

## ■ Gespannt geschützt

Die Touchscreens von mobilen elektronischen Geräten müssen viel aushalten. Möglich machen das vorgespannte Deckgläser.

**S**ehr viel mehr Bildschirm geht nicht: Die Front von Tablet-Computern und Smartphones besteht bis auf einen schmalen Rahmen aus Glas. Anders als bei Notebooks, deren Displays beim Transport zugeklappt und geschützt sind, müssen Deckgläser von Smartphones und Tablets nicht nur eine hohe Transmission haben, um ein möglichst brillantes Bild zu ermöglichen, sondern sie müssen auch schützen: Denn fällt das Gerät auf den Boden, oder kratzt in der Hosentasche der Schlüsselbund über das Smartphone, soll das auf dem Deckglas des Displays keine sichtbaren Spuren hinterlassen. Bereits der Wegbereiter der Smartphone-Euphorie, das im Jahr 2007 erschienene erste iPhone, war deshalb mit einem vorgespannten Glas ausgerüstet, das für eine hohe Bruch- und Kratzfestigkeit sorgt.

472 Millionen Smartphones, die laut dem IT-Beratungsunternehmen Gartner im vergangenen Jahr verkauft worden sind, profitieren von diesen verbesserten Gläsern (Abb. 1). Und natürlich auch die 60 Millionen Tablets, die 2011 über den Ladentisch gingen und von denen laut Gartner dieses Jahr voraussichtlich weitere 119 Millionen verkauft werden sollen.

Glas ist ein amorpher Werkstoff – die Moleküle und Ionenverbin-



Corning

Damit die Displays von Smartphones nicht so schnell zerkratzen oder zerbre-

chen, sorgt kratzfestes Glas für den notwendigen Schutz.

dungen bilden darin ein unregelmäßiges Muster, in dem zwar eine Nah-, aber keine Fernordnung zu erkennen ist. Die Struktur eines Glases lässt sich daher modellhaft als Netzwerk auffassen, dem im Gegensatz zu einem Kristall Symmetrie und Periodizität fehlen. Thermodynamisch gesehen wäre es für einen amorphen Werkstoff viel günstiger, eine Kristallstruktur anzunehmen. Auch Glas möchte daher diesen energetisch stabilsten Zustand erreichen, schafft das aber nicht, da die Viskosität der Glasschmelze beim Abkühlen rasch zunimmt und der Werkstoff dadurch nicht mehr kristallisieren kann. Die fehlende Symmetrie hat gravierende Konsequenzen, wenn auf den Glaskörper eine Kraft einwirkt, die einen Mikroriss erzeugt: Jeder Sprung oder Kratzer schwächt die Struktur der Glasoberfläche und wächst langsam weiter. Im Lauf der Zeit kommt es daher zwangsläufig zum Bruch. Da verwundert es nicht, dass laut Herstellern kleine Macken oder Risse im Deckglas der zweithäufigste Grund sind, warum dieses bricht. Die häufigste Ursache ist der Fall auf den Boden.

Bei Deckgläsern, wie sie für Smartphones oder Tablets Verwendung finden, handelt es sich meistens um Alumosilikatgläser. Sie

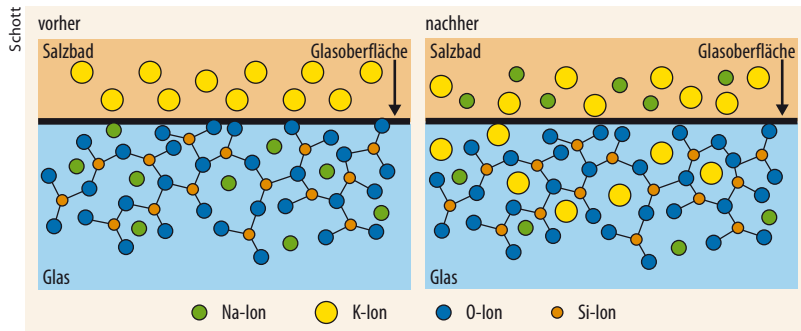
bestehen aus Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), weiteren Metalloxiden, darunter Natrium-Ionenverbindungen, sowie Netzwerkbildnern. Letztere sind für die amorphe Struktur des Glases verantwortlich. Das Aluminiumoxid besitzt eine tetraedrische Gestalt und bestimmt zusammen mit dem Siliziumdioxid die Nahordnung des Glases. Das entstehende Netzwerk weist Hohlräume auf, in denen sich die Natriumionen einlagern.

