

## **"Forschungs- und Entwicklungspotenziale für ur- und umformende Prozesse in der Glasindustrie"**

Das Anwendungsfeld der modernen Glasproduktion reicht heute von der Herstellung transparenter Behälter, in denen Lebensmittel gut sichtbar und dennoch ohne Beeinträchtigung des Geschmacks und der Nährstoffe verpackt und transportiert werden können, bis hin zum Glasfaserkabel, das den schnellen Austausch großer Datenmengen in der modernen Kommunikationsgesellschaft sicherstellt. Diese Bandbreite der Anwendungen wird dadurch ermöglicht, dass sich die Eigenschaften der Gläser sowohl bezüglich der Produkteigenschaften als auch bezüglich der Anforderungen des Formgebungsverfahrens in weiten Grenzen anpassen lassen. Die wichtigsten Eigenschaften des Werkstoffes Glas sind:

- hohe Druckfestigkeit und Steifigkeit
- Lebensmittelechtheit
- chemische Beständigkeit gegenüber Säuren und Laugen
- beliebig einstellbare Transparenz
- beliebig einstellbare elektrische Leitfähigkeit des Glasvolumens
- mittlere Wärmeleitfähigkeit (zwischen Metallen und Kunststoffen)
- individuelle Formbarkeit
- Mikrostrukturierbarkeit

Je nach Anwendungsfeld können diese Eigenschaften von Vor- und Nachteil sein. So wird die hohe Steifigkeit in der Automobilindustrie zur Erhöhung der Stabilität der Karosserie ausgenutzt, während sie in Verbindung mit Oberflächenverletzungen Ursache für Sprödbrüche sein kann und so die Zugfestigkeit Innendruck-belasteter Behälter begrenzt. Durch Veränderungen in der Zusammensetzung, besonders aber durch Anwendung von Veredelungsverfahren wie Keramisierung oder vielfältige Beschichtungstechnologien können diese Eigenschaften gezielt verbessert und den jeweiligen Produkthanforderungen angepasst werden.

Die Glasindustrie gehört mit einem Umsatz von 8,9 Milliarden EURO und ca. 64000 Beschäftigten in 438 Betrieben (alle Zahlen für 2002) zu den kleineren Industrien in Deutschland. Ihre besondere Bedeutung liegt in ihrer Rolle als einer der wichtigsten Zulieferer für die umsatzstärksten Branchen Automobil und Bau. Wichtiger noch ist die kontinuierlich wachsende Bedeutung optischer Teile in der Kommunikations- und Computertechnologie. Hierdurch erhalten Technologieentwicklungen im Glassektor eine maßgebliche gesamtwirtschaftliche Bedeutung. Im Bereich der Herstellung von Glasmaschinen und -anlagen sind über 100 Firmen mit ca. 4000 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von 600 Mio. Euro tätig. Diese Firmen produzieren zu 80 % für den Export.

Die Herstellung von Glasartikeln erfolgt zunächst als Urformungsprozess aus der Schmelze. Dabei kommt die Breite der Anwendungsmöglichkeiten des Glases in der Vielzahl von Formgebungsverfahren zum Ausdruck. Die Herstellung von Hohlglas in Form von Behälterglas, Bauglas oder auch Lampenglas erfolgt in der Regel durch Press- und Blasverfahren. Die im Bereich des Flachglases beheimateten Produkte wie Spiegelglas, Bauglas oder Fahrzeugglas werden meist durch Anwendung des Float-Verfahrens, aber auch durch (profiliertes) Walzen hergestellt. Für die Produktion von Glasrohren kommen mehrere Ziehverfahren zum Einsatz. Kurzfasern für die Dämmstoffindustrie und Endlosfasern für textile oder nachrichtentechnische Anwendungen werden in Schleuderverfahren bzw. Düsenblas- oder speziellen Ziehverfahren hergestellt. Die verschiedenen Produkte aus dem Bereich Wirtschaftsglas

werden ebenfalls durch Pressverfahren, Blasverfahren, Schleuderverfahren sowie produkt-spezifische Kombinationsverfahren hergestellt. Die mannigfaltigen Spezialgläser werden häufig durch Anwendung von Pressverfahren, aber auch durch Guss-, Blas- und Ziehverfahren hergestellt. Oft schließen sich bei der Herstellung von Glasprodukten umformende Prozesse unmittelbar an. Beispiele hierfür sind Biegen von Flachglas, Verschmelzen abgetrennter Ränder bei der Wirtschaftsglas-Herstellung, Verbinden von Rohrglas verschiedener Durchmesser oder Herstellung von Werkstoffverbunden durch Verpressen und Verschmelzen z. B. in der Glühlampenfertigung.

