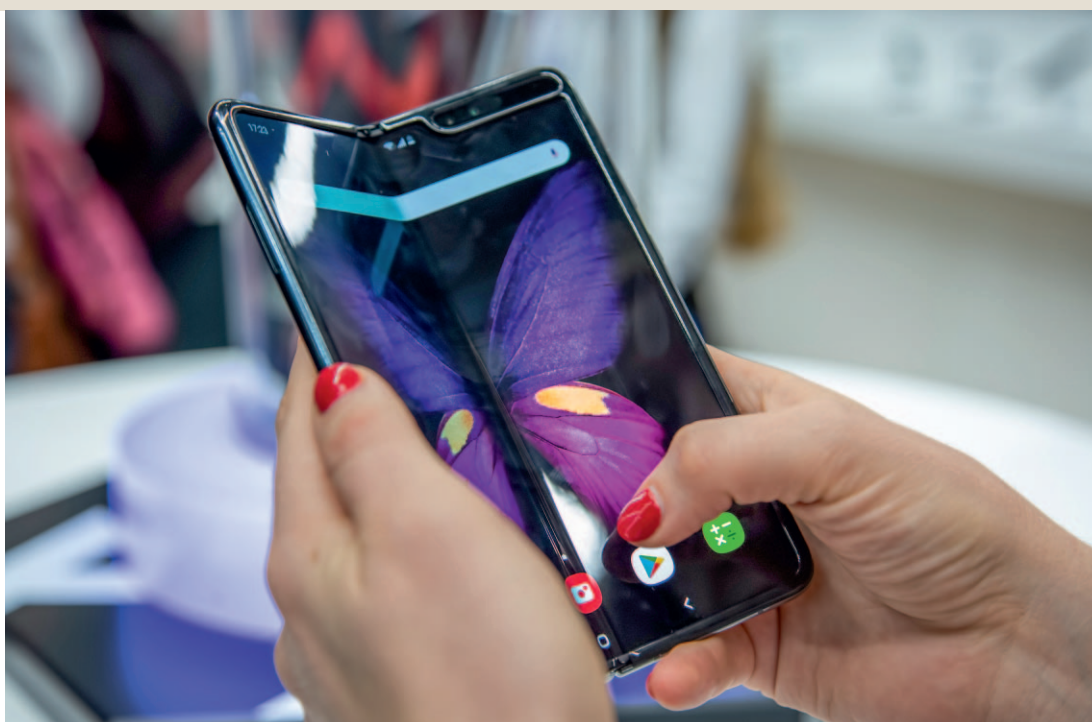


# Freiformbearbeitung futuristischer Displays

Ultradünnes Glas bietet außergewöhnliche Möglichkeiten, stellt aber eine enorme Herausforderungen für die Verarbeitung dar. Für das Schneiden empfiehlt sich der **FILAMENTATIONSPROZESS** mit UKP-Lasern.



## MANDY GEBHARDT UND RENE LIEBERS

**E**rste faltbare Smartphones wie zum Beispiel das Samsung ›Galaxy Fold‹ oder das Huawei ›Mate X‹ kamen 2019 auf den Markt (Bild 1). Die Geräte bieten die Bildschirmgröße eines kleinen Tablets, können aber gleichzeitig auf die Größe eines Standard-Smartphones zusammengeklappt werden. Diese Funktionalität wurde jedoch auf Kosten der Haltbarkeit des Bildschirms erreicht: Das Polymer, das anstelle des Standard-Smartphone-Glases verwendet wurde, erwies sich zwar als flexibel, aber leider auch als anfälliger für Beschädigungen wie Kratzer. Nachfolgemodelle wurden deshalb mit einem faltbaren Bildschirm aus flexiblem, ultradünnem Glas ausgestattet. Dieses Display wird durch eine am Gerät vorinstallierte Polymerabdeckung geschützt. Folglich interagiert der Benutzer auch hier mit einer Polymeroberfläche, die leicht zerkratzt. Die Nachfrage nach langlebigem, zuverlässig funktionie-

