

viaMeta Abschlussveranstaltung 17.04.2024

Acoustic Black Holes

Julian Rausch, Fraunhofer LBF

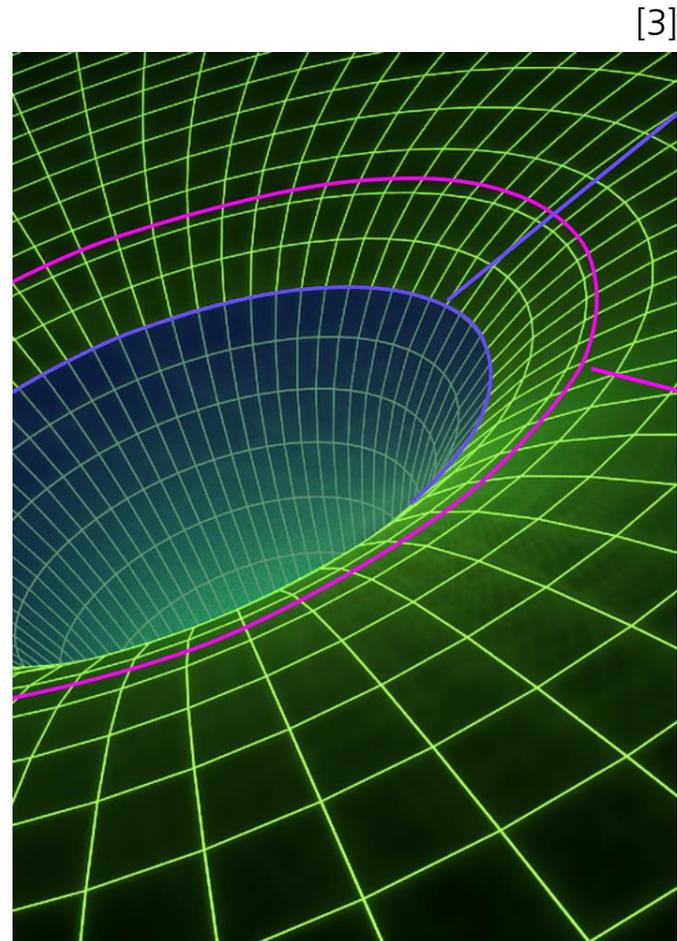
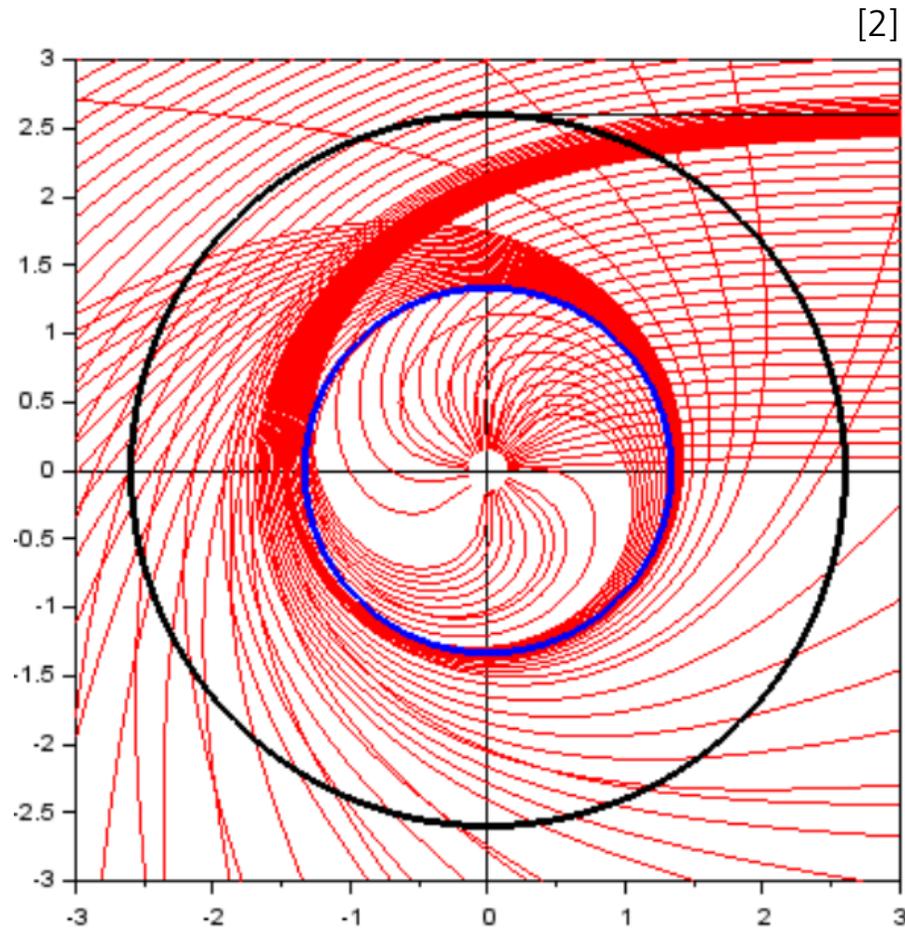


Warum Black Hole?

[1]

