

Mechanische Metamaterialien für Strukturelle Anwendungen

Mechanical metamaterials for structural applications

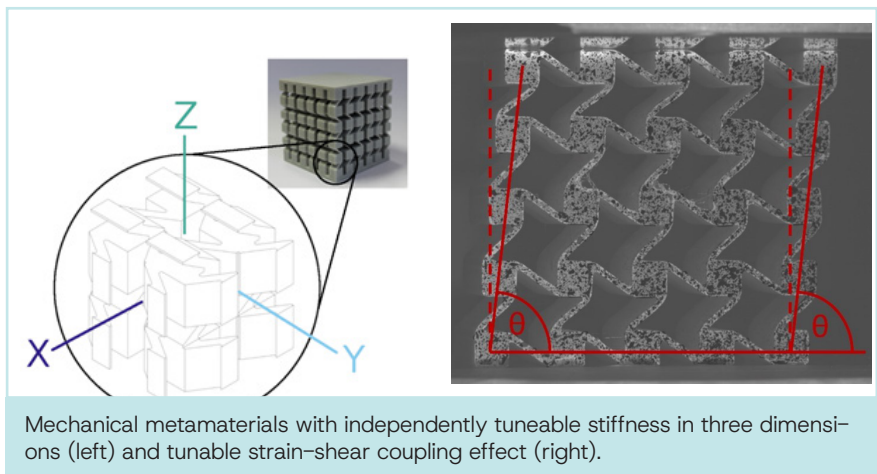
Mechanische Metamaterialien sind Strukturen mit ungewöhnlichen mechanischen Eigenschaften. Dabei sind die Eigenschaften das Resultat der jeweiligen Geometrie der Struktur und unabhängig von der chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials. Damit lassen sich unter anderem Strukturen mit auxetischem Verhalten, variabler Steifigkeit oder einstellbarer Druck-Scherkopplung realisieren.

Am PCCL wurden mehrere neue mechanische Metamaterialien entwickelt. So wurden zum Beispiel Strukturen hergestellt, die es ermöglichen die Steifigkeit unabhängig in den drei Raumrichtungen zu steuern (siehe Abb. links). Damit können isotrope, orthotrope und anisotrope Strukturen gezielt und einfach entwickelt werden. Untersuchungen an Metamaterialien auf Basis von chiralen Strukturen zeigen eine Druck-Scherkopplung (siehe Abb. rechts). Diese kann genutzt werden um komplexe Mechanismen auf Basis von Metamaterialien zu realisieren.

Parallel zur Entwicklung neuer mechanischer Metamaterialien wird intensiv an deren praktischer Anwendung geforscht. Ein Beispiel ist die Umsetzung eines einstellbaren Tellerfedersystems. Durch gezielte Anpassung geometrischer Parameter lassen sich Steifigkeit und Kompressionsweg der Federn präzise steuern, was die Herstellung einzigartiger und maßgeschneiderter Kraft-Weg-Kurven ermöglicht. Darüber hinaus befindet sich ein auf mechanischen Metamaterialien basierender Überlastschutz für kardiovaskuläre Klemmen in Entwicklung. Das Prinzip beruht auf einer lokalisierten Verformung der Klemme, die eine gleichmäßigere Kraftverteilung bewirkt. Dadurch wird das Gewebe vor Belastungen geschützt und das Risiko von Verletzungen minimiert.

Mechanical metamaterials are engineered structures with unique properties derived from their geometrical arrangements rather than chemical composition. Through careful design of their internal architecture, these materials can achieve unprecedented mechanical behaviours, such as

customizable force-displacement curves. Additionally, an overload protection for cardiovascular clamps using mechanical metamaterials is under development, designed to distribute forces evenly and protect tissue from concentrated stress and damage. ▲



Mechanical metamaterials with independently tuneable stiffness in three dimensions (left) and tunable strain-shear coupling effect (right).

auxetic properties, variable stiffness, and strain-shear coupling effects.

The PCCL has developed several new mechanical metamaterials with tuneable properties. Research has explored structures with independently controllable stiffness in all three spatial directions, enabling the design of isotropic, anisotropic, and orthotropic structures with varying compression moduli (see Figure left). Studies on chiral-based metamaterials have demonstrated coupling effects between normal strain and shear deformation, broadening the range of achievable mechanical behaviours (see Figure right). These developments showcase advancements in creating versatile metamaterial designs with precisely adjustable properties. Alongside the development of new mechanical metamaterials, practical applications are being explored. A notable example is a tuneable disc-spring-system, where adjusting geometric parameters allows precise control over spring stiffness and compression length, enabling

at a glance & contact

Funding: FFG COMET Modul (REPAIRTECTURE, CHEMITECTURE), mEra-Net (AtraumaBioMat), BMIMI, BMWET, Provinces of Styria and Upper Austria
Partners: IPM, JKU, MUL-KC, PCCL,



Mathias Fleisch, MSc.
 mathias.fleisch@pccl.at
 +43 3842 42962-735



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
 gerald.pinter@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2101