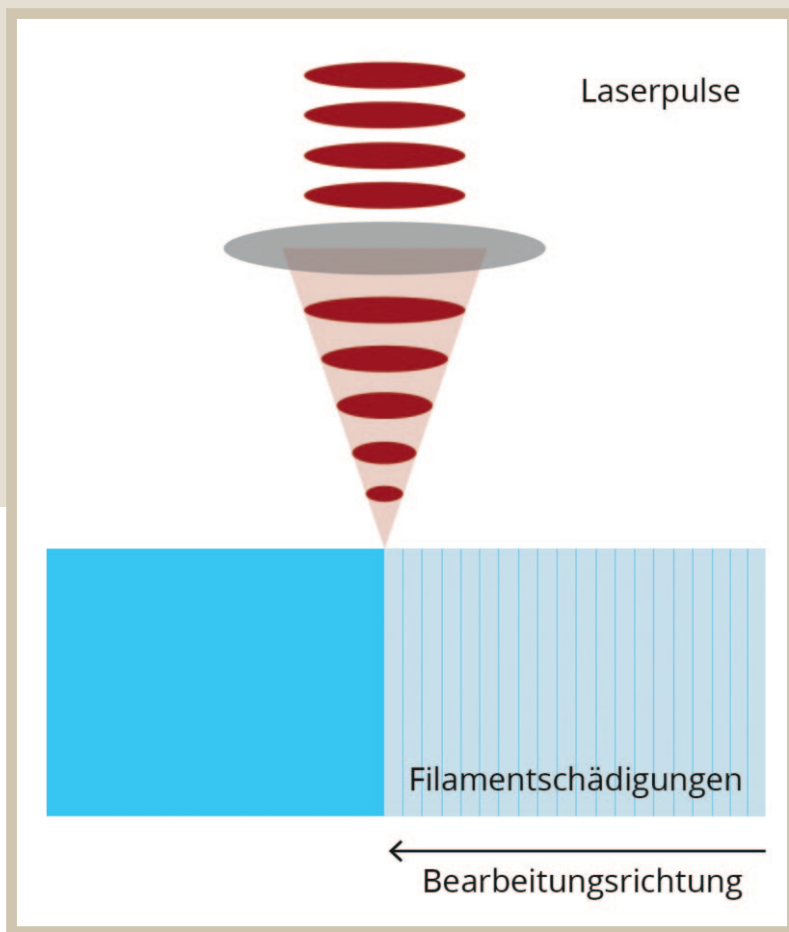
rendem und ultradünnem Glas, um die Glas-Kunststoff-Kombination zu ersetzen, ist daher enorm.

## Ultradünnglas mit besseren Gebrauchseigenschaften

Typischerweise ist dieses Ultradünnglas etwa 30 µm dick. Aufgrund seiner thermischen, optischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften ist es als Deckmaterial für flexible Displays viel besser geeignet als Polymere oder Glas-Polymer-Stacks. Außerdem verfügt es über eine angenehme Haptik – ein

### > KONTAKT

HERSTELLER  
**3D-Micromac AG**  
 D-09126 Chemnitz  
 Tel. +49 371 40043-222  
 sales@3d-micromac.com  
[www.3d-micromac.de](http://www.3d-micromac.de)



**Bild 2. Schematische Darstellung des Filamentationsprozesses**

entscheidendes Kriterium für den Einsatz in Touchscreen-Geräten. Neben dem Einsatz in faltbaren Smartphones kann flexibles, ultradünnes Glas beispielsweise auch für Fahrzeugdisplays verwendet werden, die sich nahtlos in den Fahrzeuginnenraum einfügen und dort den Kurven eines Autoarmaturenbretts folgen.

Doch obwohl ultradünnes Glas ein geeignetes Abdeckmaterial für flexible Displays ist, ist es immer noch sehr zerbrechlich und hat eine begrenzte Flexibilität. Dies erschwert die Herstellung, Bearbeitung und Handhabung. Ein Einsatz in der Massenproduktion ist deshalb zum jetzigen Zeitpunkt nicht kosteneffizient.

