

Verbesserung der Schwingungseigenschaften durch den Einsatz bio-inspirierter Strukturen

Patente aus der Natur

Simone Andresen
26.10.2018

**9. Bionik-
Kongress**

in Bremen
26.-27. Oktober 2018



HELMHOLTZ
RESEARCH FOR GRAND CHALLENGES

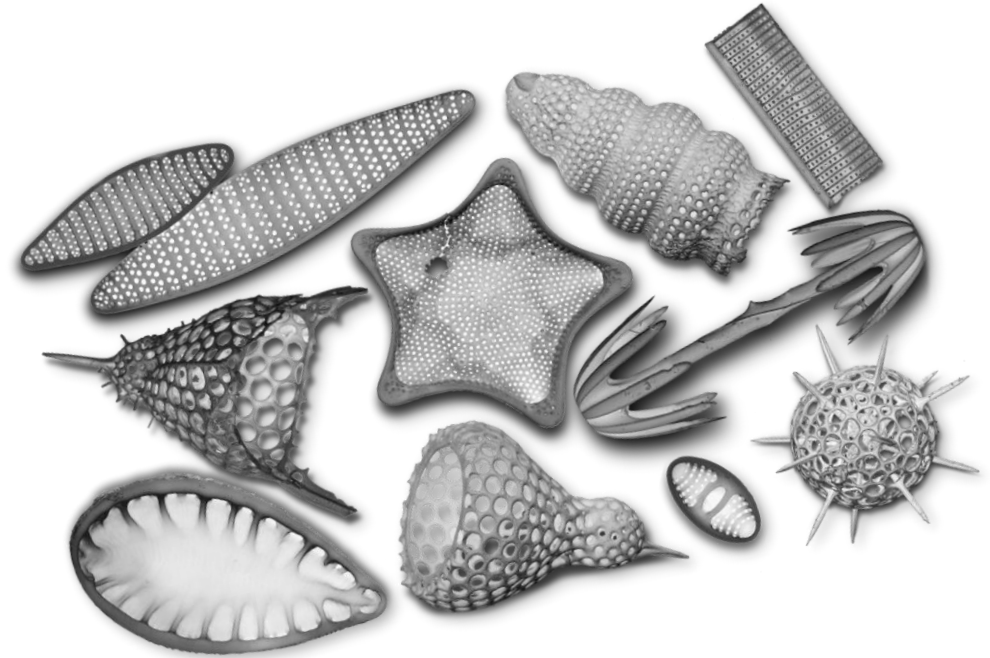
The logo for Helmholtz Research for Grand Challenges features the word 'HELMHOLTZ' in a large, bold, blue, sans-serif font. Below it, the tagline 'RESEARCH FOR GRAND CHALLENGES' is written in a smaller, green, sans-serif font.

Gliederung

1. Einleitung
2. Bio-inspirierte Gitterstrukturen
3. Anwendung: Teilchenbeschleuniger
4. Zusammenfassung

Kapitel 1

Einleitung





Alfred-Wegener-Institut

- Führende Rolle in Polar- und Meeresforschung
- ~1000 Angestellte
- Verstärkte Aktivitäten im Bereich Technologietransfer

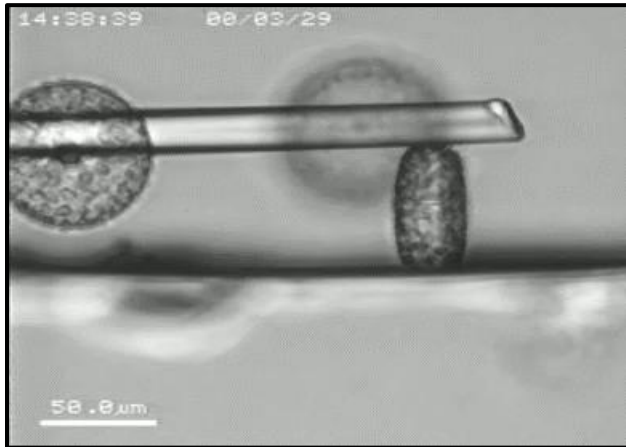


Planktonorganismen dienen als hocheffiziente Leichtbaulösungen

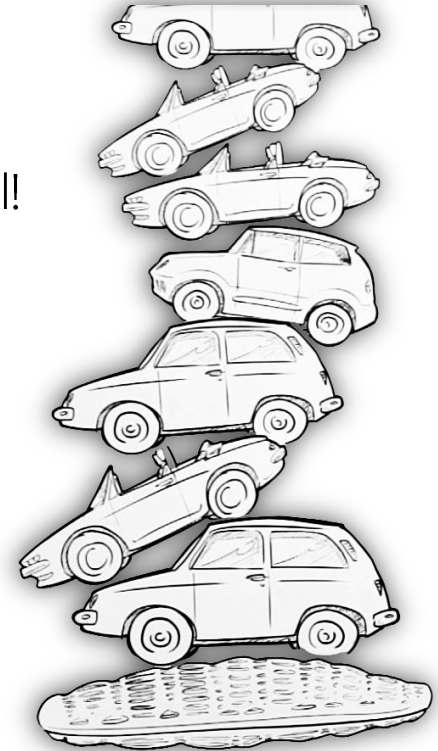
Silikatschalen halten einem Druck von ca. **700 t m⁻²** stand.



