

Gruppe

**BEARBEITUNGSVERFAHREN, GLASFORMGEBUNG**

Tobias Rist | Telefon +49 761 5142-430 | tobias.rist@iwm.fraunhofer.de

## BIEGEN VON FLACHGLAS IN KLEINEN BIEGERADIEN

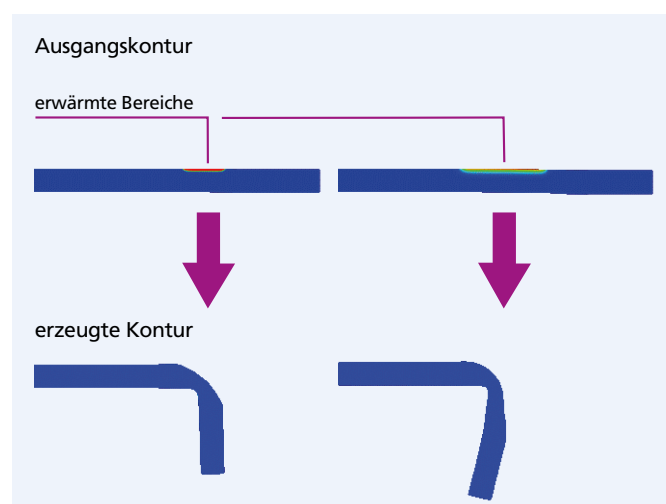
Dreidimensional geformte Glasprodukte, hergestellt aus Flachglas, sind für viele Produktdesigns interessant: von komplex geformten Inneneinrichtungsteilen über technische Oberflächen bis hin zu Anwendungen im Automobil. Mit den etablierten Formgebungsverfahren der Glasindustrie, dem Schwerkraftbiegen und dem Pressbiegen, lassen sich eine Vielzahl gewünschter Formen herstellen. Es gibt jedoch fertigungstechnische Grenzen: So lassen sich mit den genannten Biegeverfahren beispielsweise mit 4 mm dicken Gläsern Biegeradien nur bis zu einem minimalen Radius von 50 mm realisieren. Mit dem am Fraunhofer IWM entwickelten Verfahren sind hingegen bei gleicher Glasdicke Biegeradien bis zu unter 5 mm möglich. Mit diesem Glasbiegeverfahren sind stark akzentuierte Konturen darstellbar, beispielsweise mit scharf gebogenen Ecken.

### Qualitätsoptimierung mit lokaler Erwärmung

Die Herausforderung beim Flachglasbiegen besteht darin, das Glas entsprechend der gewünschten Kontur zu verformen, ohne dabei störende Abdrücke von Werkzeugkanten oder Kontaktmedien an der Oberfläche einzubringen. Außerdem soll sich die Materialstärke nur in geringem Maße ändern. Die üblichen Biegeverfahren erwärmen das Glas vollflächig auf Temperaturen, die eine Formgebung erlauben. Diese Temperatur liegt bei Kalk-Natron-Gläsern typischerweise um die 600 °C. Die vollflächige Erwärmung wirkt sich nachteilig auf die Ebenheit der in der Zielkontur ebenen Bereiche aus. Außerdem ist die Glasoberfläche an im Prozess genutzten Auflagen auf Druck belastet, was bei der Erwärmung zu Verformungen führt. Die Folgen daraus sind Welligkeiten sowie Abdrücke der Auflagen.



1 *Im Experiment (links) und in der Simulation (rechts) erzeugter Knick bei 4 mm Glasdicke und einem Biegeradius < 5 mm, jedoch mit Einschnürung.*



2 *Simulation des Biegeprozesses: Das Glas wird im Biegebereich zusätzlich lokal erhitzt – die Breite des Energieeintrags variiert, die Energieeinträge sind identisch.*



**3** *Zwei mit kleinem Biegeradius um 90° gebogene Flachgläser, Anordnung wie in einer Isolierglasscheibe: 12 mm Abstand.*

Vorteilhafter ist es, nur den zu formenden Bereich auf die Biegetemperatur zu erwärmen – die Biegung erfolgt mithilfe der Schwerkraft und ohne Werkzeuge oder Auflagen. So vermeiden wir Abdrücke, und die Ebenheit des Glases außerhalb der Biegebereiche bleibt erhalten. Die lokale Erwärmung lässt sich sehr gut mittels geführter Laserstrahlung in das Glas einbringen. Die Ausgangstemperatur des Glases liegt dabei unter der Biegetemperatur beim klassischen Biegen.

Anhand numerischer Simulationen wird am Fraunhofer IWM das komplexe Materialverhalten untersucht, und es werden Prozessoptimierungen erarbeitet. Die Simulation berücksichtigt unter anderem die temperaturabhängige Viskosität des Glases, Temperaturübergänge von und zur Umgebung, den Energieeintrag durch den Laser sowie Wärmefluss innerhalb des Glases. Dadurch ist es möglich, auf einfache Weise den Einfluss von unterschiedlichen zeitlich und örtlich variablen Prozessparametern zu untersuchen und die Zahl der notwendigen Versuche zur Ermittlung der Prozessparameter deutlich zu reduzieren.

### **Verbundsicherheitsglas – mit kleinsten Biegeradien**

Ein Fraunhofer-internes Förderprojekt hat zum Ziel, stark geknickte Glasscheiben herzustellen, die im Anschluss mit einem zweiten ebenfalls in passgenauer Geometrie geformten Glas laminiert werden. Dabei werden Gläser in 2 bis 4 mm Stärke eingesetzt, sodass der resultierende VSG-Aufbau etwa 5 bis 9 mm Dicke erhält. In ersten Versuchen konnte gezeigt werden, dass mit dem Verfahren des Fraunhofer IWM scharfe 90°-Winkel sogar mit geringeren Biegeradien als 5 mm herstellbar sind (Abbildung 1).

Die Herausforderungen liegen in der exakten Prozesssteuerung im Glasbiegeofen. Die geometrischen Ausmaße der zusätzlich per Laser erwärmten Biegezone bestimmen den Biegeradius und die Prozesszeit. Eine zu lange Erwärmung führt im späteren Verlauf des Prozesses zum Einschnüren des unter Schwerkraft umgeformten Glases (Abbildung 1). Mithilfe von Simulationsmodellen werden die Mechanismen des Materialverhaltens untersucht und wichtige Prozessgrößen wie Wärmeeintrag, Temperatur als auch Dauer der Wärmebringung abgeleitet und optimiert (Abbildung 2). Die in kleinen Biegeradien gebogenen Einzelscheiben (Abbildung 3) werden bei unserem Partner, dem Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP weiterverarbeitet: Es entstehen Verbundsicherheitsgläser, die für den Einsatz in Gebäuden im Überkopfbereich eingesetzt werden können. Zusätzlich ist eine Funktionalisierung der Lamine vorgesehen: Durch einlamierte Solarzellen entstehen gebäudeintegrierbare Glas-Glas-Solarmodule.

Die gebogenen Gläser eignen sich ebenso zur Herstellung neuartig geformter Isolierglasscheiben. Auf diese Weise können bruchfreie, geknickte Isoliergläser hergestellt und die Möglichkeiten für Design und Architektur erweitert werden. Die laser-gestützte Glasformgebung ist auch für andere Glasformen und -produkte geeignet und lässt sich anwendungsorientiert in bestehende Prozesse einbinden oder optimal anpassen.

Matthias Gremmelspacher, Tobias Rist