Black Hole

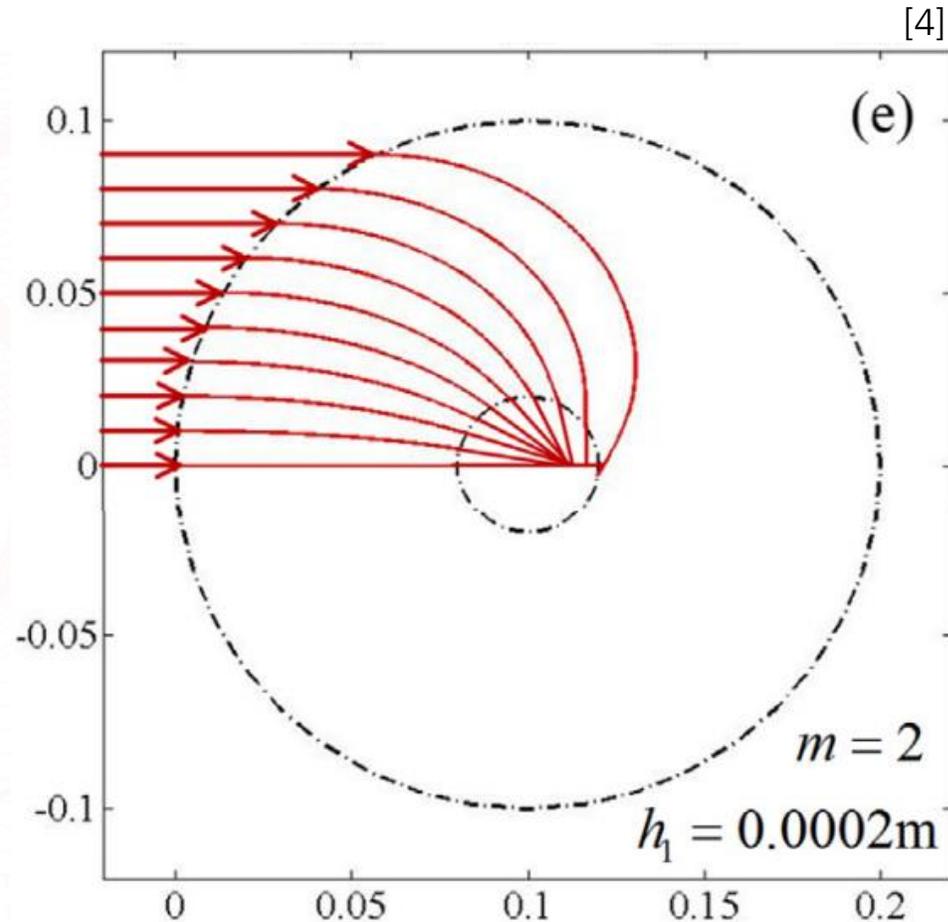
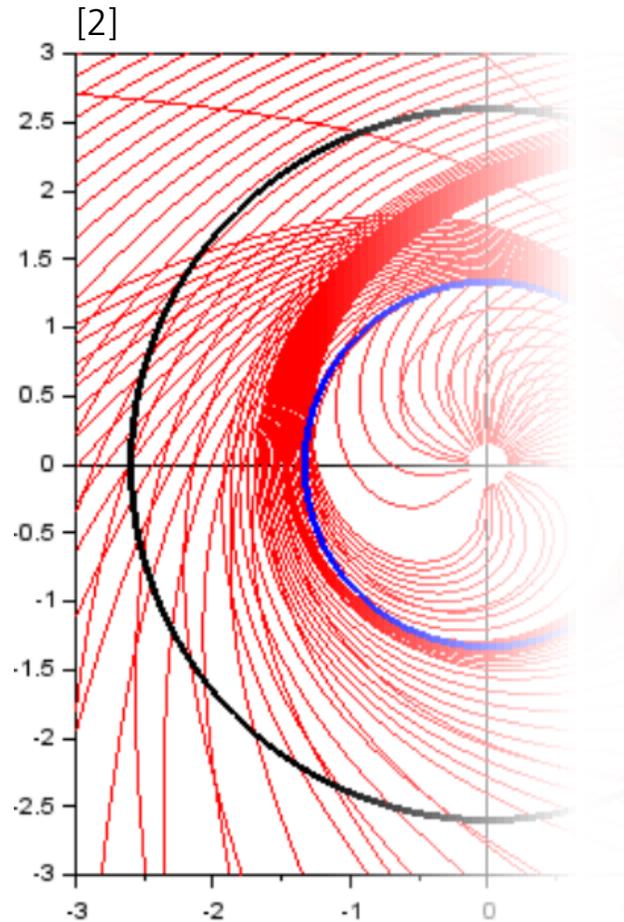
Lichtwellen



- Ereignis-Horizont: Fluchtgeschwindigkeit größer als c
- Keine Information überquert Ereignishorizont nach außen
- "Photon Sphere", letzter stabiler Orbit für Photonen -> Lichtwellen
- Orbital-Geschwindigkeit = c
- Alle Bahnen, die Photon Sphere nach innen durchqueren, führen in das Schwarze Loch

Black Hole

Übertragung



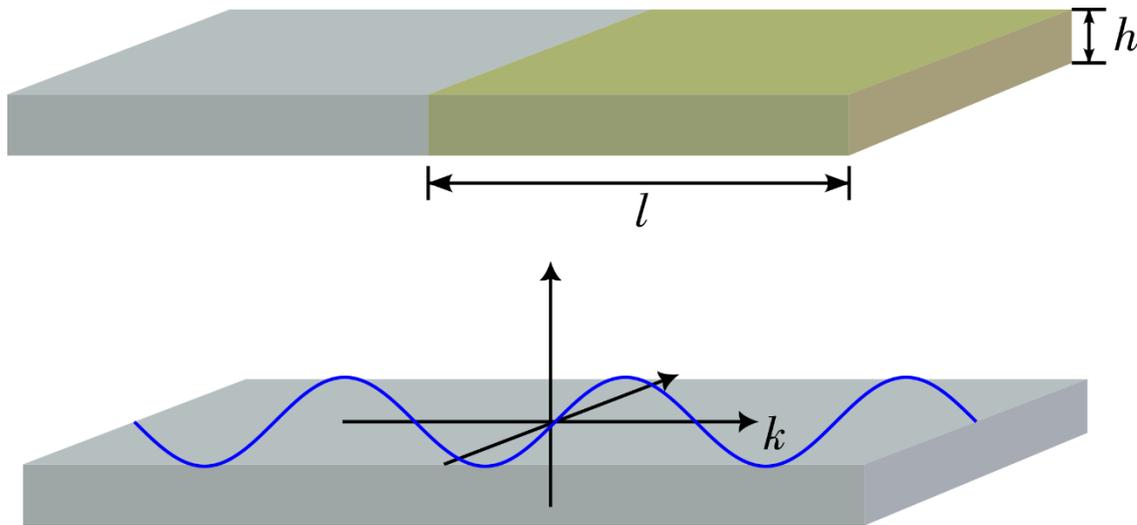
- Wellen in einem Medium verhalten sich ähnlich
- Übertragung des Prinzips
- Absorption durch "Einfangen" einer Welle
- Alle Wellen, die in das Black Hole laufen, entkommen nicht, also perfekte Absorption