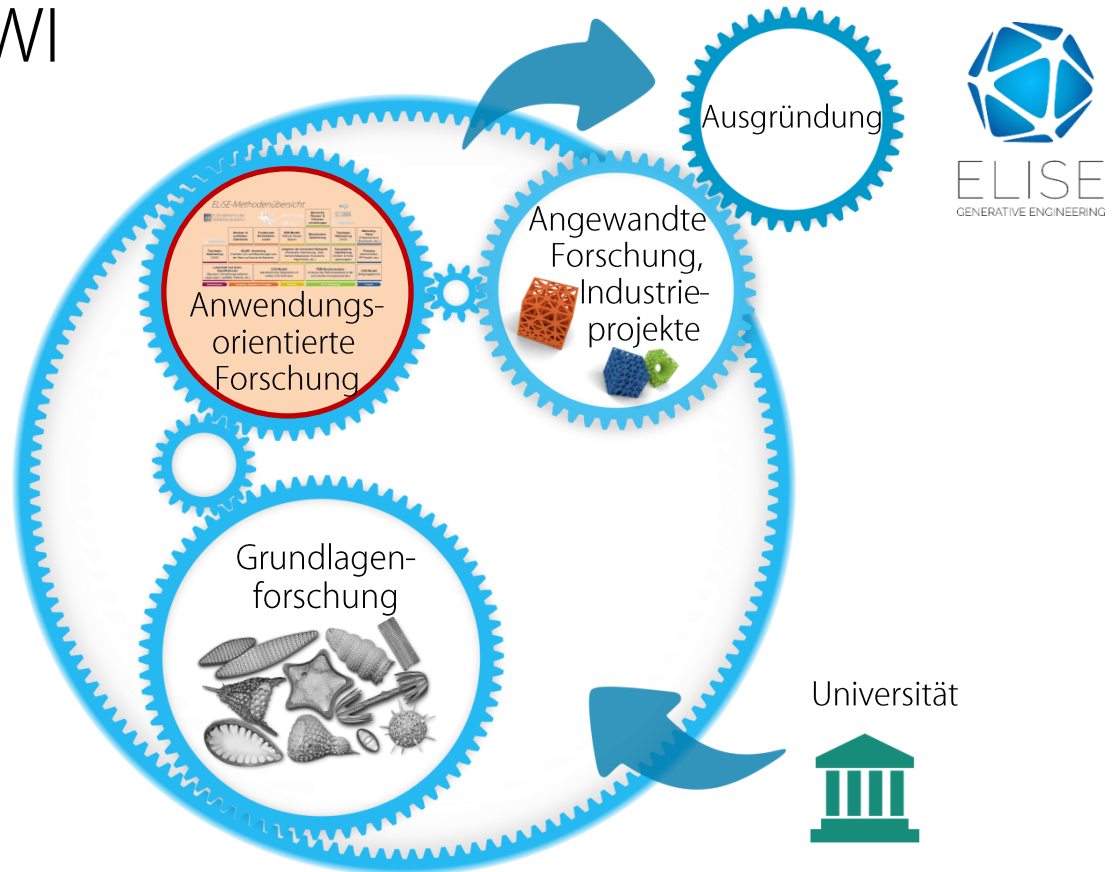
Das entspricht 150 Kleinwagen auf einem Gullideckel!



(Hamm et al. 2003, *Nature* 421, 841-843)



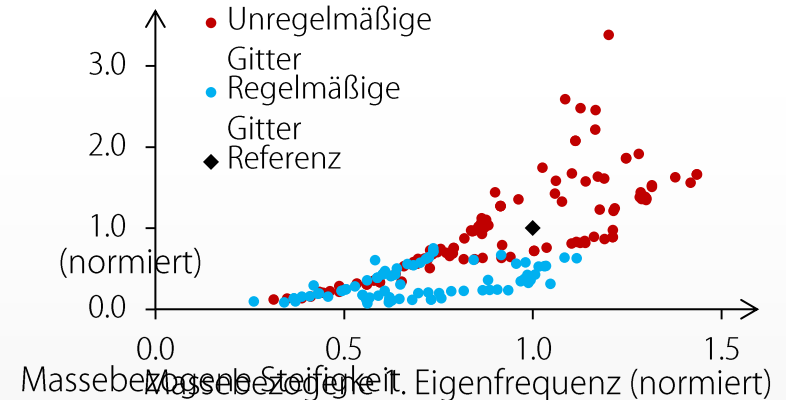
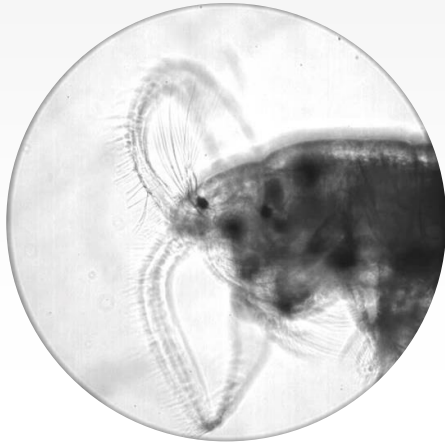
Expertise am AWI



Neues Thema: Verbesserung der Schwingungseigenschaften

Beobachtungen aus der Biologie

„Schüttelangriffe“ der Ruderfußkrebse auf Diatomeen, deren schützende Schalen dem standhalten müssen



Hohes Potenzial der unregelmäßigen, bio-inspirierten Gitterstrukturen zur Verbesserung der Schwingungseigenschaften

Untersuchungen aus der Technik

Neues Thema: Verbesserung der Schwingungseigenschaften

Projektziele

- ★ Untersuchung des Einsatz bio-inspirierter Strukturen zur Verbesserung der Schwingungseigenschaften
- ★ Gezielte Maximierung von Eigenfrequenzen
- ★ Optimierung von Strukturen im Hinblick auf ihre Schwingungseigenschaften
- ★ Kooperation mit dem Deutschen Elektronen Synchrotron (DESY):
Optimierung von Trägerstrukturen

