallausbreitung in Leitungsstruktur mit Querschnittsänderung</i></li> <li>- <i>Transiente Simulation in Wellenleiter</i></li> <li>- <i>FE-FE Formulierung des akustischen Innenraumproblems</i></li> </ul> <p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „BEM in der Akustik“:</i>  <i>Einführung und Grundlagen der Randelementmethode (BEM)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Vergleich von BEM und FEM</i></li> <li>- <i>Grundlagen der BEM</i></li> <li>- <i>Techniken gewichteter Residuen</i></li> <li>- <i>Transformation der Feldgleichung auf den Gebietsrand</i></li> <li>- <i>Eindimensionale Probleme der Akustik</i></li> </ul> <p><i>Mehrdimensionale Probleme der Akustik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Wellengleichung und Helmholtzgleichung der Akustik</i></li> <li>- <i>Dirichlet-, Neumann- und Robin-Randdaten</i></li> <li>- <i>Sommerfeld Abstrahlungsbedingung</i></li> <li>- <i>Fundamentallösungen der Laplace- und Helmholtz-Gleichungen</i></li> <li>- <i>Randelementformulierungen der Laplace- und der Helmholtz-Gleichung</i></li> <li>- <i>Diskretisierung der Randintegralgleichungen</i></li> </ul> <p><i>Lösungsverfahren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Kollokationsverfahren</i></li> <li>- <i>Galerkinverfahren</i></li> </ul> <p><i>Beispiele zu akustischen Innenraumproblemen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Berechnung der Randdaten</i></li> <li>- <i>Berechnung der Feldgrößen im Gebiet</i></li> </ul> <p><i>Ausblick auf fortgeschrittene BEM-Verfahren der Akustik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Schnelle BEM für akustische Außenraumprobleme</i></li> <li>- <i>Multipol-Multilevel Entwicklung</i></li> <li>- <i>Hierarchische Matrizen</i></li> <li>- <i>Hybride BEM</i></li> <li>- <i>BEM &amp; FEM Kopplung zur Berechnung der akustischen Fluid-Struktur Wechselwirkung</i></li> </ul>
14	Literatur/Lernmaterialien	<p><i>Skripte, E-Learning-Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Munz, Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, Springer (2012)</i></li> <li>- <i>Knabner, Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer (2000)</i></li> <li>- <i>Bathe, K. J.: Finite-Elemente-Methoden, Springer (2000)</i></li> <li>- <i>Betten, J.: Finite Elemente für Ingenieure I, Springer (2004)</i></li> <li>- <i>Knothe, K., Wessels, H.: Finite Elemente, Springer (2008)</i></li> <li>- <i>Gross, Hauger, Schnell, Wriggers: Technische Mechanik, Bd.4, Springer (2002)</i></li> <li>- <i>Gaul, Fiedler: Methode der Randelemente, Vieweg (1997)</i></li> <li>- <i>Gaul, Kögl, Wagner: Boundary Element Methods, Springer (2003)</i></li> <li>- <i>Steinbach: Numerische Näherungsverfahren, Teubner (2003)</i></li> <li>- <i>100 online lecture: <a href="http://www.bem.uni-stuttgart.de">www.bem.uni-stuttgart.de</a></i></li> </ul>
15	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<p><i>Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik, Vorlesung, 2 SWS,</i>  <i>FEM in der Akustik, Vorlesung, 2 SWS</i>  <i>BEM in der Akustik, Vorlesung, 2 SWS</i></p>
	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<p><i>Numerical methods for the equations of acoustics, lecture, 2 SWS</i>  <i>FEM in acoustics, lecture, 2 SWS,</i>  <i>BEM in acoustics, lecture, 2 SWS</i></p>
16	Abschätzung des Arbeitsaufwands	<p><i>Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Präsenzzeit in Stunden: ca. 10 Stunden</i></li> <li>• <i>Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</i></li> </ul> <p><i>FEM in der Akustik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Präsenzzeit in Stunden: ca. 10 Stunden</i></li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</i></li> <li>• <i>BEM in der Akustik</i></li> <li>• <i>Präsenzzeit in Stunden: ca. 10 Stunden</i></li> <li>• <i>Selbststudiumszeit: ca. 80 Stunden</i></li> </ul>
17a	Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	<i>keine</i>
	Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	<i>no</i>
	Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	<i>keine</i>
	Studienleistungen (benotet) (Englisch)	<i>no</i>
17b	Prüfungsleistungen (Deutsch)	<i>Mündliche Prüfung (25 Minuten) zur Vorlesung „Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik“</i> <i>Mündliche Prüfung (25 Minuten) zur Vorlesung „FEM in der Akustik“</i> <i>Mündliche Prüfung (25 Minuten) zur Vorlesung „BEM in der Akustik“</i> <i>Gewichtungsfaktor: je 1/3</i>
	Prüfungsleistungen (Englisch)	<i>Oral examination (25 minutes) of lecture “Numerical methods for the equations of acoustics”</i> <i>Oral examination (25 minutes) of lecture “FEM in acoustics”</i> <i>Oral examination (25 minutes) of lecture “BEM in acoustics”</i> <i>Weighting factor: each with 1/3</i>
18	Grundlage für...	
19	Medienform	<i>PPT-Präsentation, Beamer, Tafel</i>

