



Neues Glas

EIN GLAS-KUNSTSTOFF-KOMPOSIT ERÖFFNET VIELFÄLTIGE MÖGLICHKEITEN

VON JUTTA WITTE // FOTOS: MARKUS BREIG

Glas gehört zu den ältesten Werkstoffen der Welt. Vorratsgefäße, Trinkpokale, Fenster, Glühbirnen, Labortechnik, Linsen, Flachbildschirme, Datenkabel und künftig vielleicht auch Implantate: Die Nutzungsmöglichkeiten sind so vielfältig wie die Herstellungstechniken und Rezepturen. Siliziumdioxid (SiO_2), besser bekannt als Quarzsand, ist die wichtigste Ingredienz von Glas. Als Hochleistungswerkstoff für Industrie und Forschung hat es große Potenziale. Doch die hohe Schmelztemperatur und die Formung der

Glasschmelze bleiben eine Herausforderung. Wissenschaftler am KIT bearbeiten SiO_2 wie Kunststoff und könnten damit den Weg in die Massenproduktion öffnen.

Schmelzen, Läutern, Formen und Kühlen waren schon bei den alten Ägyptern und Römern die Prozessschritte, um Glas herzustellen. Sie brauchten dafür Sand, dem sie Pottasche zum Absenken der Schmelztemperatur, Kalk für eine bessere Qualität und Soda zur Läuterung, also Entfernung von Gasbla-

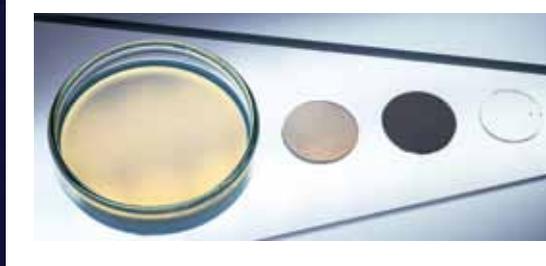
sen, beimengten. Am Anfang schmolz man die Mischung bei 1400 Grad Celsius, kühlte die Schmelze auf 900 Grad Celsius herunter und wickelte sie dann um einen Kern aus Sand, der nach dem Auskühlen heraus gekratzt wurde – ein Balanceakt, denn, ist die Schmelze zu heiß, zerfließt sie, ist sie zu kalt, kann man sie nicht formen.

Die Kunst des Glasblasens gibt es erst seit Erfindung der Glasmacherpfeife im Jahr 200 v. Chr. Nach dem Untergang des römi-



Das sogenannte Glassomer besteht zu 60 Prozent aus Glaspartikeln und zu 40 Prozent aus Kunststoffpartikeln

The so-called glassomer consists of 60% glass particles and 40% plastic particles



schon Reiches setzte sie sich über Byzanz und Venedig in ganz Europa durch. Glas, zunächst vor allem für Luxusgüter attraktiv, entwickelte sich weiter zum Werkstoff für Gebrauchsgegenstände und die industrielle Produktion. „Vieles rund um die frühen Entwicklungen hat sich schon um die Frage gedreht: Wie kann man die hohen Schmelztemperaturen senken?“, sagt Dr. Bastian Rapp. Er leitet am KIT das NeptunLab, eine interdisziplinäre Gruppe aus Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern, die

sich mit der reinsten Form von Glas befassen. Im Fokus ihrer Forschung steht das sogenannte Quarzglas, das zu hundert Prozent aus Siliziumdioxid besteht und das Zeug zum Werkstoff der Zukunft hat.

„Überall dort, wo wir eine hohe Lichtdurchlässigkeit sowie eine große Resistenz gegenüber thermischen, chemischen und physikalischen Einwirkungen brauchen, ist Quarzglas der Werkstoff der Wahl“, so der Maschinenbauingenieur. Denn für den Einsatz in

Hightech-Produkten, die heute in der Optik, Mikroelektronik, Medizintechnik, Biotechnologie oder Datenverarbeitung gefragt sind, ist das „verunreinigte, spröde und wenig transparente“ Kalk-Natron-Glas nicht geeignet. Will man allerdings SiO_2 schmelzen, braucht man mehr als 2000 Grad Celsius. „Das hält nicht einmal Metall aus“, sagt Rapp. „Wir haben also kein Formwerkzeug für reines Glas, das für die Massenproduktion geeignet wäre.“ Dies ist unter anderem der Grund, warum in diesen Bereichen überwiegend Kunststoffe eingesetzt werden. Denn Polymere schmelzen bei 100 bis 200 Grad. Sie danach in Formen zu gießen, nach dem Aushärten umzuformen oder auch additiv mittels 3-Druck weiter zu bearbeiten, ist inzwischen „state of the art“.

Um reines Quarzglas zu strukturieren, gibt es derzeit im Wesentlichen nur zwei Methoden: entweder durch Lasern – ein Verfahren, das sich nicht für jede Struktur eignet und Materialrückstände an der Oberfläche hinterlassen kann – oder Ätzen mit Flusssäure, ein gefährlicher chemischer Prozess. „Hochreines Quarzglas und seine hervorragenden Eigenschaften mit einer einfachen Technologie zu dessen Strukturierung zu verbinden, ist eine riesen Herausforderung“, betont Rapp. Seit 2015 entwickeln er und sein Team neue Verfahren für die industrielle Glasbearbeitung. Die Forschergruppe, die seit 2014 im Rahmen des Nachwuchswettbewerbs „NanoMatFutur“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, „denkt Glas anders“.