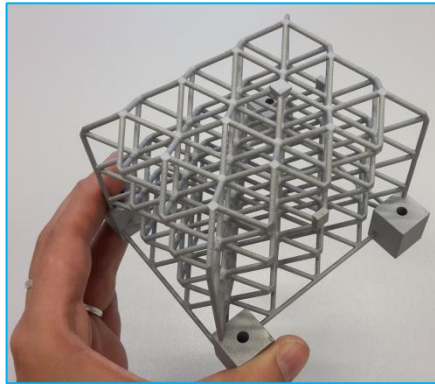
Kapitel 2

Bio-inspirierte Gitterstrukturen

...führen zu deutlich höheren
Eigenfrequenzen als regelmäßige
Gitterstrukturen.

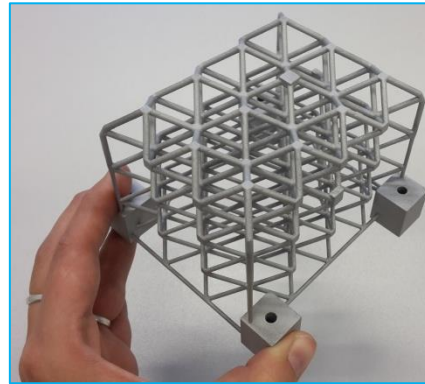
Vergleich verschiedener Gitterstrukturen

Regelmäßiges Gitter,
konstanter
Strebenquerschnitt



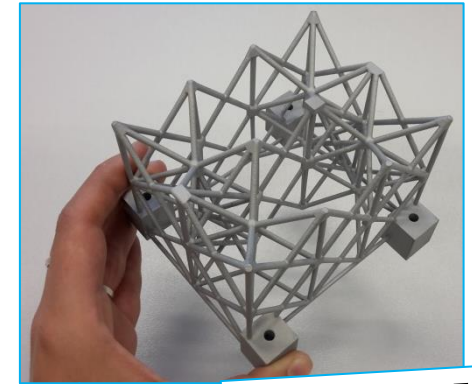
Parameterstudie

Regelmäßiges Gitter,
unregelmäßiger
Strebenquerschnitt



Optimierung mit Evolutionsstrategie

Unregelmäßiges Gitter,
unregelmäßiger
Strebenquerschnitt



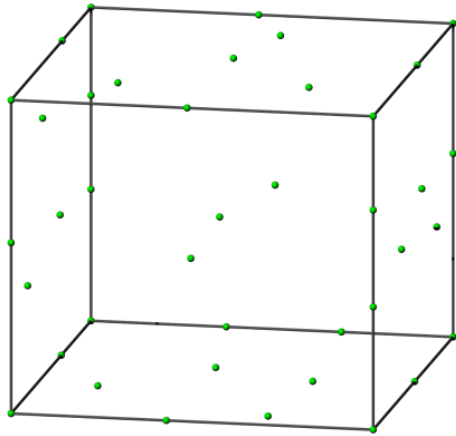
Winkel $\geq 45^\circ$

Ziel: Maximierung der 1. Eigenfrequenz

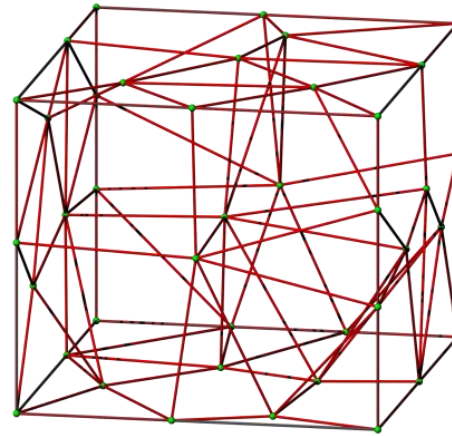
Konstante Masse: 127 g; Material: AlSi10Mg

Generierung unregelmäßiger Gitter

Verbindung benachbarter Punkte



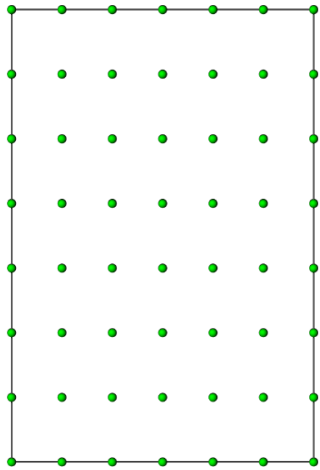
Punkteverteilung
in einem Volumen



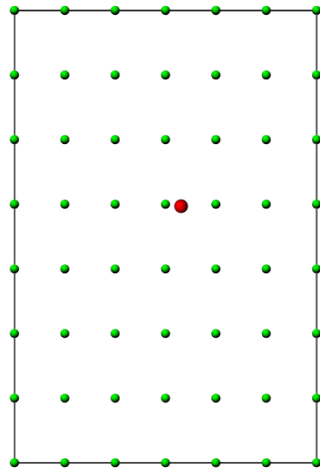
Verbindung jedes Punktes mit
einer bestimmten Anzahl an
Nachbarpunkten

Generierung unregelmäßiger Gitter

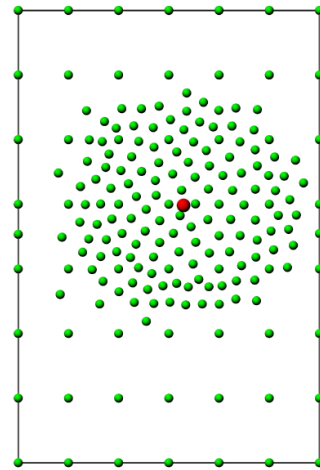
Die Punkteverteilung – und somit das Gitter – lässt sich mit Hilfe von Attraktoren beeinflussen.