Gefördert von:



## 4.2 Gliederungen

### 4.2.1 Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik

Lernmodul 1: Einleitung, Die Gleichungen der Akustik

1. Die Gleichungen der Akustik
  - 1.1. Lernziele
  - 1.2. Einleitung
  - 1.3. Klassifizierung der partiellen Differentialgleichungen 2. Ordnung
  - 1.4. Elliptische Differentialgleichungen 2. Ordnung
  - 1.5. Parabolische Differentialgleichungen 2. Ordnung
  - 1.6. Hyperbolische Differentialgleichungen 2. Ordnung
  - 1.7. Evolutionsgleichungen
  - 1.8. Erhaltungsgleichungen
  - 1.9. Anwendungen
  - 1.10. Zusammenfassung
  - 1.11. Schlüsselwörter
  - 1.12. Literaturverweise
  - 1.13. Aufgaben
  - 1.14. Lösungen

Lernmodul 2: Differenzenverfahren

2. Differenzenverfahren
  - 2.1. Lernziele
  - 2.2. Einleitung
  - 2.3. Elliptische Differentialgleichungen
  - 2.4. Zeitabhängige Differentialgleichungen
  - 2.5. Zusammenfassung
  - 2.6. Schlüsselwörter
  - 2.7. Literaturverweise
  - 2.8. Aufgaben
  - 2.9. Lösungen

Lernmodul 3: Finite-Volumen-Verfahren

3. Finite-Volumen-Verfahren

Gefördert von:



- 3.1. Lernziele
- 3.2. Einleitung
- 3.3. Finite-Volumen-Verfahren
- 3.4. Lineare Transportgleichungen
- 3.5. Skalare Erhaltungsgleichungen
- 3.6. Systeme von Erhaltungsgleichungen
- 3.7. Erhaltungsgleichungen in mehreren Raumdimensionen
- 3.8. Zusammenfassung
- 3.9. Schlüsselwörter
- 3.10. Literaturverweise
- 3.11. Aufgaben
- 3.12. Lösungen

#### Lernmodul 4: Finite-Elemente-Methode

##### 4. Finite-Elemente-Methode

- 4.1. Lernziele
- 4.2. Einleitung
- 4.3. Methode der gewichteten Residuen und das Ritzsche Verfahren
- 4.4. Die Finite-Elemente-Methode
- 4.5. Zusammenfassung
- 4.6. Schlüsselwörter
- 4.7. Literaturverweise
- 4.8. Aufgaben
- 4.9. Lösungen

#### 4.2.2 FEM in der Akustik

##### Lernmodul 1: Einleitung, Die wesentlichen Schritte der FEM

1. Einleitung
2. Die wesentlichen Schritte der FEM
  - 2.1. Lernziele
  - 2.2. Beispiel: Tragwerk
  - 2.3. Die Elementsteifigkeitsmatrix
  - 2.4. Assemblieren mittels Indextafel

