



72

FOTO: WOLFRAM SCHEIBLE

Farbenreich: Den Beigetönen natürlichen Elfenbeins erzeugen die Max-Planck-Forscher im synthetischen Material, indem sie es erhitzen. Sie haben zudem viele Farbstoffe identifiziert, die sie den Ausgangsstoffen beimischen können – das schafft nicht nur beim Design von Klavieren neue Möglichkeiten.

ELFENBEIN AUS DEM REAGENZGLAS

TEXT: PETER HERGERSBERG

Darauf mussten Pianisten lange Zeit verzichten: das Tastengefühl, das ihnen Elfenbein gibt. Dieter Fischer, Sarah Parks und Jochen Mannhart, die am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart gewöhnlich quantenelektronische Phänomene erforschen, haben Abhilfe geschaffen – mit synthetischem Elfenbein. Nun will ein Start-up-Unternehmen das Material im großen Stil produzieren, und das nicht nur für Pianotasten.

Dass dieser Weihnachtsausflug so nachwirken würde, damit hatte Jochen Mannhart nicht gerechnet. 2014 wählten er und seine Gruppe, die am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart Effekte der Quantenelektronik erforscht, ein eher ungewöhnliches Ziel für ihre alljährliche Exkursion zum Jahresende: einen Klavierhersteller. Waren die Besuche bei Anbietern von Lasern und Werkzeugmaschinen oder Automobilherstellern und -zulieferern in vorangegangenen Jahren noch relativ naheliegend, drängten sich fachliche

Berührungspunkte beim Klavierbau nicht gerade auf.

2014 ging es also nach Spaichingen im Schwarzwald zu Sauter, der nach eigenen Angaben ältesten Pianofortemanufaktur Deutschlands. „Ich fand es wirklich erstaunlich, wie viel Zeit sich dort sogar der Geschäftsführer für uns nahm“, erzählt Jochen Mannhart. „Dabei konnte Sauter von uns nicht viel erwarten – weder als Kunden noch für die Rekrutierung neuer Mitarbeiter.“ So stellte er zum Abschluss, um wenigstens Dankbarkeit und guten Willen zu zeigen, die Frage: ob denn die Firma Sauter einen Wunsch an die Grundlagenforschung habe. Die Antwort von Otto Hott, dem Geschäftsführer und Miteigentümer des Unternehmens, kam ebenso prompt und knapp wie überraschend: „Synthetisches Elfenbein.“

Elfenbein ist für Pianisten immer noch das Material der Wahl, wenn es um Tastenbeläge geht. Doch der internationale Handel mit dem Elfenbein von Elefantenstoßzähnen wurde

1989 verboten, um die Tiere vor der Ausrottung zu bewahren. Bislang hatten Klavierbauer keinen Stoff gefunden, der Pianisten das gleiche Tastengefühl gibt wie das natürliche Material. Auch wenn die Eigenschaften von Elfenbein zu einem gewissen Grad von seiner Herkunft und von der Ernährung der Tiere abhängen, stets fühlt es sich warm an, nimmt Feuchtigkeit gut auf und wird auch in puncto Rutschfestigkeit von Pianisten bevorzugt.

Also nahm das Stuttgarter Team den Wunsch von Otto Hott mit in seine Labore und machte sich daran, ihn zu erfüllen. Darum kümmerten sich zunächst vor allem Dieter Fischer und Sarah Parks. Normalerweise erzeugen sie anorganische Materialien wie etwa ungewöhnliche Metallstrukturen oder komplexe Metalloxide, in denen exotische Quanteneffekte auftreten. Immer benötigen sie dafür aufwendige Apparaturen und ein sehr gutes Vakuum, damit die Stoffe möglichst rein entstehen. „Mir war aber gleich klar, dass alle Herstellungsmethoden im Vakuum

73



von vorneherein ausscheiden“, sagt Dieter Fischer. Selbst wenn sich auf diese Weise eine Substanz erzeugen ließe, die natürlichem Elfenbein gleicht, wäre eine Herstellung im größeren Stil doch nicht praktikabel und zu teuer.

Eine einfache Idee, die noch keiner ausprobiert hatte

Um ein brauchbares Rezept für Elfenbein zu entwickeln, beschäftigte er sich erst einmal eingehend mit dem Material und den Ansätzen, die Wissenschaftler bis dato vergeblich verfolgt hatten, um es chemisch herzustellen: Elfenbein besteht zum einen aus Hydroxylapatitkristallen, die auch Knochen härten. Die mineralischen Partikel sind in Gerüst aus Kollagen eingelagert, einem Protein, welches dem Material Zähigkeit verleiht. Ein erstes Patent für die synthetische Nachbildung von Elfenbein erhielten A. und S. De Pont bereits Ende des 19. Jahrhunderts. Die Chemiker hatten versucht, auch den Entstehungsprozess des natürlichen Materials zu imitieren und Hydroxylapatitkristalle in einem Kollagengerüst wachsen zu lassen. Dieses Vorgehen führte zwar nicht zu einem brauchbaren Ersatz für Elfenbein, trotzdem gingen offenbar viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die es später probierten, davon aus, dass sie einen ähnlichen Weg verfolgen müssten.