Übertragung des Prinzips

Übertragung des Prinzips

Eindimensionale Betrachtung



- Ausbreitung einer Biegewelle in einer Platte
- Auslegung eines Absorptions-Bereichs, in dem die Welle "gefangen" wird
- Welle erreicht Rest der Platte nie mehr, wenn im Absorptionsbereich:
 - Laufzeit $\rightarrow \infty$
- Keine Reflektion

$$c = \lambda f = 2 \left(\frac{\pi^2 E h^2 f^2}{48 (1 - \nu^2) \rho} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$c = C_0(f) \sqrt{h}, \quad h = h(l)$$

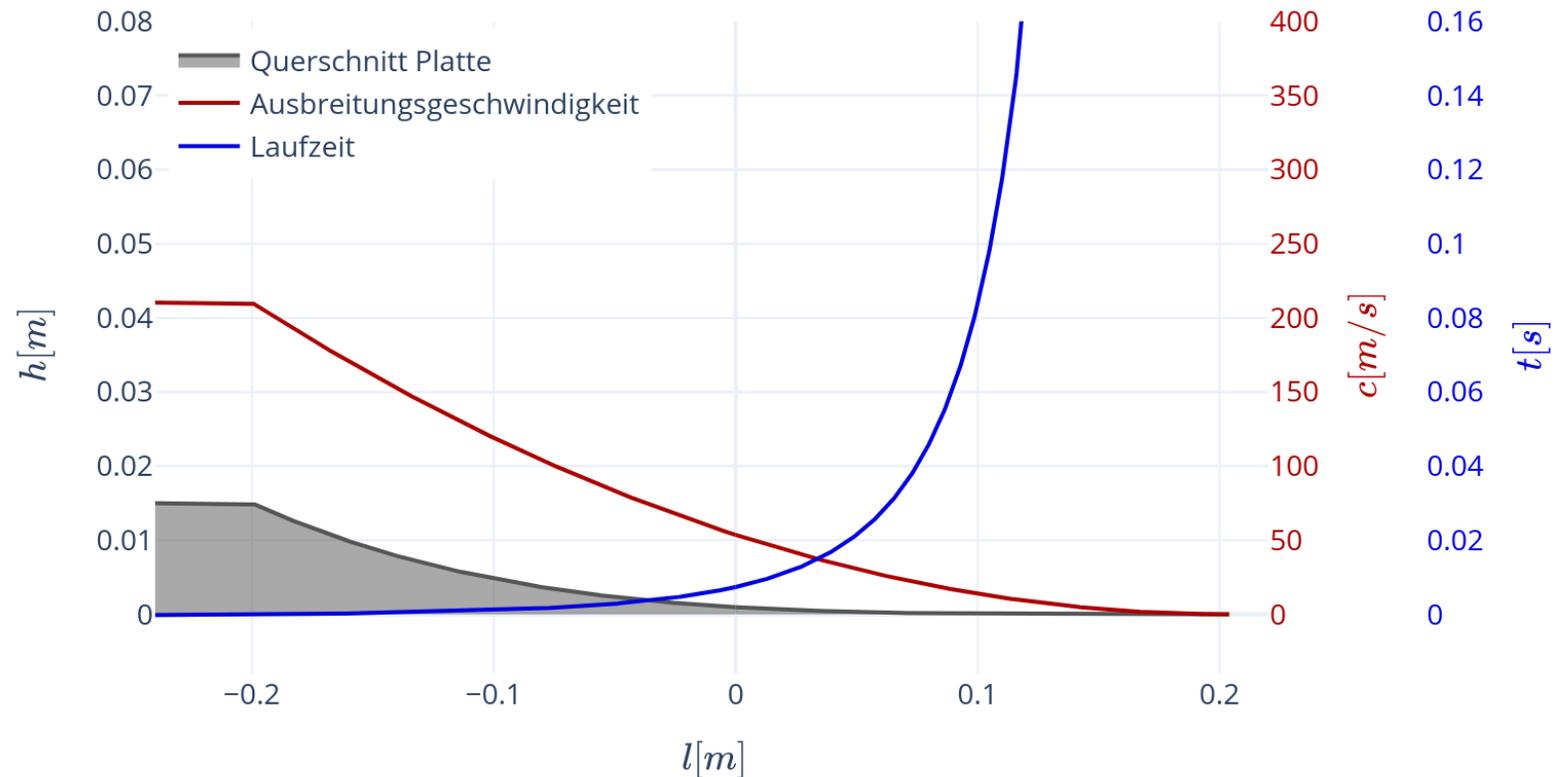
