



Photos Fotos: SCHOTT/C. Costard

On the Way to Super Strong Glass

Unterwegs zum superfesten Glas

The industry is demanding ever thinner, yet sturdy, transparent materials. Applied Research at SCHOTT therefore has one clear objective: developing glass that is considerably stronger.

Die Industrie verlangt immer dünnere, aber zugleich stabile transparente Materialien. Die angewandte Forschung von SCHOTT hat deshalb ein klares Ziel: die Entwicklung von Gläsern mit immer höherer Festigkeit.

ALEXANDER LOPEZ

Legend has it that the Roman Emperor Tiberius was presented with an indestructible flexible glass around the year 30 A.D. However, because he was afraid that gold, silver and bronze would lose value, he destroyed the glassmaker's workshop.

So did that mark the end of the dream of coming up with bendable, indestructible glass? Certainly not for glass researchers at SCHOTT. Today's glass products hardly use even one percent of this potential. Our goal is to use more of it," says Dr. Markus Kuhr, an

Der Legende nach erhielt der römische Kaiser Tiberius um das Jahr 30 nach Christus ein unzerstörbares, flexibles Glas. Weil er jedoch den Wertverlust von Gold, Silber und Bronze befürchtete, beseitigte er die Werkstatt des Glasmachers.

Also aus der Traum vom biegbaren, unzerbrechlichen Glas? Nicht für die Glasforscher von SCHOTT: „Glas hat eine enorme innere Festigkeit. Heutige Glasprodukte nutzen kaum ein Prozent dieses Potenzials. Wir möchten mehr davon nutzbar machen“, so

expert on rigidity. But this isn't an easy task because metals and plastics are flexible and can be bent very easily. However, if they are subjected to too much stress, this will deform them plastically. Based on our experience, this sounds impossible with glass. After all, glass can hardly be bent or stretched at all before it suddenly breaks. This also explains why glass, ceramics and crystals are referred to as so-called brittle fracture materials.

Microscopically small cracks can be observed on glass surfaces. And when mechanical pressure is applied, their "peaks" don't become rounded like metals do because of plastic flow. These types of peaks can cause a crack to spread into the middle of the glass and break the glass if enough tensile stress is applied.

A technique that is capable of increasing the strength of glass to roughly five times its normal value, despite the inherent mechanisms that weaken it, is now being used to increase the strength of glass so it can be used as cover glass in smartphones or in aircraft and locomotive glazing. A so-called ion exchange process is now being used to induce a roughly 30 to 120 micrometer deep chemical change in the composition of the glass, depending on the glass type and application, that creates a compressive stress zone. So, if a crack spreads out from the surface to penetrate into the glass and thus cause destruction, it first needs to overcome this enormous compressive stress of up to 1000 MPa like getting past a dam. As a result, the respective product, a cover glass for a smartphone, for example, will be far less likely to break when mechanical stress is applied. Furthermore, this technique can also be used to increase scratch resistance and impact and bending strength.

Besides the absolute strength of the compressive stress, the question of how deeply these ion exchanges take place in glass is also quite important. After all, the product will only lose its strength if cracks like scratches manage to penetrate through the zone. This chemical ion exchange processes has long been used in aircraft and high-speed train glazing to improve the strength of the

Festigkeitsexperte Dr. Markus Kuhr. Keine einfache Aufgabe: Metalle oder Kunststoffe sind flexibel und lassen sich stark verbiegen. Bei Überbeanspruchung verformen sie sich plastisch. In unserer Erfahrungswelt für Glas erscheint das alles undenkbar: Glas lässt sich nur minimal biegen oder dehnen, ehe es quasi ohne Vorankündigung bricht. Man spricht bei Glas wie auch bei Keramiken und Kristallen von sogenannten Sprödbbruchmaterialien.

An der realen Glasoberfläche finden sich mikroskopisch kleine Risse. Deren „Spitzen“ verrunden sich unter mechanischer Belastung nicht wie bei Metallen durch plastisches Fließen. Ausgehend von einer solchen Spitze, breitet sich der Riss ab einer kritischen Zugspannung schlagartig ins Glasinnere fort und führt zum Zerschlagen des Glases.