### Etablierte Fertigungsmethoden für Standard-Smartphone-Glas

Standard-Smartphone-Glas hat eine Dicke von 450 bis 550 µm. Durch die hohe Steifigkeit ist es einfach zu handhaben und zu schneiden. Klassische Ritz- und Brechprozesse mit Diamantspitzen oder -rädern funktionieren gut. Das erforderliche Finish wird in der Nachbearbeitung durch Schleif- und Polierschritte erzielt. Für die Bearbeitung von zerbrechlichem, ultradünnem Glas sind diese mechanischen Verfahren jedoch nicht geeignet. Zum einen wirken Kräfte auf das Material, zum anderen werden Partikel erzeugt – beides ist schädlich für ultradünnes Glas. Gekrümmte Kanten können zudem nur in begrenztem Umfang

erzeugt werden. Deshalb können mechanische Verfahren nur zur Herstellung traditioneller quadratischer oder rechteckiger Displays verwendet werden.

Typische Laserschneidprozesse kommen ebenfalls zur Anwendung. Das rissbasierte thermische Lasertrennen mit CO<sub>2</sub>-Lasern ist eine etablierte Technik, jedoch ähnlich

limitiert wie die mechanischen Verfahren hinsichtlich der begrenzten Freiformfähigkeit. Damit sind diese Verfahren zur Herstellung futuristischer Displays nicht geeignet.

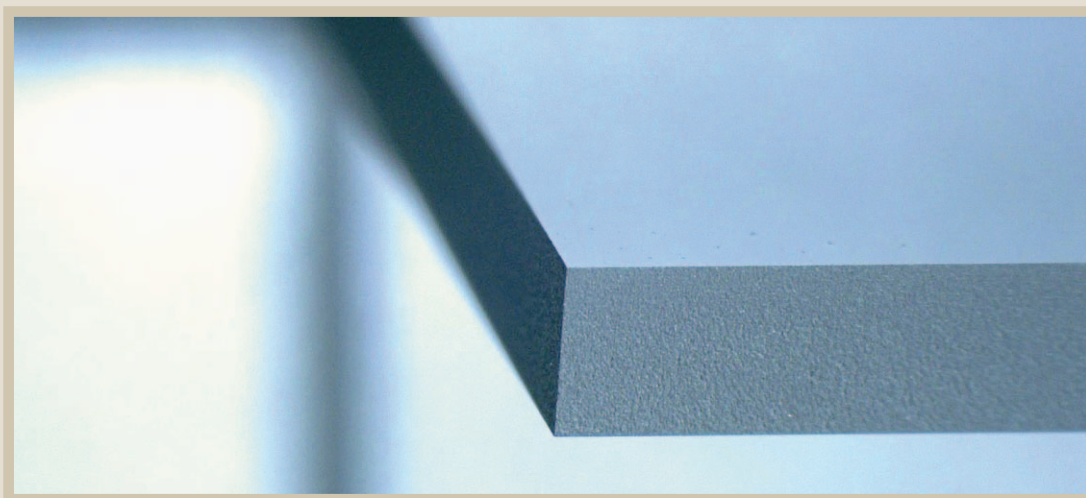
Eine weitere Alternative ist das ablativ Laserschneiden. Dieses ermöglicht zwar das Erzeugen von Radien und Krümmungen, hat aber den Nachteil, Partikel zu erzeugen und einen relativ geringen Durchsatz aufzuweisen.

### Filamentation für die Freiform-Glasbearbeitung

In den letzten Jahren haben sich Ultrakurzpuls-Laser (UKP) in der industriellen Fertigung etabliert. Diese Laserquellen zeichnen sich durch ihre extrem kurze Impulsdauer im Bereich von wenigen Pikosekunden (10<sup>-12</sup>s) bis hin zu einigen Hundert Femtosekunden (10<sup>-15</sup>s) aus. Bei solch kurzen Pulsdauern ist die mit jedem Impuls auf das Werkstück wirkende Energiedichte enorm. Dabei wird jedoch nahezu keine Wärme ins Material abgegeben, sodass nur eine sehr kleine Wärmeeinflusszone entsteht. Diese Eigenschaft macht UKP-Laser zur perfekten Lösung für die Bearbeitung von ultradünnem Glas.