Übertragung des Prinzips

Laufzeit

$$c = C_0(f) \sqrt{h}, \quad h = h(l)$$

$$T = C(f) \int_{l_0}^{l_1} \frac{1}{\sqrt{h(l)}} dl$$

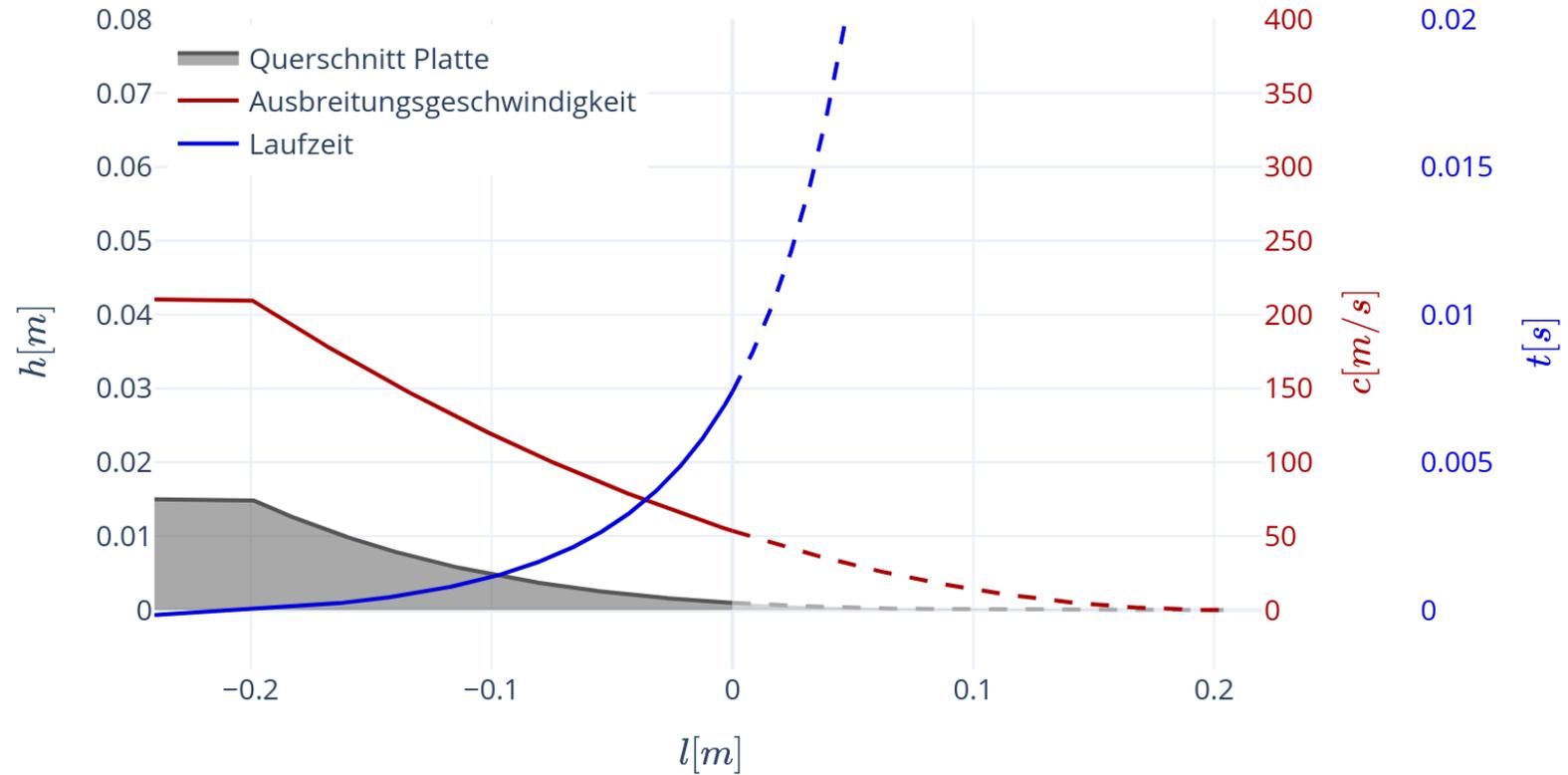
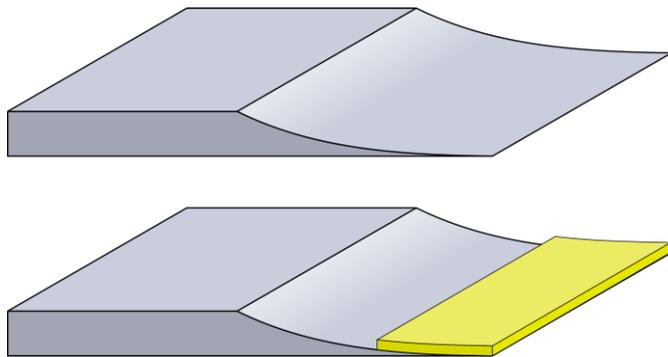
- Laufzeit $\rightarrow \infty$ ist (theoretisch) erreichbar
- Dicke des Profils $h(l)$ muss gegen 0 gehen
- Dicke muss mit Potenz höher als 2 abnehmen



Übertragung des Prinzips

Reale Platte

- Reale Platte – Endliche Dicke
- Trotzdem: stark erhöhte Laufzeit
- Effektive Dämpfung im Bereich des dünnen Endes