Um die Belastbarkeit von Gläsern trotz dieser glaseigenen festigkeitsmindernden Mechanismen zu steigern, wird – z. B. bei Deckgläsern für Smartphones oder bei Flugzeug- und Zugverglasungen – eine Methode angewandt, mit der sich die Widerstandsfähigkeit im Vergleich zu konventionellem Glas etwa verfünffachen lässt. Durch einen sogenannten Ionenaustauschprozess wird eine je nach Glasart und Anwendung etwa 30 bis 120 Mikrometer tiefe chemische Veränderung der Glaszusammensetzung erzeugt, die dazu führt, dass sich eine Druckspannungszone ausbildet. Will sich nun ein Riss von der Oberfläche kommend mit zerstörerischer Wirkung ins Glasinnere hinein ausbreiten, muss er zunächst diese enorme Druckspannung von bis zu 1.000 MPa gleich einem Dammbau überwinden. Resultat: das Produkt – z. B. ein Smartphone-Deckglas – ist wesentlich weniger bruchanfällig bei mechanischer Belastung. Auch die Kratz-, Schlag- und Biegezugfestigkeit lässt sich so steigern.

Neben der absoluten Stärke der Druckspannung ist es entscheidend, wie tief diese Ionenaustauschzone in das Glas hinein reicht. Denn nur wenn Risse wie etwa Kratzer die Zone durchstoßen, verringert sich die Festigkeit des Produktes. Dieser chemische



SCHOTT researchers perform sophisticated scratch tests to obtain differentiated results on the scratch resistance of various types of glass.

Differenzierte Ergebnisse zur Kratzfestigkeit von Gläsern erhalten die SCHOTT Forscher durch aufwendige Scratch-Tests.

windshields. In the meantime, SCHOTT has introduced an incredibly broad spectrum of treated glasses under its umbrella brand Xensation® for use in various touch technologies.

So what are SCHOTT researchers working on at the moment? “Due to the fact that a product’s useful properties are defined by its microscopic characteristics, we have set ourselves the goal of coming up with a glass that is as flexible as possible at the atomic level,” explains Material Developer Dr. Ulf Dahlmann. “We would like to give this glass some of the plastic properties of metals and polymers without sacrificing its outstanding properties like strength and optical quality. The reason for the brittle fracture behavior of glass can be found deep inside the nature of atomic bonds and chemical structures in glass. Understanding these relationships is the key to finding new solutions.”

In other words, the goal is to increase its ability to plastically deform under pressure. SCHOTT researchers are already on the trail of certain glass forming elements that enhance these properties. Nevertheless, they also need to be bonded in an appropriate manner inside the right glass network. A difficult challenge that requires models of the glass structure and tests on structural me-

Ionenaustauschprozess wird bereits bei Flugzeug- und Hochgeschwindigkeitszugverglasungen seit längerem zur Verbesserung der Schlagfestigkeit von Windschutzscheiben verwendet. Inzwischen bietet SCHOTT unter der Dachmarke Xensation® auch ein einzigartig breites Spektrum von entsprechend behandelten Gläsern für unterschiedliche Touch-Technologien an.

Doch woran arbeiten die SCHOTT Forscher zurzeit? „Da die Gebrauchseigenschaften des Produktes durch die mikroskopischen Eigenschaften bestimmt werden, haben wir uns das Ziel gesetzt, auf atomarer Ebene ein möglichst flexibles Glas zu finden“, erläutert Materialentwickler Dr. Ulf Dahlmann. „Wir möchten dem Glas einen Teil der plastischen Eigenschaften von Metallen und Polymeren mitgeben, ohne seine herausragenden Eigenschaften wie Festigkeit oder optische Qualität zu mindern. Die Ursache für das Spröbruchverhalten von Glas liegt tief in der Natur der atomaren Bindungen und chemischen Struktur in Gläsern. Wer diese Zusammenhänge versteht, findet auch Schlüssel zu neuen Lösungswegen.“ Es gilt also, die Fähigkeit zu plastischer Verformung unter Druck zu steigern. SCHOTT Forscher sind einigen glasbildenden Elementen auf der Spur, die diese Eigenschaften



SCHOTT Research and Development has access to state-of-the-art devices for chemically tempering glass (left), characterizing the bulk material, performing microstructural analyses of glass surfaces and various types of fatigue tests like this two-point bending test (below), for instance.

Im Forschungszentrum in Mainz verfügt die SCHOTT Forschung und Entwicklung über modernste Geräte zur chemischen Vorspannung von Gläsern (links), zur Charakterisierung des Bulkmaterials, für Mikrostruktur-Analysen der Glasoberfläche sowie für unterschiedlichste Festigkeitstests wie etwa diesen Zweipunkt-Biegetest (unten).