Genutzt wird hierbei der Filamentationsprozess (Bild 2). Die ultrakurzen Pulse tragen das Glas nicht ab, sondern modifizieren es so, dass eine Schädigung im Glasvolumen entsteht. Diese Schädigungen ermöglichen eine kontrollierte Trennung entlang der

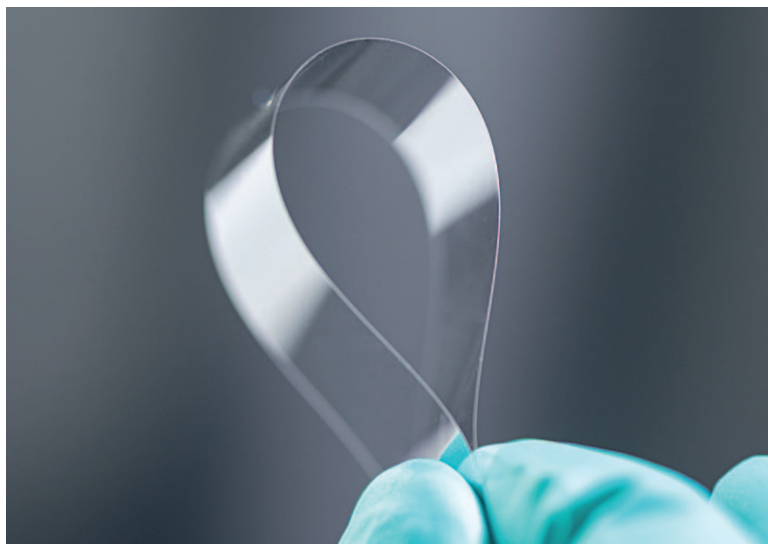
**Bild 3. Schnittkante eines mithilfe der Filamentation geschnittenen Alumosilikatglases**



modifizierten Schnittkontur. Das Verfahren hat zahlreiche Vorteile, einschließlich der Möglichkeit, Freiformen und Ausschnitte zu generieren. Bei Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 1500 mm/s wird eine ausgezeichnete Kantenqualität erreicht. Partikel oder Spannungen im Material entstehen nur in äußerst geringem und lokal begrenztem Maße. Eine Nachbearbeitung entfällt.

UKP-Laser inklusive der Filament-Technik sind für das Schneiden von herkömmlichem Smartphone-Glas bei einigen Displayherstellern bereits fest in der 24/7-Produktion etabliert. Auf dem Markt sind zahlreiche Laserquellen und Strahlführungsoptiken verfügbar. Die Investitionskosten sind jedoch relativ hoch und müssen für eine breitere Akzeptanz in weiteren Marktbereichen gesenkt werden. Zudem ist das notwendige Prozess-Know-how sehr spezifisch. Integratoren wie 3D-Micromac stecken daher während der Kundenevaluationsphase viel Aufwand in die Prozessentwicklung, um die immer komplexeren Anwendungen der Kunden effektiv und effizient umzusetzen. Generell lassen sich Kalk-Natron-, Borosilikat- oder chemisch vorgespanntes Glas sehr gut und zuverlässig schneiden (**Bild 3**).

**Bild 4. Lasergeschnittenes Ultradünnglas (30 µm), bearbeitet mit einem UKP-Laser im Filamentationsprozess**



### Das Feintuning der Prozessparameter

Ultradünnes Glas erfordert jedoch eine besondere Feinabstimmung des Energieeintrags und des Substrathandlings – insbesondere, wenn es beschichtet oder als Materialverbund verwendet wird. Dabei tragen drei Hauptfaktoren zum Ergebnis bei: die präzise Anpassung der erforderlichen Pulsdauer an das Material, die genaue Position der Modifikation sowie ein anschließender Trennprozess, der genau auf den Prozessschritt der Modifikation abgestimmt ist. Eine besondere Rolle spielen die Dauer der Laserstrahl-Material-Wechselwirkung und die homogene Energieverteilung in Strahlausbreitungsrichtung. Als wichtig hat sich außerdem die Abstimmung der räumlichen und zeitlichen Energieverteilung im Laserpuls (Burst-Processing) herausgestellt. Damit lässt sich eine möglichst geringe Beschädigung der Glaskante gewährleisten. Nur umfangreiche Optimierungen dieser Parameter führen zu einem stabilen Prozessergebnis.

