

Katastrophen, die Millionen von Menschenleben kosten haben meist ein zugrunde liegendes Phänomen: Das Versagen von einzelnen Bausteinen führt zum Versagen der gesamten Struktur und der vorgesehenen Funktion. Das Bruch- und Verformungsverhalten von synthetischen Materialien wurde bisher intensiv studiert und führte zur nachhaltigen Veränderung unserer Umgebung. Bisher sind jedoch die Versagensmechanismen von biologischen Systemen nicht im Detail analysiert und stellen somit eine Möglichkeit dar neue Konzepte und Paradigmen in den Materialwissenschaften zu entwickeln.

In dieser Arbeit führen wir eine systematische Analyse von alpha-helix basierten Proteinmaterialien (PMs) durch. Dazu leiten wir ein mathematisches Festigkeitsmodell her, das uns Voraussagen über die Festigkeit von PMs in Abhängigkeit der geometrischen Architektur ermöglicht.

Dieses Modell wird mit atomistischen Simulationen kombiniert, um die grundlegenden Bruchmechanismen von alpha-helixbasierten (AH) Proteinen mit/ohne strukturelle Defekte auf verschiedenen Zeit- und Längsskalen zu studieren. Ebenfalls weisen wir die Fehlerrobustheit von IF-Proteinnetzwerken nach. Hierfür entwickeln wir ein weniger detailliertes und dadurch effizienteres („grobkörnigeres“) Simulationsmodell.

Am Ende unserer Arbeit diskutieren wir materialwissenschaftliche und systembiologische Aspekte nanostrukturierter hierarchischer Materialien. Aus unseren Analysen kann geschlossen werden, dass das hierarchische nanostrukturbasierte Design von PMs es ermöglicht, scheinbar widersprüchliche Materialeigenschaften zu verbinden und stellen somit ein hohes Potential für zahlreiche neu bioinspirierte Materialkonzepte dar.