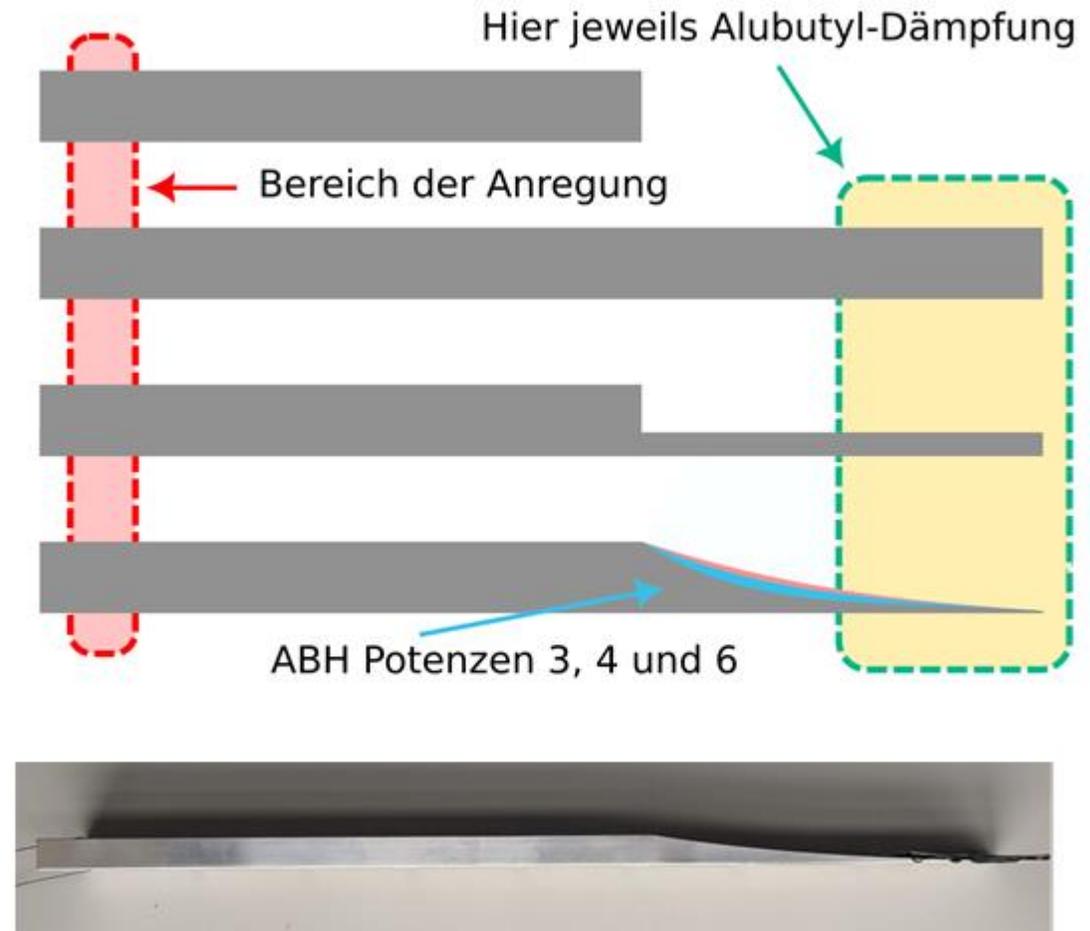


Messungen

Messungen

Vergleich

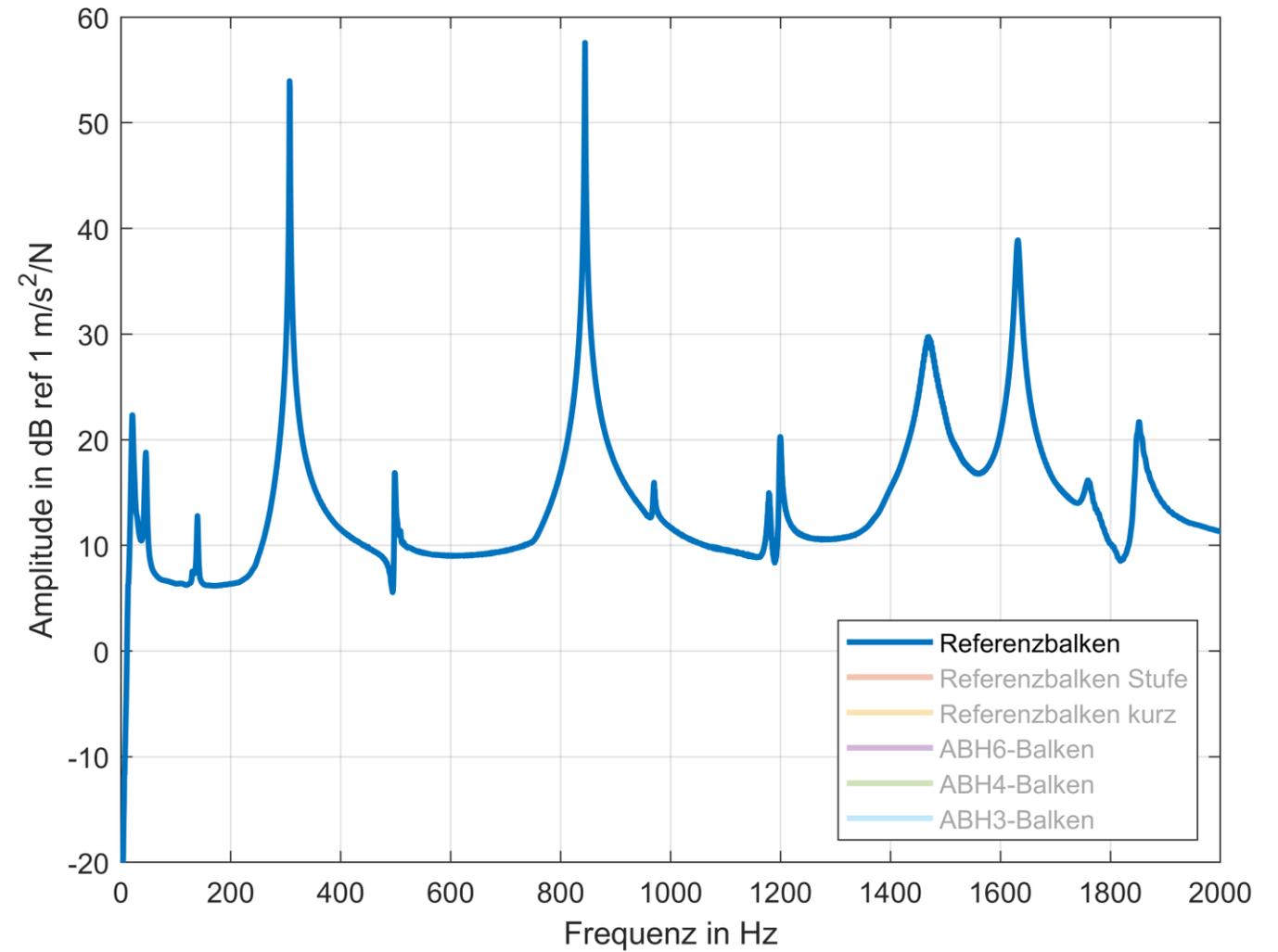
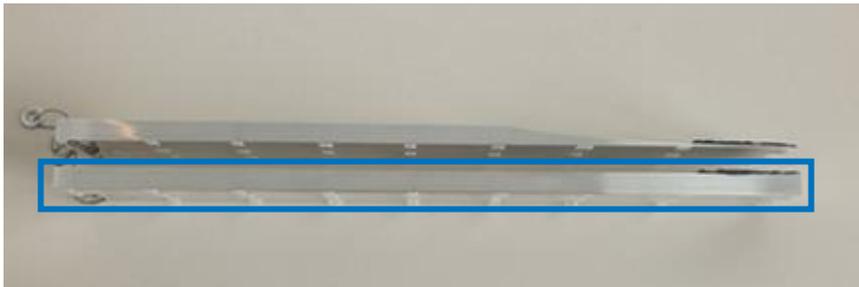
- Referenz-Balken: kurz und lang
- Gestufter Balken
- Balken mit ABH: Potenz 3, 4 und 6
- Jeweils gleiche Dämpfungs-Länge
- Messung mit dem Laser-Vibrometer
- Messpunkte: Verteilt über gesamte Fläche
- Anregung am nicht gedämpften Ende