Punkteverteilung
(hier: regelmäßig)



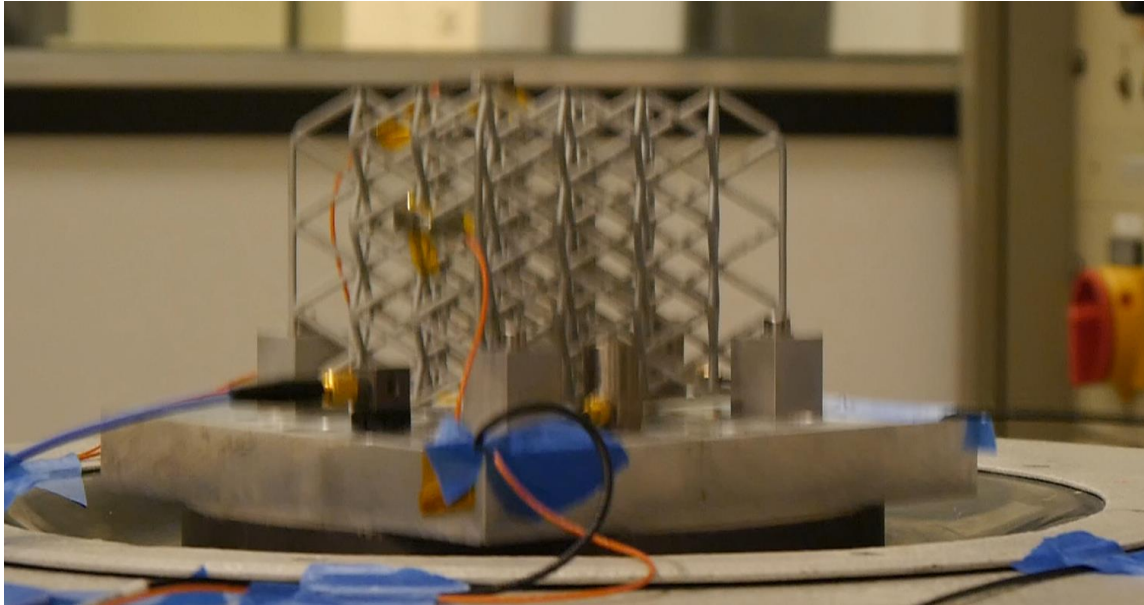
Definition eines Attraktors
(hier: roter Punkt)



Dichte der Punkteverteilung
wird lokal verändert.

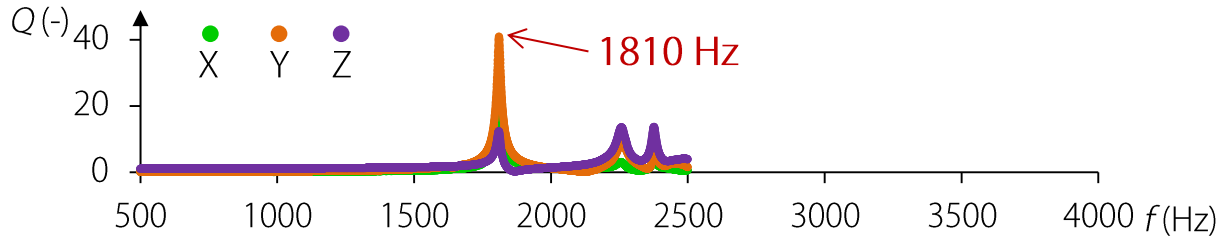
Schwingungsmessungen der Gitterstrukturen

Durchführung von Schwingungsmessungen im Vibrationslabor des DLR Bremen

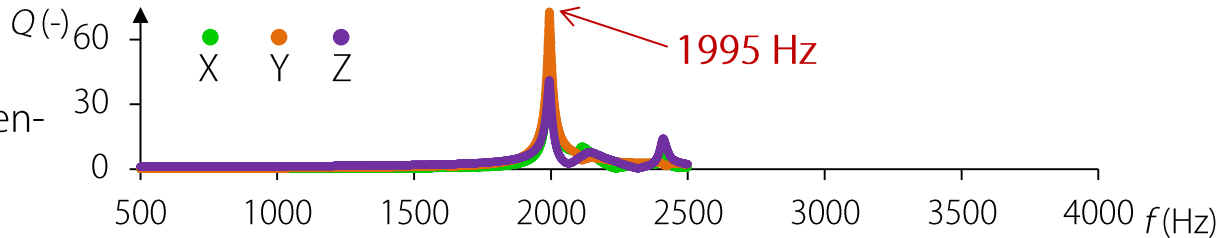


Schwingungsmessungen der Gitterstrukturen: Betrag der Übertragungsfunktion

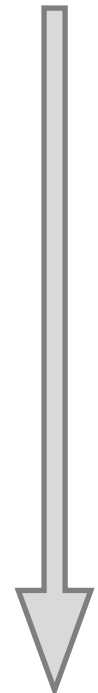
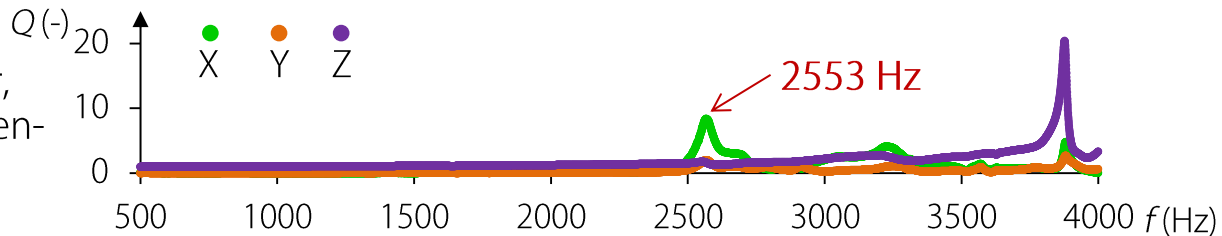
Regelmäßiges Gitter,
konstanter Streben-
querschnitt