Dieter Fischer wollte erst einmal ein viel simpleres Experiment machen. Warum nicht einfach eine Suspension von Hydroxylapatit-Teilchen mit gelöster Gelatine, die sich aus Kollagen bildet, mischen? Diese kühne, weil denkbar einfache Idee setzte er allerdings nicht aufs Geratewohl um. „Wir haben erst einmal darüber nachgedacht, welche Parameter für eine direkte Synthese wichtig sein könnten“, erzählt Dieter Fischer. „Und diese Auswahl hat dann zum Glück auch gleich

Spielfreude: Dieter Fischer hat die Entwicklung des synthetischen Elfenbeins geleitet. Nun probiert er im Max-Planck-Institut für Festkörperforschung das Klavier aus, dessen Tasten mit dem Material belegt sind – die Pianomanufaktur Sauter hat es den Forschenden geschenkt.

FOTO: WOLFRAM SCHEIBLE



ziemlich gut gepasst.“ Entscheidend bei der Herstellung sind demnach etwa die Temperatur und die Konzentration der Komponenten. Mit den richtigen Bedingungen stimmte auch das Ergebnis, als die Forschenden die beiden Komponenten mischten. Aus der milchigen Flüssigkeit, die sie zunächst erhielten, verdampften sie zuerst einen großen Teil der Lösungsmittel. Die zähe Masse, die übrig blieb, füllten sie schließlich in flache Formen und ließen sie auf einem Labortisch trocknen. Gummibärchen mit Hydro-

xylapatit nennt Dieter Fischer den weißen Stoff, den das Rezept lieferte, und es kam natürlichem Elfenbein schon sehr nahe.

Bis daraus schliesslich das Material wurde, das von seinem natürlichen Vorbild weder beim Anschauen noch beim Berühren kaum zu unterscheiden ist, mussten die Stuttgarter Forscher allerdings ein paar zusätzliche Schritte unternehmen. Das taten sie gemeinsam mit Mitarbeitenden der Firma Sauter, denen sie mehrmals Proben lieferten.



75

Die Klavierbauer bearbeiteten die Plättchen auf genau die gleiche Weise, wie es früher bei natürlichem Elfenbein üblich gewesen war, und testeten sie in ihren Klaviaturen. Dem Stuttgarter Forscherteam meldeten sie dann zurück, welche Eigenschaften noch optimiert werden könnten.

Unterdessen analysierten Sarah Parks und Dieter Fischer unterschiedliche Varianten des synthetischen Elfenbeins im Labor. Die Wissenschaftler maßen in verschiedenen

Experimenten, wie viel Feuchtigkeit es aufnimmt, seine Wärmeleitfähigkeit, seine Härte und auch die Haftung. Für die Untersuchung der Rutschfestigkeit konstruierten sie einen künstlichen Finger, einen gefederten Stab, dessen Ende sie mit Leder überzogen. „Leder ist zwar nicht das Gleiche wie die menschliche Haut, es ähnelt ihr aber ziemlich“, sagt Sarah Parks. „Außerdem ging es uns mehr um den Vergleich verschiedener Proben.“ Dafür legte die Wissenschaftlerin den prüfenden Finger auf eines der Testmaterialien,

schob das Plättchen unter ihm hindurch und ermittelte die dafür notwendige Kraft.

Die Tests im Labor und in der Piano-fortemanufaktur absolvierte das synthetische Elfenbein anstandslos: Es fühlt sich so warm an wie das natürliche Vorbild, es kann die Feuchtigkeit der Finger ähnlich gut aufnehmen, und es ist auch etwa so rutschfest. Dabei lässt sich die Haftung des Materials sogar nach den individuellen Bedürfnissen von Pianisten optimieren. Auf deren Tastengefühl

→

kommt es schließlich an. Und so musste das Elfenbein aus dem Reagenzglas die eigentliche Bewährungsprobe auch nicht im Labor, sondern unter den Fingern eines Pianisten bestehen. Klar, dass das Stuttgarter Team nach Spaichingen gereist war, als zum ersten Mal ein ausgebildeter Musiker das Klavierspielte, für dessen weiße Tastenbeläge Sauter das Material aus dem Max-Planck-Institut für Festkörperforschung verwendet hatte. Stücke von Chopin, Schubert und Liszt holte Eugene Mursky aus den Elfenbeintasten, von Klavierbauern und Grundlagenforschern umringt, die sich über sein anschließendes Lob

noch mehr freuten als über das Konzert: „Wirklich toll, warm wie echtes Elfenbein“, sagte Mursky, der schon auf historischen Pianos mit echtem Elfenbein gespielt hatte.