Gefördert von:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**ESF**  
Europäischer Sozialfonds  
für Deutschland

- 2.5. Schlüsselwörter
- 2.6. Übungsaufgaben

## Lernmodul 2: Grundgleichungen der Akustik

- 3. Grundgleichungen der Akustik
  - 3.1. Lernziele
  - 3.2. Die akustische Wellengleichung
  - 3.3. Schallgeschwindigkeit in einem idealen Gas
  - 3.4. Das Geschwindigkeitspotential
  - 3.5. Das akustische Innenraumproblem
  - 3.6. FE Formulierung für die Akustik
  - 3.7. Schlüsselwörter
  - 3.8. Übungsaufgaben

## Lernmodul 3: Simulationsbeispiele

- 4. Simulationsbeispiele
  - 4.1. Lernziele
  - 4.2. Schallausbreitung in Leitungsstruktur mit Querschnittsänderung
  - 4.3. Transiente Simulation in Wellenleiter
  - 4.4. FE-FE Formulierung des akustischen Innenraumproblems

### 4.2.3 BEM in der Akustik

## Lernmodul 1: Introduction, Continuum Physics

- 1. Introduction
  - 1.1. Numerical Solution of Engineering Problems
  - 1.2. Historic Development of Boundary Element Method
  - 1.3. The Method of Weighted Residuals
  - 1.4. Boundary Elements vs. Finite Elements
  - 1.5. Boundary Integral Method for 1-D Differential Equation
  - 1.6. General Boundary Element Approach
- 2. Continuum Physics
  - 2.1. Acoustics

## Lernmodul 2: Boundary Element Method for Potential Problems

Gefördert von:



3. Boundary Element Method for Potential Problems
  - 3.1. Introduction
  - 3.2. BE Formulation of Laplace's Equation
  - 3.3. Example: Steady-State Heat Conduction
  - 3.4. Calculation of Solution in the Domain
  - 3.5. Poisson's Equation – Treatment of Source Terms
  - 3.6. Indirect Calculation of Diagonal Entries of H
  - 3.7. Concentrated Sources
  - 3.8. Subdomains
  - 3.9. Orthotropic Heat Conduction
  - 3.10. Example: Coupling of Orthotropic and Isotropic Subdomains

#### Lernmodul 3: Numerical Integration

4. Numerical Integration
  - 4.1. Regular Integration in 1-D
  - 4.2. Regular Integration in 2-D and 3-D
  - 4.3. Weakly Singular Integration
  - 4.4. Strongly Singular Integration

#### Lernmodul 4: The Hybrid Stress Method for Acoustics

5. The Hybrid Stress Method for Acoustics
  - 5.1. Hellinger-Reissner Principle for Acoustics
  - 5.2. Matrix Formulation
  - 5.3. Numerical Implementation for Acoustics
  - 5.4. Orthogonality Properties of the HSBEM
  - 5.5. Applications in Acoustics
  - 5.6. Fluid-Structure Interaction in the Frequency Domain

#### Lernmodul 5: Fundamental Solutions

6. Fundamental Solutions
  - 6.1. Potential Problems

Gefördert von:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## 4.3 Leseproben

### 4.3.1 Numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787828.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787828.html)

### 4.3.2 FEM in der Akustik

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787829.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787829.html)

### 4.3.3 BEM in der Akustik

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787832.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787832.html)

Gefördert von:



Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra, Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck

# Modul

## Lärminderung



**PUBLIKATION DER BILDUNGSALLIANZ MINT.ONLINE:  
UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSITÄT KASSEL, UNIVERSITÄT STUTT GART, FERNUNIVERSITÄT IN  
HAGEN, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, FORWIND, NEXT ENERGY**

Gefördert von:



## **Einführung**

Das Modul „Lärminderung“ besteht aus den Lehrveranstaltungen „Lärmarme Maschinenkonstruktion“, „Städtischer Lärmschutz“ und „Leise Straße“. Es wird voraussichtlich ab dem Wintersemester 2017/18 angeboten. Alle Lehrveranstaltungen wurden im Rahmen der ersten Förderphase konzipiert und umgesetzt. Die Inhalte befinden sich auf der Lernplattform Ilias und werden in der zweiten Förderphase optimiert.