Regelmäßiges Gitter,
unregelmäßiger Streben-
querschnitt



Unregelmäßiges Gitter,
unregelmäßiger Streben-
querschnitt



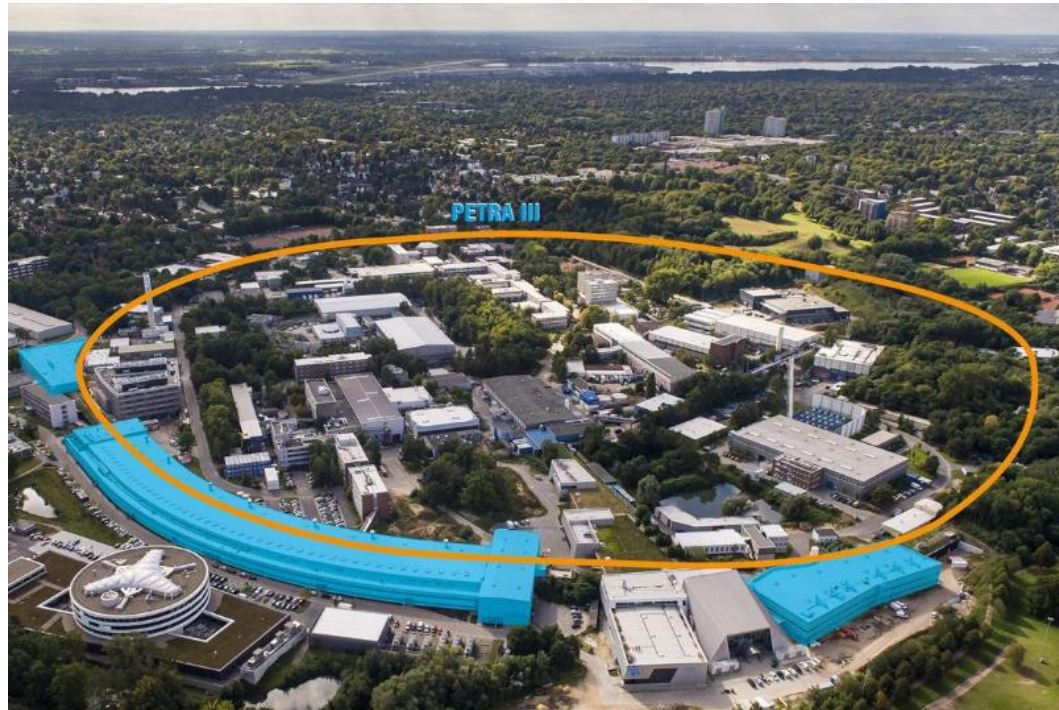
Zuzahme

Kapitel 3

Anwendung: Trägerstrukturen von Teilchenbeschleunigern



Problemstellung



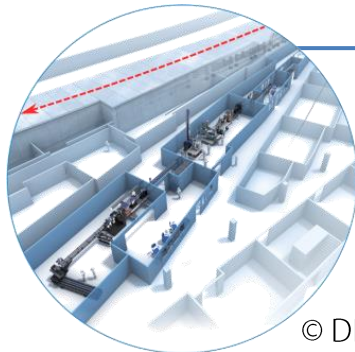
© DESY 2016

Geplantes Upgrade bei
DESY:
Röntgenstrahlungsquelle
PETRA III soll zu PETRA IV
umgebaut werden.