Messungen

Referenz

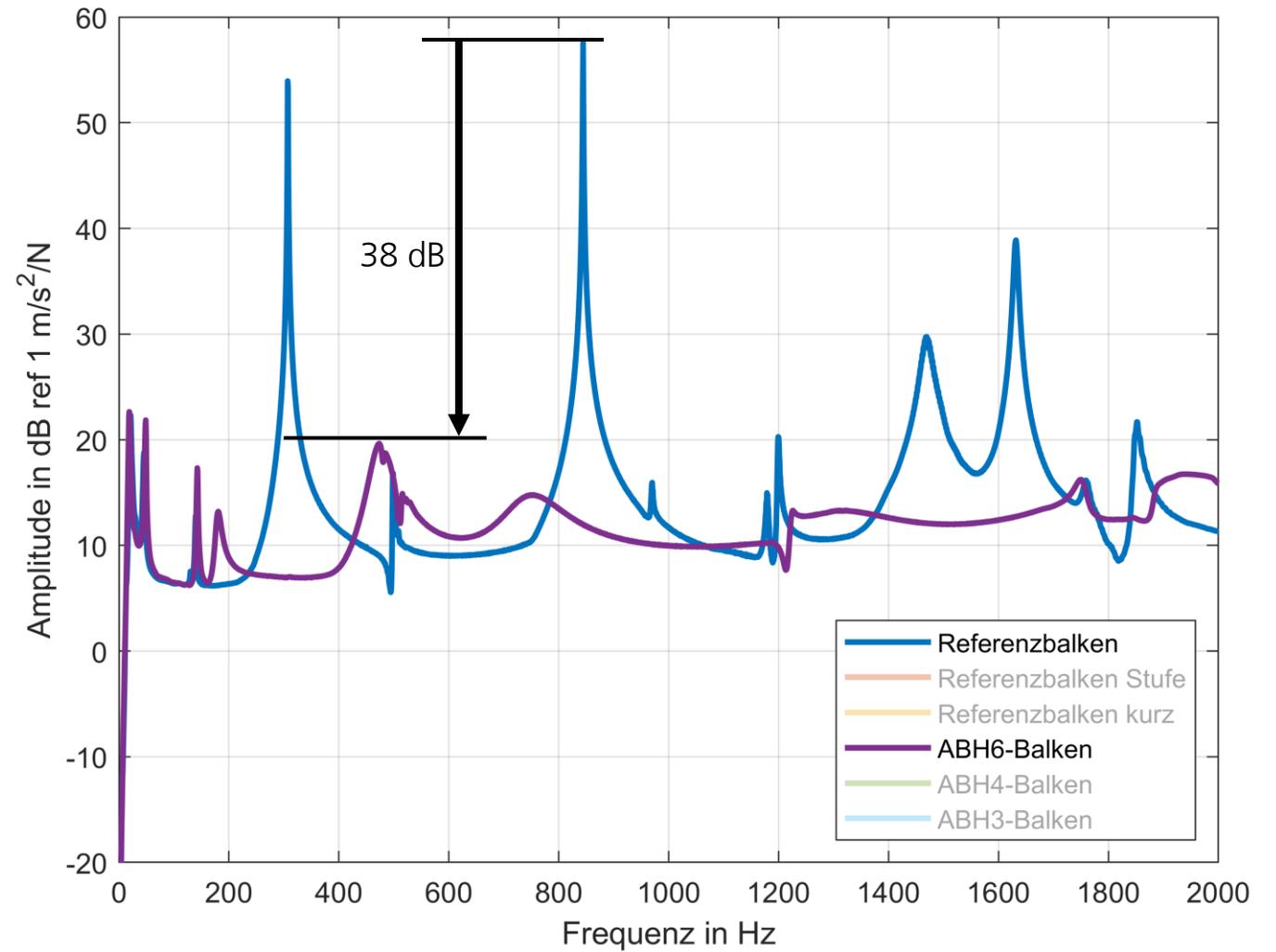
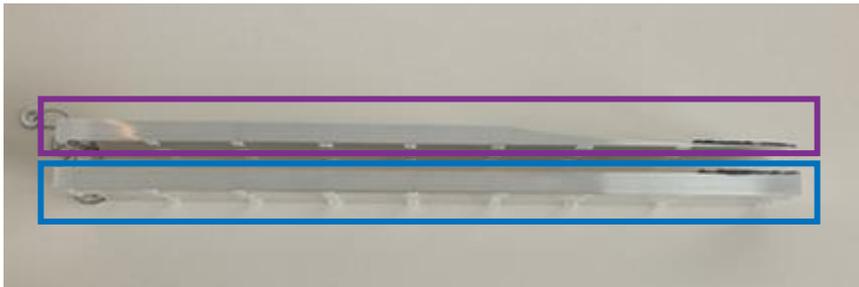
- Referenz-Balken: kurz und lang
- Gestufter Balken
- Balken mit ABH: Potenz 3, 4 und 6
- Jeweils gleiche Dämpfungs-Länge
- Messung mit dem Laser-Vibrometer
- Messpunkte: Verteilt über gesamte Fläche
- Anregung am nicht gedämpften Ende