Das didaktische Konzept zur Lehrveranstaltung „Lärmarme Maschinenkonstruktion“ beinhaltet neben dem Onlinelernmodul auch Übungen. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Fragen mit Antworten in der beigefügten Musterlösung zu verstehen. Das didaktische Konzept zu den Lehrveranstaltungen „Städtischer Lärmschutz“ beinhaltet außer den Onlinelernmodulen auch Übungen, Selbsttests und aufbereitete Vorlesungsaufzeichnungen. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Rechenaufgaben mit beigefügter Musterlösung zu verstehen. Selbsttests sind Onlinetests mit Aufgaben wie z.B. Multiple Choice oder Lückentexten, die vom System ausgewertet werden und direkt nach der Bearbeitung die Auswertung anzeigen. Die Vorlesungsaufzeichnungen sind in sich thematisch abgeschlossene und aufbereitete Vorlesungsmitschnitte. Das didaktische Konzept zu den Lehrveranstaltungen „Leise Straße“ beinhaltet zusätzlich zu den Onlinelernmodulen auch Übungen und aufbereitete Vorlesungsaufzeichnungen. Unter Übungen sind in diesem Zusammenhang Rechenaufgaben und Verständnisfragen mit beigefügter Musterlösung zu verstehen.

In der ersten Präsenzphase, der KickOff-Veranstaltung, erfolgt die Einführung in die Themen der beiden Lehrveranstaltungen in Form von Vorlesungen. Während der zweiten Präsenzphase, des Zwischenworkshops in der Mitte des Semesters, sind für die Lehrveranstaltungen unterschiedliche Konzepte geplant. Für jede Lehrveranstaltung sind ein Vorlesungsteil und die Möglichkeit, Fragen an den Lehrenden zu stellen, vorgesehen. „Lärmarme Maschinenkonstruktion“ beinhaltet zusätzlich eine kleine Exkursion in die holzverarbeitende Werkstatt im Gebäude. Mithilfe verschiedener Werkzeuge wird die Thematik veranschaulicht. Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Städtischer Lärmschutz“ findet eine Messübung zur Bestimmung der Wirksamkeit eines Schallschirms im Halbfreifeldraum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik statt.



Nachfolgend sind die Modulbeschreibung, die Gliederungen und die Verweise auf die online verfügbaren Leseproben der Lehrveranstaltungen „Lärmarme Maschinenkonstruktion“, „Städtischer Lärmschutz“ und „Leise Straße“ dargestellt.