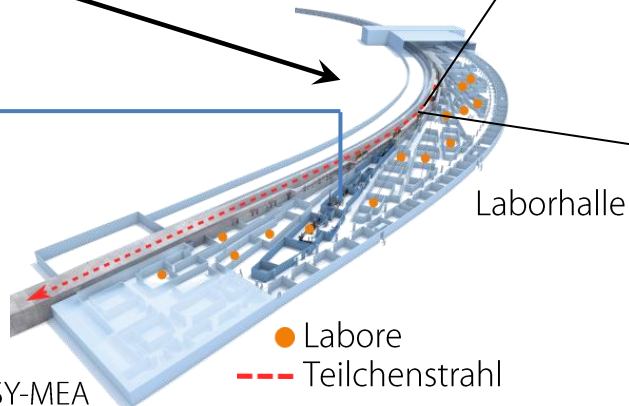
Problemstellung



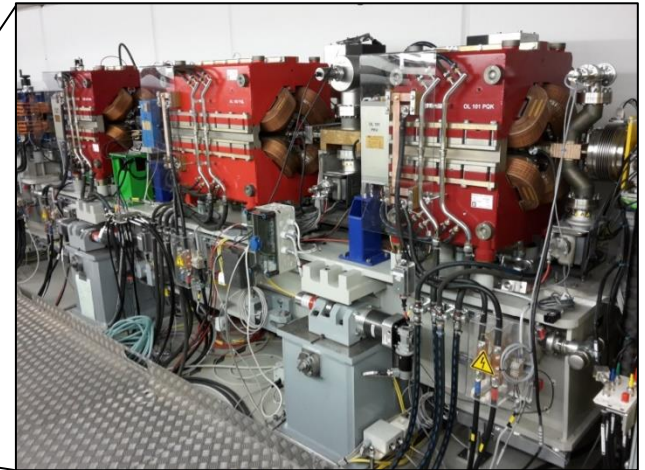
© DESY 2016



© DESY-MEA



„Blick in den Tunnel“



Aufgabe:
Optimierung der
Trägerstrukturen (grau)
der Magnete

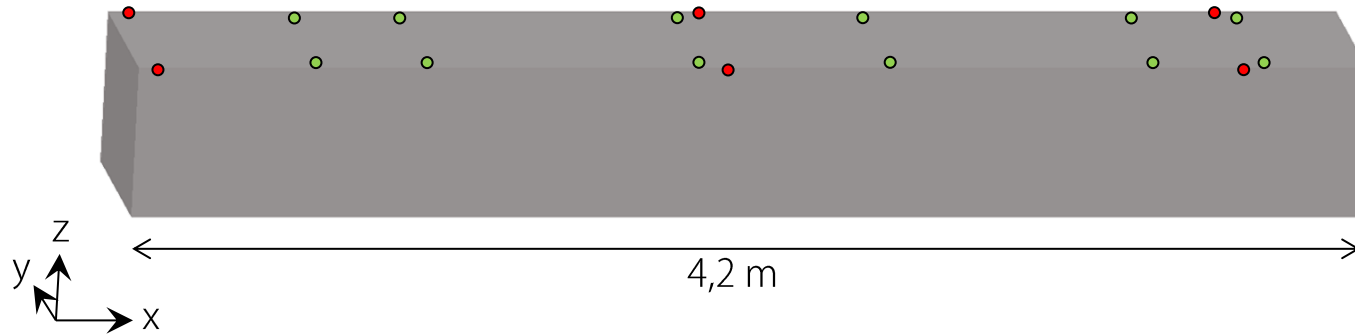
Problemstellung

Anforderungen an die optimierte Trägerstruktur

- ★ Hohe Eigenfrequenzen → Stärkste Bodenvibrationen sind im Frequenzbereich < 40 Hz
- ★ Hohe Steifigkeit → Trägerstruktur muss dem hohen Gewicht der Magnete standhalten
- ★ Geringe Masse → Transport der mit Magneten bestückten Trägerstruktur muss möglich sein