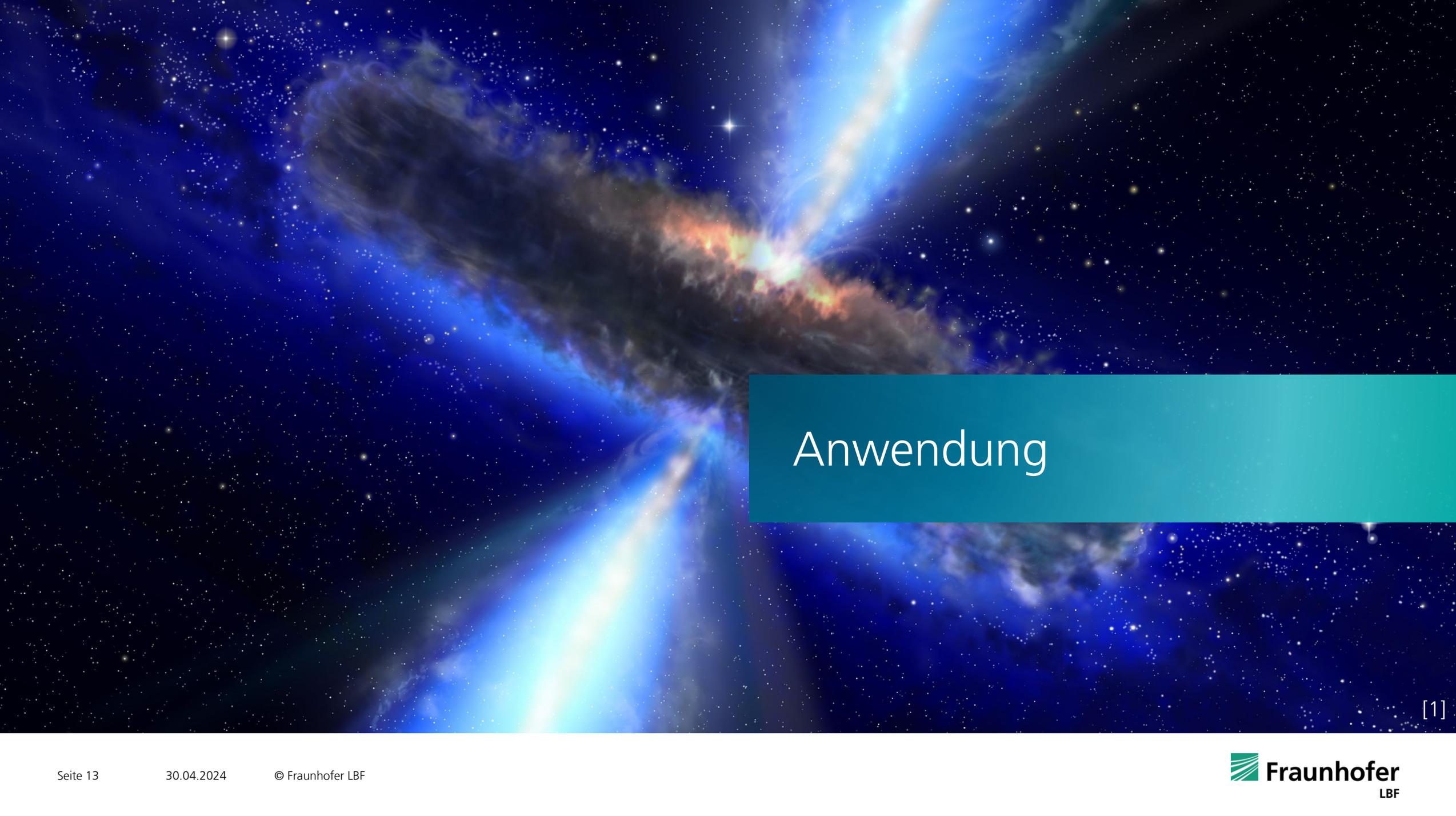


Messungen

ABH

- Referenz-Balken: kurz und lang
- Gestufter Balken
- Balken mit ABH: Potenz 3, 4 und 6
- Jeweils gleiche Dämpfungs-Länge
- Messung mit dem Laser-Vibrometer
- Messpunkte: Verteilt über gesamte Fläche
- Anregung am nicht gedämpften Ende





Anwendung

Anwendung

Vorteile

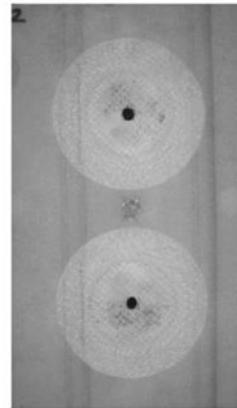
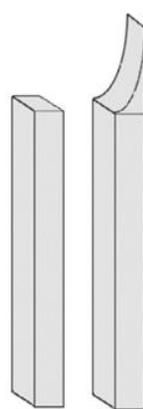
Anwendung

Ein- und zweidimensionale ABH-Strukturen

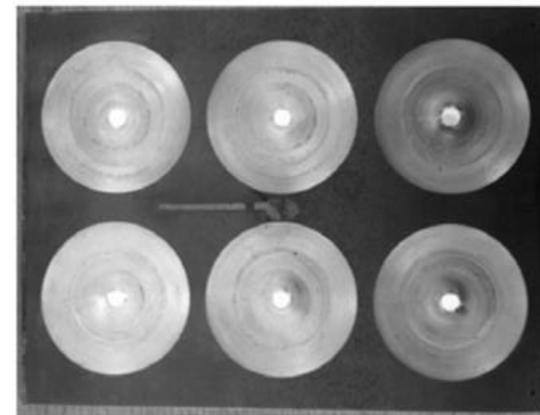
Reduktion von Körperschall

Gezielte Dämpfung im Bauteil

Metall-Dämpfung anwendbar



[6]



[5]

Vorteile

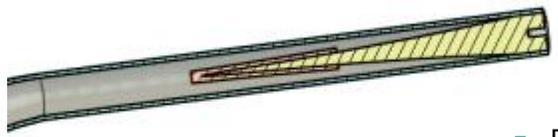
Effektive, gezielte Dämpfung in konzentriertem Bereich