## 5.1 Modulhandbuch

<b>MODUL: Lärminderung</b>		<b>STAND: 01.12.2014</b>
1	Modulname (Deutsch)	<i>Lärminderung</i>
	Modulname (Englisch)	<i>Noise Reduction</i>
2	Modulkürzel	<i>020800006</i>
3	Leistungspunkte (LP)	<i>6</i>
4	Semesterwochenstunden (SWS)	<i>4,0</i>
5	Moduldauer (Anzahl der Semester)	<i>1</i>
6	Turnus	<i>Jedes 2. Semester; WiSe</i>
7	Sprache	<i>deutsch</i>
8	Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra Lehrstuhl für Bauphysik ++49 (0)711-685-66232 mehra@lbp.uni-stuttgart.de</i>
9	Dozenten	<i>Dr.-Ing. Johannes Rothmund Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra Dr.-Ing. Stefan Alber</i>
10	Verwendbarkeit/Zuordnung zum Curriculum	<i>Master Online Akustik Pflichtmodul im 3. Semester</i>
11	Voraussetzungen	<i>Modul „Technische Akustik“</i>
12	Lernziele	<p><i>Die Lernziele der Lehrveranstaltung „Lärmarme Maschinenkonstruktion“ sind:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Die Studierenden können die Entstehungsmechanismen und Ausbreitungswege technischer Geräusche in Maschinenstrukturen sowie deren Abstrahlung an Oberflächen analysieren</i></li> <li>- <i>Die Studierenden können Maßnahmen zur lärmarmen Konstruktion und zur Minderung der Schallausbreitung einschließlich der Kapselung für konkrete Anwendungsfälle ableiten</i></li> <li>- <i>Die Studierenden können Maßnahmen zur Lärminderung an stationären und handgeführten Maschinen technisch beschreiben</i></li> </ul> <p><i>Nach erfolgreichem Abschluss der Lehrveranstaltung „Städtischer Lärmschutz“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>können die Studierenden das akustische Verhalten unterschiedlicher Lärmquellen analysieren</i></li> <li>- <i>besitzen die Studierenden vertiefte Kenntnisse über die Phänomene der Schallausbreitung</i></li> <li>- <i>können die Studierenden innovative, wirksame und wirtschaftliche Maßnahmen gegen den städtischen Lärm entwickeln und umsetzen.</i></li> </ul> <p><i>Die Lernziele der Lehrveranstaltung „Leise Straße“ sind:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Die Studierenden können die Grundlagen des Straßenverkehrslärms (Emission, Transmission und Immission), die dazugehörige Berechnungsmodelle und -methoden sowie prinzipielle Minderungsmöglichkeiten erklären.</i></li> <li>- <i>Die Studierenden können den Einsatz geräuschmindernder Fahrbahnbeläge beurteilen und Vor- und Nachteile der verschiedenen Beläge erörtern.</i></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden können die Messtechnik bezüglich Straßenverkehrslärm und akustisch relevanten Oberflächeneigenschaften von Straßen erläutern und Messergebnisse beurteilen.</li> </ul>
13	Inhalt	<p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Lärmarme Maschinenkonstruktion“:</i>  Entstehungsmechanismen von technischen Geräuschen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Körperschall, Fluid- und Gasschall und weitere technische Schallquellen</li> </ul> <p><i>Vorgehensweise bei Lärminderungsmaßnahmen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorgehensweisen bei der Untersuchung von Körper- und Luftschall und Identifikation von Ansatzpunkten für Lärminderungsmaßnahmen, Erläuterung der Transferpfadanalyse (TPA / SPCA). Mögliche konstruktive Maßnahmen zur Schallminderung.</li> </ul> <p><i>Minderung der Luftschallausbreitung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es werden sekundäre Maßnahmen, wie Dämmung, Dämpfung und Kapselung behandelt. Dabei spielen die Übertragungswege eine besondere Rolle.</li> </ul> <p><i>Lärminderung an Maschinen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es werden primäre konstruktive Maßnahmen behandelt und am Beispiel von Hydraulikkomponenten, Pumpen, Motoren, Ventilen, Schläuchen und Leitungen sowie Holzbearbeitungsmaschinen vertieft. Auch die Schallentstehung und Lärminderung an handgeführten Maschinen und Elektrowerkzeugen wird dabei betrachtet.</li> </ul> <p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Städtischer Lärmschutz“:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundbegriffe und Definitionen</li> <li>- Lärmquellen</li> <li>- Grenz- und Richtwerte der Lärmimmission</li> <li>- Lärmausbreitung</li> <li>- Berechnungsmethoden der Lärmimmission</li> <li>- Aktive und passive Lärmschutzmaßnahmen</li> <li>- Lärmschutzrecht</li> </ul> <p><i>Inhalt der Lehrveranstaltung „Leise Straße“:</i>  Straßenverkehrslärm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emission/Entstehung: Entstehungsmechanismen, Reifen-Fahrbahngeräusch (Schwerpunkt auf Eigenschaften der Fahrbahn)</li> <li>- Transmission/Ausbreitung</li> <li>- Immissionen: Umgebungslärmrichtlinie, Berechnungsmodelle (RLS 90, VBUS), Berechnungssoftware</li> <li>- Minderungsmöglichkeiten bei Emission, Transmission und Immission</li> </ul> <p><i>Geräuschmindernde Fahrbahnbeläge</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oberflächeneigenschaften von Straßen</li> <li>- Wirkungsweise</li> <li>- Grundlagen des Straßenbaus, Regelbauweisen, Sonderbauweisen, Regelwerke, Abläufe, Einbau</li> <li>- Stand der Technik, Erfahrungen, Weiterentwicklungen</li> </ul> <p><i>Messmethoden Straßenverkehrslärm und Oberflächeneigenschaften von Straßen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Immissionsmessungen</li> <li>- Fernfeld- und Nahfeldmessungen</li> <li>- Messungen des Reifen-Fahrbahn-Geräuschs</li> <li>- Messungen von akustisch relevanten Fahrbahnoberflächeneigenschaften</li> <li>- Stand der Normung</li> </ul>
14	Literatur/Lernmaterialien	<p><i>Skripte, E-Learning-Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heckl, M.; Müller, H.A.: Taschenbuch der Technischen Akustik. 2. Aufl.; Springer-Verlag, Berlin 1994</li> <li>- Sälzer, E.: Städtebaulicher Schallschutz. 2. Auflage., Bauverl. Wiesbaden (1982)</li> <li>- Beyer, E.: Konstruktiver Lärmschutz. Düsseldorf, Beton-Verlag (1982)</li> <li>- Buna, B.: Verminderung des Verkehrslärms. Deutsche Bearbeitung (von Ullrich, S.), Berlin, (1988)</li> <li>- Ising, H.: Lärmwirkung und Bekämpfung. Berlin, Erich Schmidt Verlag (1978)</li> <li>- Kurtze, H. et. al.: Physik und Technik der Lärmbekämpfung. 2. Auflage Karlsruhe, Verlag G. Braun (1975).</li> <li>- Oeser, K.; Beckers, J. H.: Fluglärm. Karlsruhe, Verlag C. F. Müller</li> <li>- Sandberg, U.; Ejsmont, J.-A. (2002): Tyre /Road Noise Reference Book. Informex, Ejsmont &amp; Sandberg Handelsbolag, Kisa, Schweden.</li> <li>- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.): Arbeitspapier - Textureinfluss auf die akustischen Eigenschaften von Fahr-</li> </ul>