Verschiedene Designansätze

Designraum

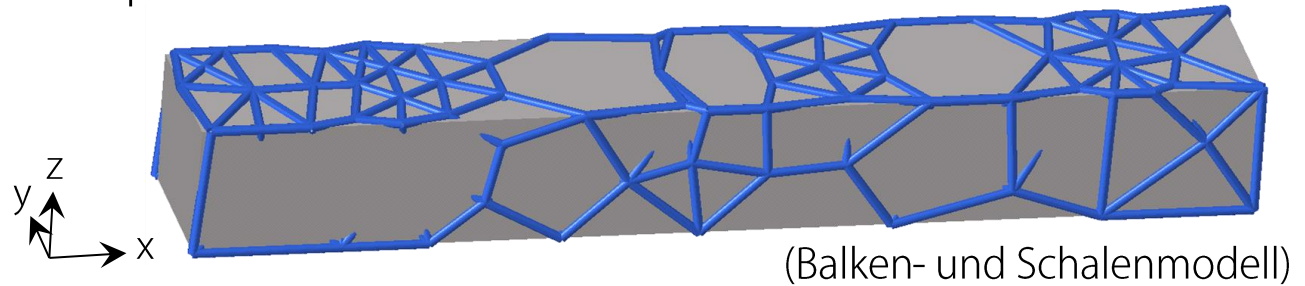


- Einspannungen
- Befestigungspunkte der Magnete

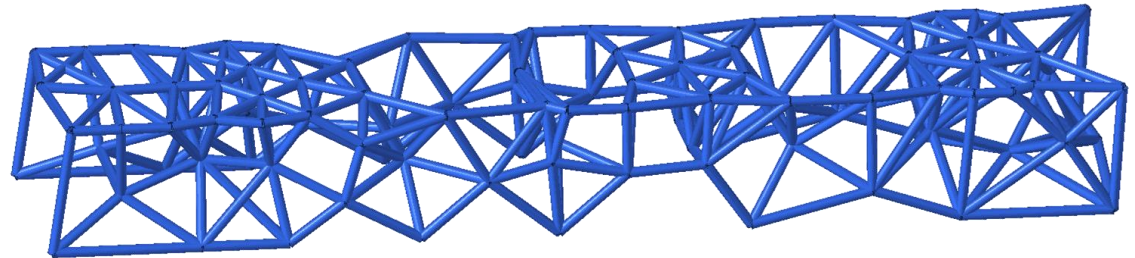
Verschiedene Designansätze

1. Bio-inspirierte Gitterstrukturen

Gitter in einem Hohlquader

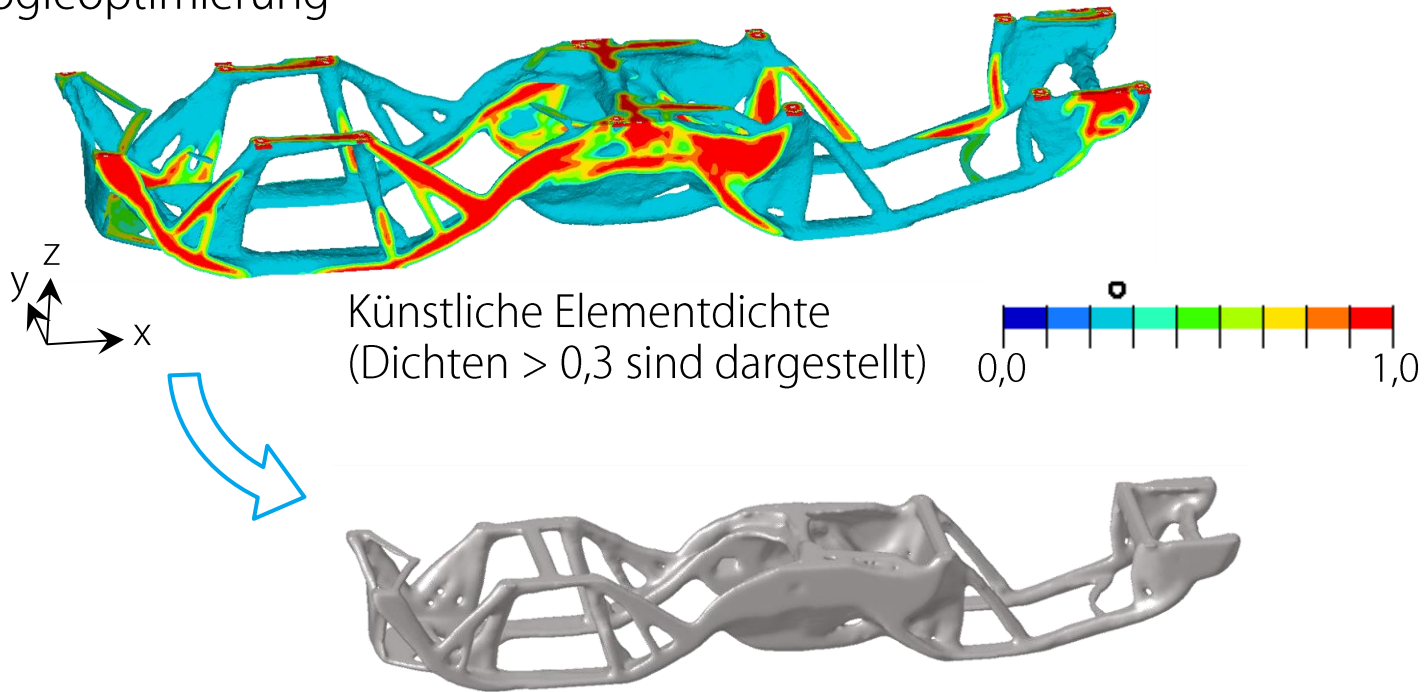


Äußere Wände
ausgeblendet:



Verschiedene Designansätze

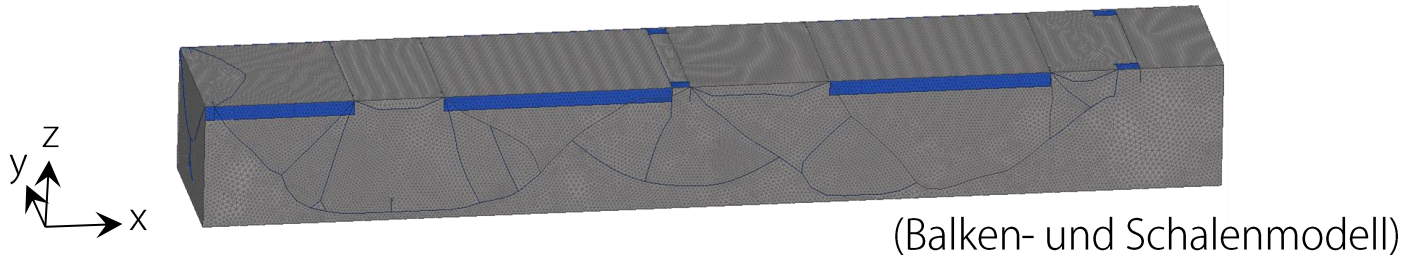
2. Topologieoptimierung



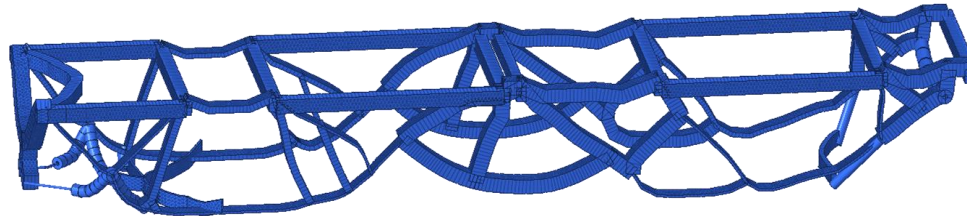
Verschiedene Designansätze

3. Strukturelle Optimierung mit Evolutionsstrategie

- Basiert auf dem Ergebnis einer Topologieoptimierung
- Lastpfade werden als Rippen und innere Streben abstrahiert
- Optimierungsrechnungen ergeben optimale Dicken und Querschnitte