## **Entwicklungsziele für die Glasproduktion**

Forschung und Entwicklung in der Glasformgebung muss zweifach ausgerichtet sein: auf die Verbesserung der Verfahrenseffizienz und die Optimierung der Produkteigenschaften. Für die Wettbewerbsfähigkeit ist die Verfahrenseffizienz von entscheidender Bedeutung, d. h., Formgebungsverfahren müssen unter ökonomischen, energetischen und Umweltgesichtspunkten ständig verbessert werden. Zum anderen wird auch die Produktqualität in erster Linie von den Eigenschaften des Formgebungsverfahrens bestimmt. So hängt die Güte von aktiven und passiven Beschichtungen beispielsweise entscheidend von den Oberflächeneigenschaften des Basisglases ab.

### **1. Entwicklungsziel: Entwicklung von prozessangepasster Sensorik**

Eine hohe Produktqualität erfordert eine reproduzierbare Prozessführung. Als Basis für eine solche Reproduzierbarkeit müssen in ausreichendem Maß prozessrelevante Informationen zur Verfügung stehen, die durch geeignete Online-Sensoren gemessen werden. Eine verbesserte Datenbasis würde auch die Aussagekraft der Prozessmodellierung erheblich verbessern. Die Glasherstellung ist ein Hochtemperaturprozess an dessen Ende die Formung bei Temperaturen zwischen 600 und 1200 °C steht. In diesem Temperaturbereich stehen heute nur für sehr wenige Messgrößen Online-Sensoren zur Verfügung. Insbesondere die für die Formgebung maßgebliche Viskosität lässt sich noch nicht online messen. Ein wichtiges Ziel muss deshalb die Entwicklung thermisch hoch belastbarer Sensoren sein.

### **2. Entwicklungsziel: Modellentwicklung**

Die Glasformgebung ist wegen der dabei auftretenden Temperaturfelder mit zum Teil extremen Gradienten und der exponentiellen Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur ein sehr komplexer Fließvorgang. Diese Einschränkung macht Produktneuentwicklungen zu einem aufwendigen und kostenintensiven Vorgang. Ein großer Teil der Entwicklungskosten ließe sich sparen, wenn geeignete Modellierungsmöglichkeiten zur Verfügung stünden. Die bessere Verfügbarkeit von Computerkapazitäten hat die mathematische Modellierung zu einem wichtigen Werkzeug der Prozessentwicklung gemacht. Die FEM-Modellierung der Glasformgebung ist heute jedoch durch Mangel an Techniken begrenzt, die die korrekte Zuordnung von Temperaturverteilungen und Wärmeübergängen erfassen und verarbeiten. Hier kann nur eine verbesserte Sensorik für industrielle Randbedingungen weitere Fortschritte ermöglichen. Mechanische und thermische Wechselwirkungen zwischen Glas und Formgebungswerkzeugen könnten so besser untersucht und verstanden werden. Umgekehrt ergibt sich aus einer verbesserten Sensorik eine bessere Verfahrenskontrolle, um stabilere Formgebungsprozesse mit geringerem Materialverschleiß und gleichmäßigerer Produktqualität zu gewährleisten.

### **3. Entwicklungsziel: Endkonturnahe Fertigung**

In vielen Fällen, z. B. Elektronik oder Optik, stellt Glas ein Vorprodukt dar. Bei sehr komplexen Geometrien müssen häufig in einem Zwischenschritt durch Schleifen Anpassungen bezüglich der Endkontur vorgenommen werden. Diese Zwischenschritte sind in der Regel sehr zeit- und arbeitsaufwendig. In diesen Zusammenhang gehören auch hohe Anforderungen an die Oberflächengüte von Bauteilen. Bei sehr kleinen Teilen mit einfacher Kontur, z. B. blankgepressten Linsen, konnten durch die Formung bei niedrigen Temperaturen und hohen Drücken gute Ergebnisse erzielt werden. Das nächste Ziel muss die Weiterentwicklung dieser Technik für große Bauteile und komplexe Konturen sein. Eine endkonturnahe Formung in optischer Qualität würde zu beträchtlichen Kosteneinsparungen führen und neue Anwendungsmöglichkeiten für Glasbauteile eröffnen. Insbesondere im Bereich der Spezialgläser lassen sich durch Optimierung der Glaszusammensetzung für die jeweilige Formgebung weitere Verbesserungen erzielen. Hierzu muss in grundlegenden Untersuchungen eine Datenbasis zur Wechselwirkung Glas/Form in Abhängigkeit von den jeweiligen Materialzusammensetzungen geschaffen werden.