		<p>bahndecken. Ausgabe 2013, Köln, 2013</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (Hrsg.): Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr 2– Reduzierte Reifen-Fahrbahngeräusche“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Straßenbau, Heft S 74, 2012. (<a href="http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/578/pdf/S74.pdf">http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/578/pdf/S74.pdf</a>)</li> <li>- Alber, Stefan: Veränderung des Schallabsorptionsverhaltens von offenporigen Asphalten durch Verschmutzung. Dissertation, Universität Stuttgart, Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 46, ISBN 978-3-9810573-5-5, Stuttgart, April 2013. (<a href="http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2013/8299/pdf/Heft46_Dissertation_Alber_el_version.pdf">http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2013/8299/pdf/Heft46_Dissertation_Alber_el_version.pdf</a>)</li> </ul>
15	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<p>Lärmarme Maschinenkonstruktion, Vorlesung, 1,3 SWS  Städtischer Lärmschutz, Vorlesung, 1,3 SWS  Leise Straße, Vorlesung, 1,3 SWS</p>
	Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<p>Low-noise machinery construction, lecture, 1,3 SWS,  Urban noise protection, lecture, 1,3 SWS  Silent road, lecture, 1,3 SWS</p>
16	Abschätzung des Arbeitsaufwands	<p>Lärmarme Maschinenkonstruktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 50 Stunden</li> </ul> <p>Städtischer Lärmschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 50 Stunden</li> </ul> <p>Leise Straße</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit: ca. 10 Stunden</li> <li>• Selbststudiumszeit: ca. 50 Stunden</li> </ul>
17a	Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	keine
	Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	no
	Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	keine
	Studienleistungen (benotet) (Englisch)	no
17b	Prüfungsleistungen (Deutsch)	<p>Mündliche Prüfung (20 Minuten) zur Vorlesung „Lärmarme Maschinenkonstruktion“  Mündliche Prüfung (20 Minuten) zur Vorlesung „Städtischer Lärmschutz“  Mündliche Prüfung (20 Minuten) zur Vorlesung „Leise Straße“  Gewichtungsfaktor: je 1/3</p>
	Prüfungsleistungen (Englisch)	<p>Oral examination (20 minutes) of lecture “Low-noise machinery construction”  Oral examination (20 minutes) of lecture “Urban noise protection”  Oral examination (20 minutes) of lecture “Silent road”  Weighting factor: each with 1/3</p>
18	Grundlage für...	
19	Medienform	Beamer, Tafel