Ivortec wird das synthetische Elfenbein vermarkten

Inzwischen sind schon viele Finger über die Klaviatur aus synthetischem Elfenbein gelaufen. „Die ersten Pianistinnen und Pianisten, die unsere Instrumente bis jetzt gespielt

haben, äußerten sich positiv über die Spieleigenschaften dieses synthetischen Elfenbeins“, sagt Sauter-Geschäftsführer Otto Hott. Was sie gegenüber den vorher verwendeten Ersatzstoffen einhellig schätzen: Sie rutschen weniger. Klar, nach den erfolgreichen Tests will Sauter das synthetische Elfenbein künftig serienmäßig in seinen Klavieren und Flügeln verarbeiten. Dafür genug Material herzustellen, ist aber nicht mehr Sache des Max-Planck-Instituts. Daher hat Jochen Mannhart gemeinsam mit der Max-Planck-Gesellschaft und dem externen Geschäftsführer David Butcher im Juli 2019 das Unternehmen Ivortec

Viele Anwendungsmöglichkeiten: Ein Max-Planck-Mitarbeiter hat aus synthetischem Elfenbein Schachfiguren gedreht. Das Material könnte aber auch in der Möbelindustrie oder im Jachtbau Verwendung finden.



gegründet, das synthetisches Elfenbein auf den Markt bringen wird – und das nicht nur als Belag von Pianotasten.

Die Max-Planck-Forscher haben selbst noch Kontakt zu einem Schmuckdesigner gesucht, der das edel anmutende Material in einem Anhänger verarbeitet hat, ein Künstler hat die Replik einer steinzeitlichen Vogelfigur aus Elfenbein geschnitzt, und Manfred Schmid, ein Mitarbeiter in Mannharts Gruppe, hat daraus in einer Werkstatt des Instituts schon die Figuren eines Schachspiels gedreht. Das Elfenbein aus dem Reagenzglas lässt sich auch deshalb so vielfältig

anwenden, weil Sarah Parks und Dieter Fischer einen Weg gefunden haben, mit einem leicht abgewandelten Verfahren Elfenbein in Zylinderform herzustellen. So wundert es nicht, dass David Butcher eine lange Liste von Ideen im Kopf hat, was sich mit dem Material alles machen ließe. Der Geschäftsführer von Ivortec wirbt deshalb nicht nur Startkapital ein und baut Kooperationen mit Produktionsfirmen auf, er knüpft auch Kontakte zu Unternehmen, für die synthetisches Elfenbein ein interessanter Werkstoff sein dürfte. So könnte es an vielen Stellen Kunststoffe ersetzen, aber auch Holz. „Bei Möbelherstellern

und Jachtbauern ist das Elfenbein auf großes Interesse gestoßen, nicht nur weil es edel aussieht, sondern auch weil es erst bei 1000 Grad Celsius brennt – ein dekorativer Feuerschutz also“, sagt Butcher. Punkten kann das Material gerade gegenüber Kunststoffen auch in Sachen Nachhaltigkeit. Zum einen wird es nicht aus fossilen Rohstoffen produziert, zum anderen ist es am Ende seiner Lebensdauer biologisch abbaubar. Das synthetische Elfenbein erlaubt Pianisten also nicht nur ein Spielgefühl, das ihnen wegen des Artenschutzes ansonsten verwehrt bliebe, sondern hinterlässt, anders als Plastik, auch keinen Müll. ←



FOTO: WOLFRAM SCHEIBLE

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Einem Max-Planck-Team ist es gelungen, synthetisches Elfenbein herzustellen, das dem natürlichen Material sehr ähnelt.

Bei der Synthese mischen die Forschenden Hydroxylapatit-Partikel in gelöste Gelatine, die sich aus Kollagen, dem organischen Bestandteil von Elfenbein, gebildet hat. Bislang gingen Chemiker davon aus, die Hydroxylapatitkristalle müssten wie bei der natürlichen Entstehung in Kollagen wachsen.

Das synthetische Elfenbein soll unter anderem für Beläge von Klaviertasten verwendet werden, weil es Pianisten dasselbe Tastengefühl gibt wie das natürliche Vorbild. Es könnte aber auch als schwer entflammbare und biologisch abbaubare Alternative zu Holz und Kunststoffen dienen.