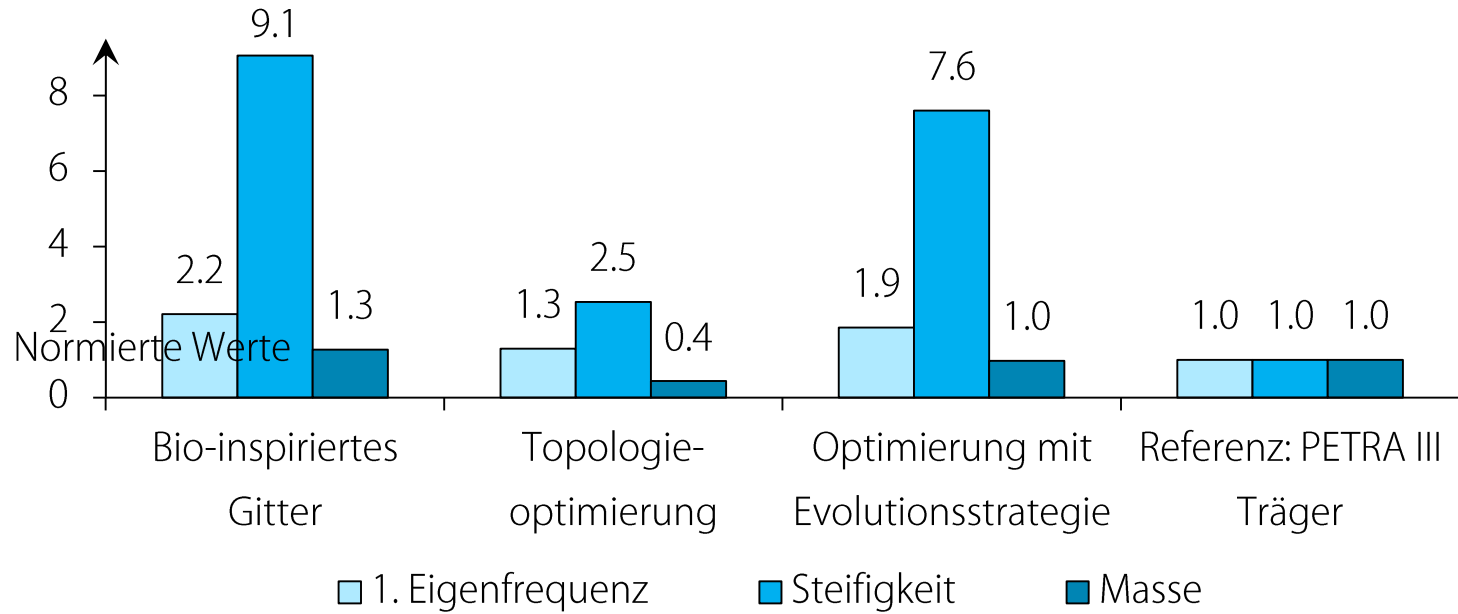


Äußere Wände
ausgeblendet:



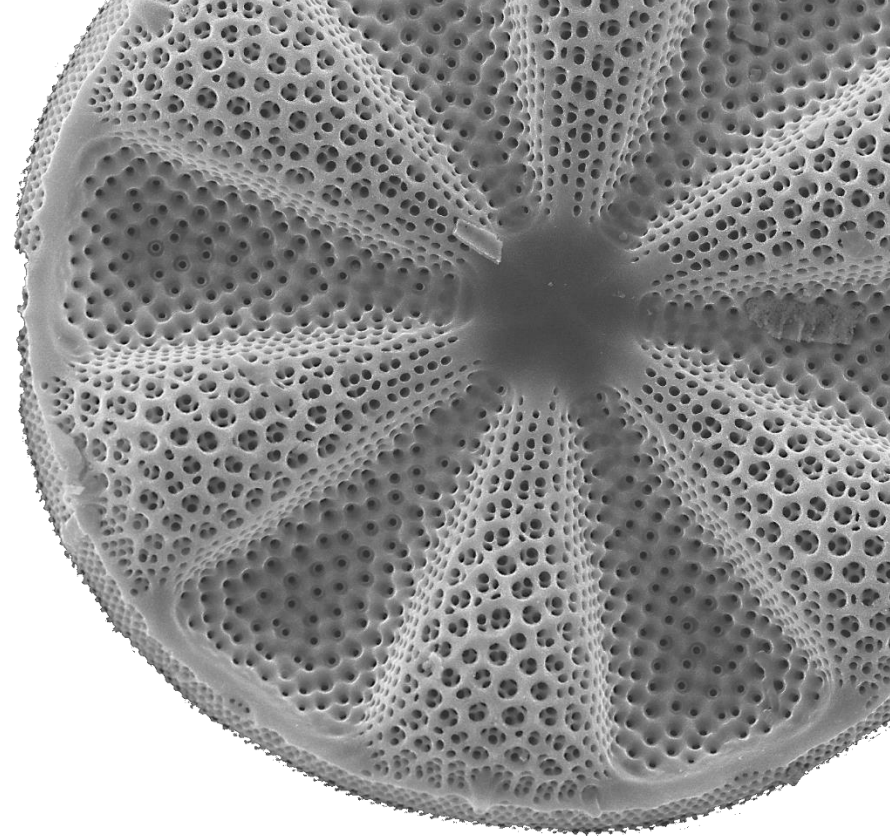
Verschiedene Designansätze

Vergleich der Ansätze



Kapitel 4

Zusammenfassung



Zusammenfassung

- „Schwingungsoptimierung“ als neues Thema in der Abteilung „Bionischer Leichtbau“ des AWI
- Bio-inspirierte, unregelmäßige Gitterstrukturen führen zu höheren Eigenfrequenzen als regelmäßige Gitterstrukturen.
- Zur Optimierung von Magnetträgerstrukturen von Teilchenbeschleunigern werden verschiedene bio-inspirierte Designansätze berücksichtigt.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Simone Andresen

Alfred Wegener Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
AG Bionischer Leichtbau & Funktionale Morphologie

Bussestr. 27, 27570 Bremerhaven

Tel: 0471-4831-2827

E-Mail: simone.andresen@awi.de