## **5.2 Gliederungen**

### **5.2.1 Lärmarme Maschinenkonstruktion**

Lernmodul 1: Einleitung, Beispiele für Entstehungsmechanismen von technischen Geräuschen

0. Einleitung
1. Beispiele für Entstehungsmechanismen von technischen Geräuschen
  - 1.1. Körperschall
  - 1.2. Fluid- und Gasschall

Lernmodul 2: Schalltechnische Schwachstellenanalyse

2. Schalltechnische Schwachstellenanalyse
  - 2.1. Grundlagen und Prinzipien der schalltechnischen Schwachstellenanalyse
  - 2.2. Vorgehensweise
  - 2.3. Transferpfadanalyse
  - 2.4. Maßnahmen
  - 2.5. Beispiel

Lernmodul 3: Minderung der Luftschallausbreitung – Dämpfung und Kapselung

3. Minderung der Luftschallausbreitung – Dämpfung und Kapselung
  - 3.1. Dämpfung
  - 3.2. Kapselung
  - 3.3. Zusammenfassung

Lernmodul 4: Lärminderung durch primäre konstruktive Maßnahmen

4. Lärminderung durch primäre konstruktive Maßnahmen
  - 4.1. Lärminderung bei hydraulischen Anlagen und Steuerungen
  - 4.2. Lärminderung an Holzbearbeitungsmaschinen
  - 4.3. Lärminderung an handgeführten Elektrowerkzeugen

## **5.2.2 Städtischer Lärmschutz**

### Lernmodul 1: Einleitung

1. Einleitung

### Lernmodul 2: Lärmquellen Teil 1

2. Lärmquellen
  - 2.1. Straßenverkehr

### Lernmodul 3: Lärmquellen Teil 2, Grenz- und Richtwerte

- 2.2. Schienenverkehr
  - 2.3. Luftverkehr
  - 2.4. Wasserverkehr
  - 2.5. Gewerbe- und Industrielärm
  - 2.6. Baustellen
  - 2.7. Freizeitlärm
3. Grenz- und Richtwerte

### Lernmodul 4: Schallausbreitung Teil 1

4. Schallausbreitung
  - 4.1. Grundlagen der verlustfreien Schallausbreitung
  - 4.2. Geometrische Schallausbreitung
  - 4.3. Ungehinderte Schallausbreitung

### Lernmodul 5: Schallausbreitung Teil 2

- 4.3. Ungehinderte Schallausbreitung (Fortsetzung)
  - 4.4. Gehinderte Schallausbreitung

### Lernmodul 6: Schallausbreitung Teil 3, Lärmschutzmaßnahmen Teil 1

- 4.4. Gehinderte Schallausbreitung (Fortsetzung)
5. Lärmschutzmaßnahmen
  - 5.1. Aktive Maßnahmen

### Lernmodul 7: Lärmschutzmaßnahmen Teil 2

- 5.1. Aktive Maßnahmen (Fortsetzung)