Große Einsparung von Dämpfungsmaterial

Gewichts- Kosten- und Recycling-Vorteil

Anwendung

Aktuelle Arbeiten



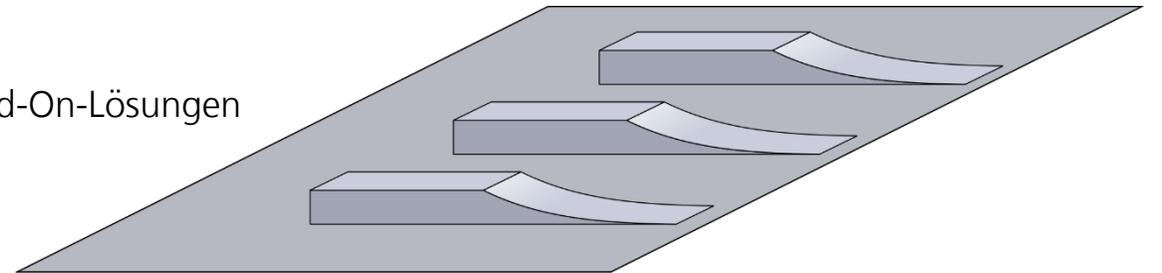
▪ Rohre



▪ Balken

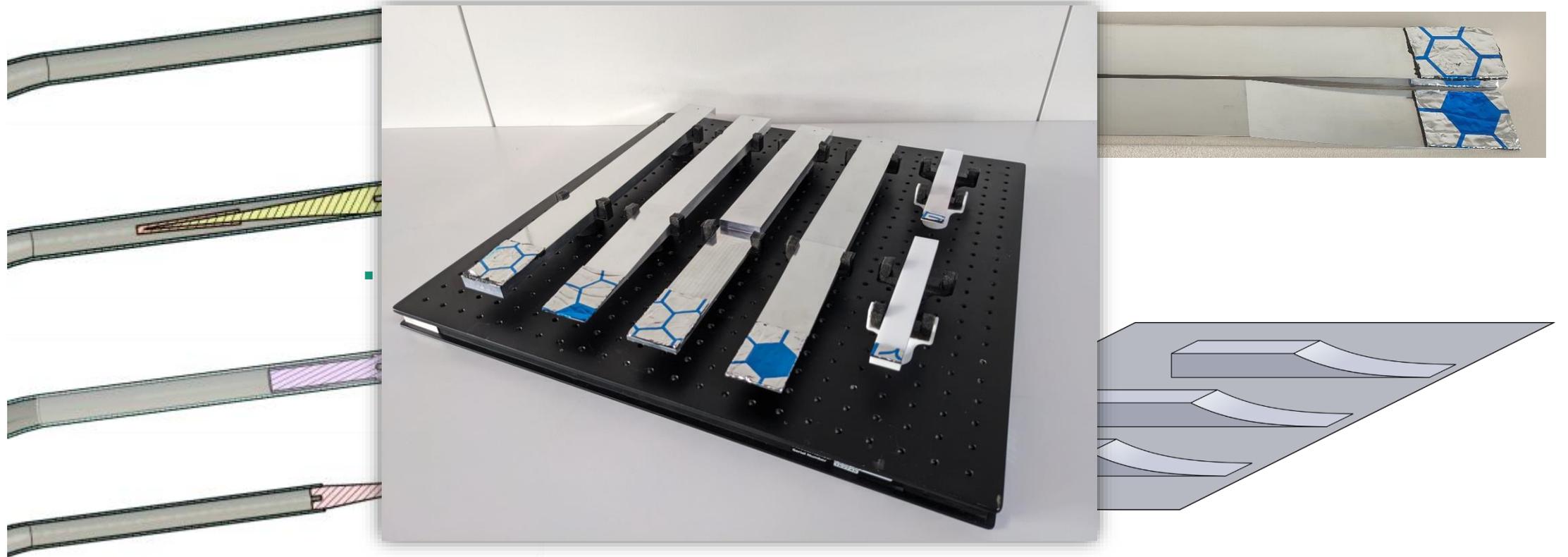


▪ Add-On-Lösungen



Anwendung

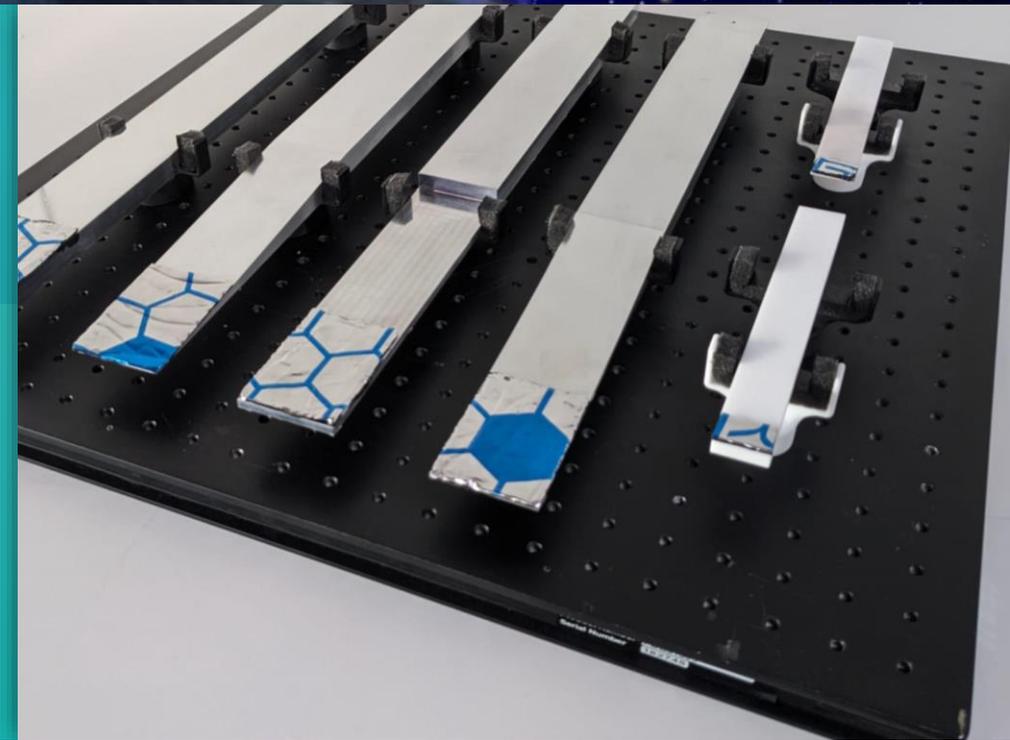
Ausstellung



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Kontakt

Sebastian Rieß, M.Sc.
Gruppe Schwingungstechnische Optimierung
Abteilung Strukturdynamik und Schwingungstechnik
Bereich Adaptronik
Tel. +49 6151 705-378
sebastian.riess@fraunhofer.de



Quellen

- [1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_dust-bound_supermassive_black_hole.jpg (16.04.2024)
- [2] Vincent, Siess. (2019). Schwarzschild's family.
- [3] <https://pixabay.com/de/illustrations/wurmloch-raum-zeit-licht-tunnel-739872/> (11.04.2024)
- [4] W. Huang, H. Ji, J. Qiu, L. Cheng, Analysis of ray trajectories of flexural waves propagating over generalized acoustic black hole indentations, *J. Sound Vib.* 417 (2018) 216–226.
- [5] E.P. Bowyer, D.J. O'Boy, V.V. Krylov, F. Gautier, Experimental investigation of damping flexural vibrations in plates containing tapered indentations of power-law profile, *Appl. Acoustics* 74 (2013)
- [6] E.P. Bowyer, V.V. Krylov, Experimental investigation of damping flexural vibrations in glass fibre composite plates containing one- and two-dimensional acoustic black holes, *Composite Structures* 107 (2014)
- [7] A. Pelat et al., The acoustic black hole: A review of theory and applications, *Journal of Sound and Vibration* 476 (2020) 115316