

## Ein unverwüstlicher Biss

**Zähne bestehen aus Dentin, einem Verbundwerkstoff der Natur. Berliner Forscher haben nun gezeigt, was die Substanz in unserem Mund so stark macht: winzige, unregelmäßige Kristallpartikel mit der Festigkeit von Baustahl. Von Christian Gruber**

Die Biomineralisation ist so alt wie das Leben auf der Erde. Vor etwa 3,5 Milliarden Jahren bildeten Cyanobakterien mit ihren Ausscheidungen Kalkgestein: Sie gewannen Energie aus dem Kohlendioxid der Atmosphäre und füllten dabei Calciumcarbonat aus. Seither hat die Evolution sich eine ganze Reihe weiterer Mineralisationsprozesse einfallen lassen, die von Organismen betrieben werden - bis hin zu chemischen Reaktionen, bei denen perfekte Kristalle entstehen oder natürliche Verbundwerkstoffe, mit denen kein menschengemachtes Material mithält.

Eins dieser unverwüstlichen Materialien ist das Zahnbein oder Dentin. Stammesgeschichtlich gesehen, hat es sich bewährt und kommt bereits in den Schuppen und Zähnen von Knorpelfischen vor, die vor über 400 Millionen Jahren entstanden und mit den Haien, Rochen und Seekatzen rund 4 Prozent aller heute noch lebenden Fischarten ausmachen. Dentin kann von den meisten Wirbeltieren gebildet werden, deren Vorfahren Knorpelfische waren.

Damit sind wir beim Menschen. Etwa 5000-mal am Tag beißen wir zu. Drei Muskeln sind am Schließen des Mundes beteiligt, ihre Kraft verteilt sich auf die einzelnen Zähne. Mit welchem Druck wir unsere Nahrung zerkleinern, hängt davon ab, ob wir hinten eine Nuss zermahlen oder die vorderen Zähne in einen Apfel schlagen. Beim normalen Kauen pressen wir mit etwas um die 150 Newton pro Quadratzentimeter, bis zu 700 Newton und darüber sind möglich. Das entspricht ungefähr einer Gewichtskraft von 70 Kilogramm. Nachts kann das für Probleme sorgen, wenn man im Schlaf knirscht.

Wie hält unser Gebiss einer solchen Belastung stand? Dem sind Jean-Baptiste Forien

und Paul Zaslansky vom Julius-Wolff-Institut der Berliner Universitätsmedizin **Charité** seit einiger Zeit auf der Spur. Ein Zahn besteht aus dem Zahnbein, das vom Schmelz umschlossen wird. In das Dentin eingebettet ist das Zahnmark, das sich aus Blutgefäßen, Nerven, Bindegewebe und Lymphgefäßen zusammensetzt. Das Dentin, ein knochenähnliches Material, enthält vor allem die Phosphat-Calcium-Verbindung Calciumhydroxylapatit, Kollagen und Wasser. Anders als der Zahnschmelz bildet das Dentin einen komplexen Verbundstoff aus Eiweiß und mineralischen Nanokristallen.

Wie dieses Gebilde funktioniert, konnten Forien und Zaslansky bereits zeigen: Die winzigen Kristalle sind in die Eiweißfasern aus Kollagen eingebettet. Die Fasern stehen unter einer gewissen elastischen Vorspannung, sodass sich kleinere Risse oder Spalten im Zahnschmelz nicht weiter im Zahn ausbreiten. Nun haben die Forscher das Ganze weiter untersucht und die Struktur des Dentins mithilfe der Synchrotronstrahlung, die ein spezieller Teilchenbeschleuniger erzeugt, vermessen. Wie sie im Fachblatt "Chemistry of Materials" schreiben, wurden Dentin-Proben bei 125 Grad Celsius komplett ausgetrocknet, bis der Wasserverlust die Kollagenfasern schrumpfen ließ. Dadurch presst das Kollagen auf die eingelagerten Nanopartikel mit einem Druck von bis zu 300 Megapascal. Das entspricht rund 3 Tonnen Gewichtskraft pro Quadratzentimeter und damit der Festigkeit von Baustahl - ein Vielfaches dessen, was beim Kauen im Mund entsteht.

Trotz dieser Rosskur wurden die Eiweißfasern nicht zerstört. Das Berliner Team geht davon aus, dass die mineralischen Nanokristalle das Kollagen irgendwie gegen die Hitze schützen. Außerdem zeigten die Daten, dass die Mineralplättchen im Zahnbein ebenso wie das Gitter, das sie bilden, von der Außenseite Richtung Mitte immer kleiner werden. "Das Gewebe nahe am Zahnmark entsteht beim Menschen später", erklärt Paul Zaslansky. "Es enthält mineralische Partikel, die aus kleineren Kristallen bestehen." Die Nanokristalle im Dentin

sind direkt an der Zahnwurzel 36 Nanometer lang, fanden die Wissenschaftler bei ihren Versuchen heraus. Im Inneren des Dentins haben die Partikel dagegen nur noch eine Länge von 25 Nanometern.

Dieser besondere Aufbau gleicht die Sprödigkeit der extrem harten Zahnschmelzhülle aus: Die Kollagenfasern im Zahnbein verteilen den Druck auf die eingelagerten Nanomineralien genau richtig und machen damit das Zahnbein mechanisch noch belastbarer. Dieses Zusammenspiel funktioniert allerdings nur, solange keine Kariesbakterien ins Spiel kommen. Die Eindringlinge greifen nicht nur den Zahnschmelz an, sondern rücken mit ihren Enzymen auch den Kollagenfasern zu Leibe und zerstören sie. Der Zahn wird mürbe und kann leichter brechen.

Die aktuellen Resultate könnten helfen, neue Arten von Zahnfüllungen zu entwickeln, hoffen die Berliner Wissenschaftler. "Unsere Ergebnisse zeigen außerdem, dass es gute Gründe dafür gibt, wenn Zahnärzte während der Behandlung die Zähne der Patienten nicht zu heiß werden lassen und sie nass halten: Das vermeidet unnötige Spannung im Material", erklärt Paul Zaslansky. "Und Materialspannung kann unter bestimmten Bedingungen zu Schäden führen." Aber dafür sei noch weitere Forschung nötig.

Unter dem Schmelz Das Zahnbein oder Dentin, ein Verbundstoff aus Eiweiß und Mineral unter dem Schmelz, wird ein Leben lang gebildet. Es ist durchzogen von Röhren (Tubuli), in die dentinbildende Zellen hineinragen. Dentin besteht vor allem aus Calciumhydroxylapatit, Eiweißfasern und Wasser. Die mineralischen Nanokristalle sind in die Eiweißfasern aus Kollagen eingebettet. foto: imago, grafik: jean-baptiste forien/charité

Copyright 2016 PMG Presse-Monitor Deutschland GmbH und Co. KG