### Lernmodul 8: Lärmschutzmaßnahmen Teil 3

5.1. Aktive Maßnahmen (Fortsetzung)

5.2. Passive Maßnahmen

Lernmodul 9: Berechnung der Lärmimmission

6. Berechnung der Lärmimmission

6.1. DIN 18005-1

6.2. Schall 03 – Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen

6.3. DIN ISO 9613-2

6.4. Umgebungslärmrichtlinie

Lernmodul 10: Lärmschutzrecht

7. Lärmschutzrecht

### **5.2.3 Leise Straße**

Lernmodul 1: Einleitung, Straßenverkehrslärm I

1. Straßenverkehrslärm

1.1. Problematik

1.2. Pegelbegriff, Mittelungspegel, Beurteilungspegel

1.3. Gesetzliche Regelung

1.4. Strategien der Lärmreduzierung

1.5. Literaturverweise

Lernmodul 2: Straßenverkehrslärm II, Berechnungsvorschriften

2. Straßenverkehrslärm II, Berechnungsvorschriften

2.1. Grundzüge des Verfahrens der RLS-90

2.2. Ablauf des Berechnungsverfahrens nach RLS-90

2.3. Bemerkungen

2.4. Literaturverweise

Lernmodul 3: Grundlagen des Straßenbaus

3. Grundlagen des Straßenbaus

3.1. Straßenaufbau

3.2. Asphaltbauweise

3.3. Betonbauweise

3.4. Besonderheiten von Straßendeckschichten mit hohem Hohlraumgehalt

3.5. Literaturverweise

#### Lernmodul 4: Lärmindernde Deckschichten und Straßenoberflächen I - Grundlagen

4. Lärmindernde Deckschichten und Straßenoberflächen I - Grundlagen

4.1. Zusammensetzung von Straßenverkehrsgeräuschen

4.2. Entstehung von Reifen-Fahrbahngeräuschen

4.3. Akustische Parameter und Optimierung von Fahrbahnoberflächen

4.4. Zusammenfassung: Wirkungsweise lärmindernder Fahrbahndeckschichten

4.5. Literaturverweise

#### Lernmodul 5: Messmethoden Straßenverkehrslärm und Oberflächeneigenschaften von Straßen

5. Messmethoden Straßenverkehrslärm und Oberflächeneigenschaften von Straßen

5.1. Messmethoden Straßenverkehrslärm

5.2. Messmethoden (akustisch relevanter) Oberflächeneigenschaften

5.3. Literaturverweise

#### Lernmodul 6: Lärmindernde Deckschichten und Straßenoberflächen II - Stand der Technik

6. Lärmindernde Deckschichten und Straßenoberflächen II - Stand der Technik

6.1. Offenporiger Asphalt als lärmindernde Deckschicht

6.2. Lärmindernde Fahrbahndeckschichten in der Baupraxis

6.3. Literaturverweise

#### Lernmodul 7: Lärmindernde Deckschichten und Straßenoberflächen III - Offenporiger Asphalt als poröser Absorber

7. Lärmindernde Deckschichten und Straßenoberflächen III - Offenporiger Asphalt als poröser Absorber

7.1. Physikalische Grundlagen

7.2. Offenporiger Asphalt als poröser Absorber



- 7.3. Modellvorstellungen von porösen Absorbern
- 7.4. Veränderung des Schallabsorptionsverhaltens durch Verschmutzung
- 7.5. Beispiel/Übungsaufgabe zu Absorbermodellen für OPA
- 7.6. Literaturverweise

## Lernmodul 8: Ausgewählte Kapitel "Straßenverkehrslärm"

- 8. Ausgewählte Kapitel "Straßenverkehrslärm"
  - 8.1. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen
  - 8.2. Forschungsbemühungen zum Thema „Leise Fahrbahndeckschichten“
  - 8.3. Literaturverweise

## **5.3 Leseproben**

### **5.3.1 Lärmarme Maschinenkonstruktion**

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787833.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787833.html)

### **5.3.2 Städtischer Lärmschutz**

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_774197.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_774197.html)

### **5.3.3 Leise Straße**

Link: [https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto\\_Uni\\_Stuttgart\\_cat\\_787815.html](https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto_Uni_Stuttgart_cat_787815.html)