Statt große Glasblöcke mittels Laserbearbeitung oder Ätzen in Form zu bringen, setzen die Wissenschaftler bei den kleinsten Glasteilchen an. Sie rühren Glaspartikel in der Größe von 40 Nanometern in flüssigen Kunststoff ein, formen das Gemisch wie „einen Sandkuchen“ und härten es durch Erwärmung oder Belichtung zu einem Feststoff aus, der zu 60 Prozent aus Glaspartikeln und zu 40 Prozent aus Kunststoff besteht. Die Polymere wirken dabei wie ein Kleber, der die Glaspartikel an der richtigen Stelle festhält und so die Form fixiert. Dies ist die Ausgangsbasis für alle neuen Verfahren, die das Team inzwischen für die Weiterverarbeitung des Glas-Kunststoff-Komposits, genannt „Glassomer“, entwickelt hat.

Es zeigt sich, dass man nicht nur das flüssige Komposit in eine Form gießen und mittels klassischer Polymerisation aushärten kann. Mittlerweile haben die Experten auch ein Verfahren entwi-



Dr. Bastian Rapp leitet am KIT das NeptunLab

Dr. Bastian Rapp heads the NeptunLab at KIT

Gefräst, gedreht, gelasert oder in CNC-Maschinen bearbeitet: Glassomer hat unzählige Verwendungsmöglichkeiten

Milled, turned, lasered, or processed in CNC machines: Glassomer has countless applications

New Glass

A Glass-plastic Composite Opens up Various Opportunities

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Glass is one of the oldest materials in the world. Its uses are as diverse as are its production techniques and compositions. Silicon dioxide (SiO_2), better known as quartz sand, is the most important ingredient of glass. It has great potential as high-performance material for industry and research. Its high melting point and the formation of the glass melt, however, remain a challenge. Scientists of KIT process SiO_2 just like polymer and, thus, could open up the path to mass production.

Dr. Bastian Rapp heads the NeptunLab at KIT, an interdisciplinary group of early-career researchers dealing with the purest form of glass. Their research focuses on the so-called quartz glass that is made of 100% silicon dioxide and has what it takes to become the material of the future.

Instead of forming large glass blocks by laser processing or etching, the scientists begin with the smallest of glass particles. They stir 40 nm glass particles into liquid plastic, mold the mix just like a "cake," and harden it to a solid by heating or exposure to light. The solid consists of 60% glass particles and up to 40% polymer. The polymers act like adhesives that keep the glass particles in the right locations and hence, fix the form. This is the basis for all new methods that have been developed by the team for the further processing of the glass-plastic composite, called GLASSOMER. Meanwhile, the experts also have designed a process suited for 3D printing, or additive manufacturing.

Based on their experience with SiO_2 , the NeptunLab scientists now plan to extend research to hybrid glass forms, such as glass ceramics. And GLASSOMER GmbH, a spinoff of KIT, will commercialize the new material. ■

Contact: bastian.rapp@kit.edu

ckelt, das sich für den 3-D-Druck und damit für die additive Fertigung eignet. Die neueste Innovation Glassomer wird in einer Standardform – einer Platte oder Stange – ausgehärtet. Danach kann es wie ein herkömmlicher Kunststoff gefräst, gedreht, gelasert, oder auch in CNC-Maschinen bearbeitet werden. „Damit öffnen wir die gesamte Bandbreite der Polymerformtechnik für Glas“, betont Rapp.

Zum Beispiel für die Herstellung von Hightech-Linsen, die unter anderem in Smartphones zum Einsatz kommen: Die Wissenschaftler fertigen nach Herstellung und Aushärtung der Glas-Kunststoff-Schmelze zunächst eine Stange aus Glassomer, spannen sie in eine Werkzeugmaschine und drehen die Linsen heraus. Für ein hochreines Quarzglas müssen sie danach die Polymere in den Linsen wieder entfernen. Hierfür werden sie in einem Ofen bei 500 bis 600 Grad erhitzt. Der Kunststoff verbrennt dabei vollständig zu CO_2 . Um die hierbei entstehenden Lücken im Material zu schließen, werden die Linsen bei 1300 Grad gesintert, ein Prozess, bei dem die verbleibenden Glaspartikel zu porenfreiem Glas verdichten. Die beiden letzten Schritte, das Erhitzen und Sintern, verlaufen bei der Polymerisation und beim 3-D-Druck genauso.

Urformung, additive Fertigung und Umformung: Alle Verfahren, die bislang nur in der Massenerarbeitung von Kunststoff funktionieren, könnten so auch bei hochreinem Quarzglas zum Einsatz kommen. „Damit können wir ganze Industrien verändern“, glaubt Rapp. Glassomer biete nicht nur der glasverarbeitenden Industrie, sondern auch den späteren Endkunden neue Möglichkeiten. Würde man Spezialkunststoffe durch Quarzglas ersetzen, könne die Qualität der Produkte ebenso steigen wie ihre Umweltbilanz; die Produktionskosten könnten sinken. Denn Siliciumdioxid ist unabhängig von fossilen Energieträgern und nachhaltig in der Verwendung, es verursacht keinen Sondermüll und steht buchstäblich „wie Sand am Meer“ zur Verfügung. Insofern hat sich in seiner Geschichte wenig verändert.

Im „NeptunLab“ wollen sie nun ausgehend von den Erfahrungen mit SiO_2 die Forschungen auf hybride Glasformen, zum Beispiel Glaskeramiken, ausweiten. Und über die „Glassomer GmbH“, eine Ausgründung des KIT, soll der neue Werkstoff auf den Markt kommen. Das Interesse in der Industrie, sagt Rapp, sei groß. ■

Kontakt: bastian.rapp@kit.edu