### **4. Entwicklungsziel: Techniken für die lokale Wärmezufuhr und den lokalen Wärmeentzug**

Die lokalen Fließgeschwindigkeiten der Glasschmelze bei der Formung hängen von der lokalen Viskosität, d. h. vom Temperaturfeld ab. Sowohl die Formgebung als auch die Umformung könnte in ihrer Formenvielfalt enorm erweitert werden, wenn die Techniken für den Eingriff in das Temperaturfeld verbessert und ausgebaut würden. Für lokale Temperaturerhöhungen ist der Einsatz von Flammen üblich, der Einsatz von Laser, Mikrowelle oder Induktionsbeheizung ist für einzelne Anwendungen in der Entwicklung. Um das volle Potenzial dieser Techniken verfügbar zu machen, sind jedoch weitere Anstrengungen, insbesondere grundlegende Untersuchungen erforderlich. Lokale Kühlung erfolgt heute indirekt durch den Kühlmittelfluss in den Formen oder direkt durch Anblasen. Hier würde die Entwicklung neuer Techniken einen enormen Fortschritt im Bereich der Formung individueller Konturen sowohl bei der Formgebung als auch bei der Umformung bedeuten. Insbesondere die Mechanismen der Wärmeübertragung müssen aber für eine erfolgreiche Anwendung noch intensiver untersucht werden.

### **5. Entwicklungsziel: Einsatz von Gläsern in der Mikrosystemtechnik**

Ein relativ neues Anwendungsfeld für Glas ist die Mikrosystemtechnik. Die Strukturierung von Oberflächen durch Ätz- und Laserverfahren ermöglicht es mit Bauteilen aus Glas in den Bereichen Mikroelektronik, Mikromechanik und Mikrooptik Kunststoffe zu ersetzen. Der Vorteil von Glas liegt in seiner höheren thermischen Belastbarkeit und einer besseren chemischen Beständigkeit. Mit Hilfe von direkt gepressten asphärischen und diffraktiven Flächen können sensorische und medizinisch-diagnostische Aufgaben kostengünstig bewältigt werden. Die bessere Korrosionsbeständigkeit von Glas verspricht in diesen Bereichen eine Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten. Die Herstellung von Kleinstbauteilen in höchster Glas- und Fertigungsqualität stellt extreme Ansprüche an die nötigen Technologien.

### **6. Entwicklungsziel: Einstufige Formgebung für die Hohlglasproduktion**

Eine wichtige Möglichkeit zur Steigerung der Effizienz eines Prozesses ist die Kombination von Prozessschritten. Für den bisher zweistufigen Formgebungsprozess in der Behälterglasfertigung könnte der Übergang zu einer einstufigen Prozessführung erhebliche Einsparungen

im Bereich der Formmaterialien ermöglichen. Ebenso würden die Umrüstzeiten bei Produktwechseln verkürzt werden, was insbesondere bei kleinen Losgrößen, wie sie vorwiegend im mittelständischen Bereich produziert werden, ein enormer Kostenvorteil wäre. Die bei einer einstufigen Formgebung zu erwartenden geringeren Wandstärken würden zudem zu Einsparungen bei den Rohstoffen und beim Energieverbrauch führen. Die Konkurrenzfähigkeit des Packmittels Glas würde durch sinkende Transportkosten steigen.

## **7. Entwicklungsziel: Individuelle Formung von Flachglas**

Der Bedarf an gebogenem Flachglas in der Qualität ebener Flachgläser ist groß und weiter steigend. Individuelle Formen in kleinen bis mittleren Stückzahlen werden nicht nur für die Automobilverglasung, sondern zunehmend auch im Bereich der Außen- und Innenarchitektur benötigt. Der Stand der Technik ist eher handwerklich orientiert mit hohem Aufwand, geringer Qualität und hohen Kosten und wird einer angemessenen Deckung des Bedarfs nicht gerecht. Ziel muss die Entwicklung von sektional einstellbaren Biegeformen, verbesserter Aufheiz- und Abkühltechnik sowie die Automatisierung der Anlagen- und Prozessabläufe sein. Der Einsatz automatisch arbeitender, flexibler Biegeanlagen wird zudem das Anwendungsspektrum erweitern, sodass hier mit einem wachsenden Markt gerechnet werden kann.

## **Zusammenfassung**

Die Neu- und Weiterentwicklung von Herstellungstechnologien, Messtechniken und Werkstoffen ist die Basis für die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Glasindustrie. Fortschritte in der Glastechnologie sichern so nicht nur den Erhalt von Arbeitsplätzen durch ökonomische Verbesserung der Produktionsprozesse, sondern wirken sich auch auf die Leistungsfähigkeit wichtiger Wirtschaftszweige wie Automobil, Bau und Elektronik durch Erweiterung der technischen Möglichkeiten aus.