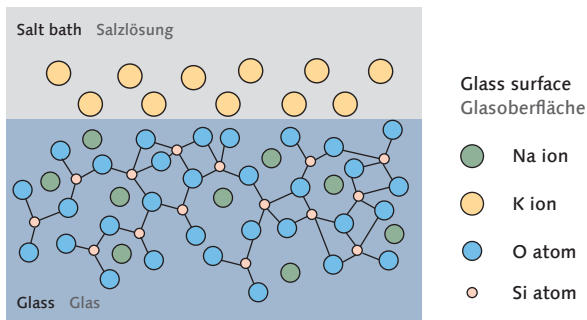
Photos Fotos : SCHOTT/C. Costard

INCREASED STRENGTH THROUGH ION EXCHANGE

When ion exchanges take place, alkaline ions are exchanged for larger ions. This creates tensile stresses that can resist defects. The deeper the ions penetrate into the glass surface, the greater this tensile stress of up to 1000 megapascal (MPa) will be. This makes the glass much stronger.

<

Before Vorher

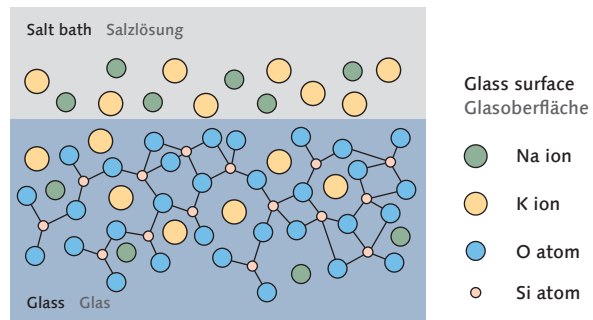


FESTIGKEITSSTEIGERUNG DURCH IONENTAUSCH

Beim Ionenaustausch werden Alkaliionen gegen größere Ionen ausgetauscht. Dadurch entstehen Spannungskräfte, die Defekte aufhalten können. Je tiefer die Ionen in die Glasoberfläche dringen, desto tiefer reicht diese Druckspannung von bis zu 1.000 Megapascal (MPa). Dadurch wird das Glas wesentlich belastbarer.

<

After Nachher



Source Quelle : SCHOTT/dw

chanics, but also glass chemists and technologies that display the relationships in an experimental manner and push back the boundaries of what is technically and commercially possible.

So what visions are behind these types of developments? Perhaps developing a glass that is capable of reacting to the effects of scratches by using the right mixture of hardness and softness to ensure that the edges of possible scratches no longer break off in a brittle way, but rather flow away plastically and are thus less visible. Or ultra-thin glasses that are flexibly bendable, much like fiber optics, and thus enable completely new production processes and products. SCHOTT is already developing a glass product with the highest possible edge strength for this very reason. Here, too, the way in which cutting techniques interact and how the material reacts are both important factors.

SCHOTT is therefore well prepared to develop the even stronger glasses we will be seeing in the future. "Over the next ten years, flexible, ultra-thin and light glasses could well contribute to a real technology and product revolution in the areas of electronics, lighting and household technology, and in mobility and industrial applications," says Dr. Rüdiger Sprengard, head of Product Development with SCHOTT Research. Maybe someday it will actually become reality: "Vitrum flexile," the flexible, indestructible glass from the ancient world.

<

ruediger.sprengard@schott.com

fördern. Sie müssen dazu jedoch im passenden Glasnetzwerk in der passenden Vernetzung eingebunden sein. Eine komplexe Aufgabe also, bei der Modelle zur Glasstruktur und Untersuchungen zur Strukturmechanik genauso gefordert sind wie Glaschemiker und -technologien, die Zusammenhänge experimentell aufzeigen und die Grenzen des technologisch und kommerziell Machbaren verschieben.

Welche Visionen stehen hinter solchen Entwicklungen? Beispielsweise ein Glas, das mit der richtigen Mischung zwischen Härte und Weichheit auf Kratzeinwirkungen reagiert, so dass die Kanten von möglichen Kratzern nicht mehr spröde ausbrechen, sondern plastisch weich zerfließen und damit weniger sichtbar werden. Oder aber ultradünne Gläser, die – ähnlich einer Glasfaser – flexibel biegsam sind und so völlig neue Produktionsprozesse und Produkte ermöglichen. Für diesen Zweck entwickelt SCHOTT bereits ein Glasprodukt mit höchster Kantenfestigkeit. Auch hier spielt die Wechselwirkung von Schneidverfahren und Reaktion des Materials die entscheidende Rolle.

Damit ist man gut gerüstet für die Entwicklung der superfesten Gläser von morgen. „Flexible Dünnstgläser oder leichte hochfeste Gläser können in den nächsten zehn Jahren zu einer wahren Technologie- und Produktrevolution in Elektronik, Licht- und Haustechnik, Mobilität und Industrieanwendungen beitragen“, so Dr. Rüdiger Sprengard, Leiter Produktentwicklung in der SCHOTT Forschung. Vielleicht wird es in ferner Zukunft tatsächlich einmal Realität: „Vitrum flexile“, das flexible, unzerstörbare Glas aus der Antike.

<

ruediger.sprengard@schott.com