Die Festigkeit von Gläsern steigt deutlich, wenn man in ihre Oberfläche gezielt Druckspannungen einbringt, denn diese festigen per Definitionem die Struktur bzw. schließen gar kleine Risse und Defekte. Grundsätzlich kann das thermisch oder chemisch geschehen. Beim thermischen Vorspannen wird das Glas kurzzeitig auf eine Temperatur erhitzt, die oberhalb der Glasübergangstemperatur liegt. Bei dieser Temperatur ändert ein Glas seine Verformbarkeit am stärksten. Hier beginnt also der viskose Bereich, der bei noch höheren Temperaturen wieder endet – wenn das Glas flüssig wird. Oberhalb der Glasübergangstemperatur brechen die Bindungen des Glases auf. Kühlt das Glas wieder ab, geschieht dies an der Oberfläche schneller als im Inneren. Da die Hauptmasse des Glases



Schott

Abb. 1 Die Deckgläser werden passend für jedes Gerät zurecht geschnitten.



**Abb. 2** Beim chemischen Vorspannen von Glas diffundieren größere Ionen (hier  $K^+$ ) in den Werkstoff und verdrängen dort kleinere Ionen (z. B.  $Na^+$ ). Die Diffusion entsteht dadurch, dass die

Ionen in stark unterschiedlichen Konzentrationen vorliegen. Der Prozess ist langsam und lässt sich über die Temperatur des Salzbadetes steuern.

thermisch bedingt eine größere Volumenausdehnung hat, baut sich in der oberflächennahen Schicht die gewünschte Druckspannung auf.

Deckgläser für berührungsempfindliche Displays sind allerdings nur einen halben bis zwei Millimeter dick, sodass sich die Vorspannung nicht thermisch einbringen lässt: In dünnen Gläsern bildet sich nämlich keine ausreichend große Temperaturdifferenz zwischen der oberflächennahen Schicht und der Hauptmasse des Glases auf, sodass die Volumenänderung der Hauptmasse zu gering ausfällt, um eine Druckspannung zu erzeugen. Bei dünnen Deckgläsern dient eine Ionenaustauschreaktion dazu, das Alumosilikatglas chemisch vorzuspannen (**Abb. 2**).

Dazu taucht man das Glas in eine alkalische Salzschnmelze, häufig

in Kaliumnitrat, und erwärmt es auf eine Temperatur, die unterhalb der Glasübergangstemperatur liegt. Die Kaliumionen sind in der Schmelze deutlich höher konzentriert als die Natriumionen im Glas. Dadurch bildet sich ein Gradient im chemischen Potential aus, der sich durch Diffusion langsam ausgleicht: Die einfach positiv geladenen Kaliumionen wandern in die Hohlräume der Alumosilikatgläser und verdrängen dort die einfach positiv geladenen Natriumionen. Da die Kaliumionen einen deutlich größeren Radius haben als die Natriumionen, erhöht sich die Druckspannung im Netzwerk des Glases, was sich makroskopisch als oberflächennahe Schicht mit erhöhter Festigkeit bemerkbar macht. Bildlich gesprochen schließen sich dadurch Mikrorisse und Defekte in

der Oberfläche. Die Austauschtiefe der Ionen bestimmt dabei die Dicke der Schicht – bei Deckgläsern für Tablet- und Smartphone-Touchscreens liegt sie in der Größenordnung von 50 Mikrometern. In manchen Deckglasmaterialien verdrängen die Kaliumionen nicht nur Natrium-, sondern auch die noch kleineren Lithiumionen.

Im Vergleich zu einem chemisch vorgespannten Fensterglas – einem Kalknatron-Silikatglas – erreicht vorbehandeltes Alumosilikatglas in Tests die drei- bis vierfache Festigkeit. Dies macht sich nicht nur bei Kratzern und Stößen positiv bemerkbar, sondern auch bei Verformungen – etwa, wenn das Smartphone in der Hosentasche steckt und leicht gekrümmt wird.

So kommt es, dass ein Mobilgerät heutzutage auf den Boden fallen kann, ohne dass zwangsläufig das Deckglas zerbricht. Freilich gilt das nur innerhalb bestimmter Grenzen, nämlich solange die vorgespannte Schicht unverletzt bleibt. Dringt ein Riss in die Hauptmasse des Deckglases vor oder durchstößt z. B. ein spitzer Stein die vorgespannte Schicht, kann sich der Besitzer nur noch mit dem Volksmund trösten, wonach Scherben angeblich Glück bringen sollen. Wobei – Glasscherben sind davon ja bekanntlich ausgenommen.<sup>#)</sup>

**Michael Vogel**

<sup>#)</sup> Ich danke Dr. Rüdiger Dietrich von der Schott Technical Glass Solutions GmbH in Jena für hilfreiche Hintergrundinformationen.