In grundlegenden Untersuchungen an unbeschichtetem Dünnglas wurden sehr gute Festigkeitswerte bei gleichzeitig hohem Weibull-Modul nachgewiesen. Das Weibull-Modul ist ein Indikator für einen stabilen Prozess ohne größere Abweichungen in der Bruchkraft. An einem ultradünnen Glas (Schott AF 32) mit einer Stärke von 30 µm wurde beispielsweise der Festigkeitswert von 100 MPa bei einem Weibull-Modul von 10 erzielt. Andere gleich dicke Displaygläser weisen Werte von bis zu 150 MPa auf. Mit dieser Biegefestigkeit lässt sich das Glas bis zu einem Radius von circa 7 mm ohne Beschädigung biegen (**Bild 4**).

Zum Schneiden von Ultradünnglas kommen die industrieerprobten »microShape«-Lasersysteme von 3D-Micromac in Kombination mit einem UKP-Laser und einem Technologiemodul zum Filament-Schneiden zum Einsatz (**Bild 5**). Zusätzliche Technologiemodule zum Brechen und verschiedene Handlungsoptionen können so kombiniert werden, dass ein produktionstaugliches Gesamtsystem entsteht, das exakt an die jeweilige Kundenanwendung angepasst

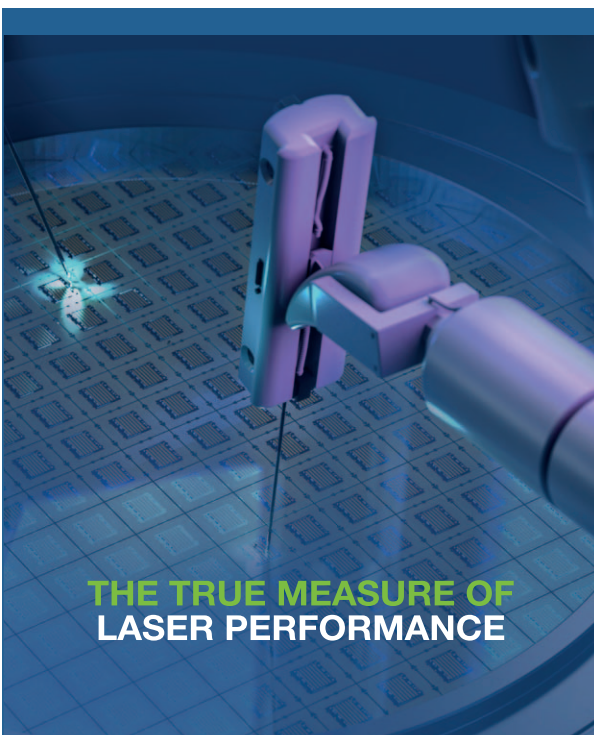


**Bild 5. Das Laserschneidsystem »microShape« von 3D-Micromac eignet sich dazu, ultradünnes Glas mit einer UKP-Laserquelle zu schneiden**

ist. Neben unbeschichtetem Ultradünnglas lassen sich ebenfalls beschichtete Gläser und komplexe Material-Stacks mit entsprechender Prozessoptimierung verarbeiten. Damit stehen der Industrie zuverlässige Werkzeuge zum Schneiden von ultradünnem Glas zur Verfügung. Sobald die Haltbarkeit des Materials das für Verbraucherdisplays erforderliche Niveau erreicht hat, steht dem Einsatz in flexiblen Displays also nichts mehr entgegen. ■ MI110769

#### AUTOREN

**MANDY GEBHARDT** ist Teamleiterin Marketing & PR bei 3D-Micromac in Chemnitz; gebhardt@3d-micromac.com  
**RENE LIEBERS** ist Technology Manager bei 3D-Micromac in Chemnitz; liebers@3d-micromac.com



THE TRUE MEASURE OF  
LASER PERFORMANCE



[www.ophiropt.com/photonics](http://www.ophiropt.com/photonics)

## Mikromaterialbearbeitung

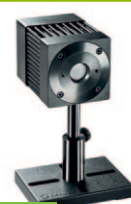
**Konsistenz und Präzision dauerhaft sichern**

Prüfen Sie gepulste Lasern für Halbleiter-, PCB- und OLED-Fertigung mit dedizierten Sensoren.

- Durchschnittliche Leistung von UKP-Lasern bis 200 W
- Für Pulsbreiten bis hinunter auf Femtosekunden
- Hohe Zerstörschwelle



30(150)A-SV-17



F150(200)A-CM-17