

Verformung und Versagen im auxetischen Nanokompositgefüge des Napfschneckenzahns

M. Wurmshuber*, J.-K. Kim, J. Wilmers, X.-L. Peng, Y. Liu, H. Gao, S.H. Oh, S. Bargmann, M. Göken, D. Kiener

*Lehrstuhl WW1, Department Werkstoffwissenschaften, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 5, 91058 Erlangen, Deutschland

Die Zähne der gemeinen Napfschnecke (*Patella vulgata*) zeigen die höchste Festigkeit aller in der Natur vorkommenden Materialien, sogar höher als die der Spinnenseide. Zurückzuführen ist diese hohe Festigkeit von über 3 GPa auf das Nanokompositgefüge des Zahns, welches aus Eisenoxid-Stäbchen (Goethit) eingebettet in eine Siliziumoxid-Matrix besteht. Hier gibt es einen Unterschied zwischen dem Teil des Zahnes der beim Schabvorgang der Nahrungsaufnahme vorgeht (leading part) und dem der nachzieht (trailing part). Während der trailing part aus größeren, weniger dicht gepackten und eckigeren Stäbchen besteht, weist der leading part kleinere, dichter gepackte und rundliche Nanostäbchen auf. Des Weiteren ist die Anordnung der Stäbchen unterschiedlich: im trailing part sind sie parallel zur Zahnachse ausgerichtet, im leading part ordnen sie sich in chiralen Strukturen an, mit Stäbchenbündel umgeben von senkrecht dazu ausgerichteten Stäbchen. Diese chirale Anordnung führt zu einer auxetischen Materialantwort auf mechanische Belastung, also einer negativen Querkontraktionszahl. Dieses außerordentliche Verhalten erlaubt es dem Napfschnecken Zahn Spannungskonzentrationen umzuverteilen und erklärt die äußerst hohe Festigkeit des Keramik-Keramik-Kompositgefüges. Das Verformungs- und Bruchverhalten des Napfschnecken Zahns – sowohl im trailing als auch im leading part – werden in dieser Arbeit mit Hilfe von mikromechanischen Methoden untersucht und diskutiert. Nanoindentation, Mikropillarversuche und Mikrobruchversuche zeigen zusammen mit TEM Untersuchungen und FEM Simulationen, warum dieses Material so fasziniert und ein Vorbild für zukünftige bioinspirierte Werkstoffe sein kann.

