

BEYOND  
TRANS-  
PARENCY

**GLASS TECHNOLOGY LIVE**

**THE HUB @ GLASSTEC | 22 – 25 OCTOBER 2024**

# INHALT

<b>INTERVIEW</b>   MICHAEL ENGELMANN	<u>01</u>
<b>INTERVIEW</b>   F. OIKONOMOPOULOU + T. BRISTOGIANNI	<u>06</u>
<b>INTERVIEW</b>   JUTTA ALBUS	<u>12</u>
<b>INTERVIEW</b>   MIRIAM SCHUSTER + MATTHIAS SEEL	<u>17</u>
<b>AUSSTELLUNG</b>   EXHIBITION	<u>22</u>
<b>IMPRESSUM</b>   IMPRINT	<u>65</u>



# NEUE MATERIALIEN ERFORDERN EIN NEUES KONSTRUKTIVES DENKEN

## NEW MATERIALS REQUIRE NEW CONSTRUCTIVE THINKING

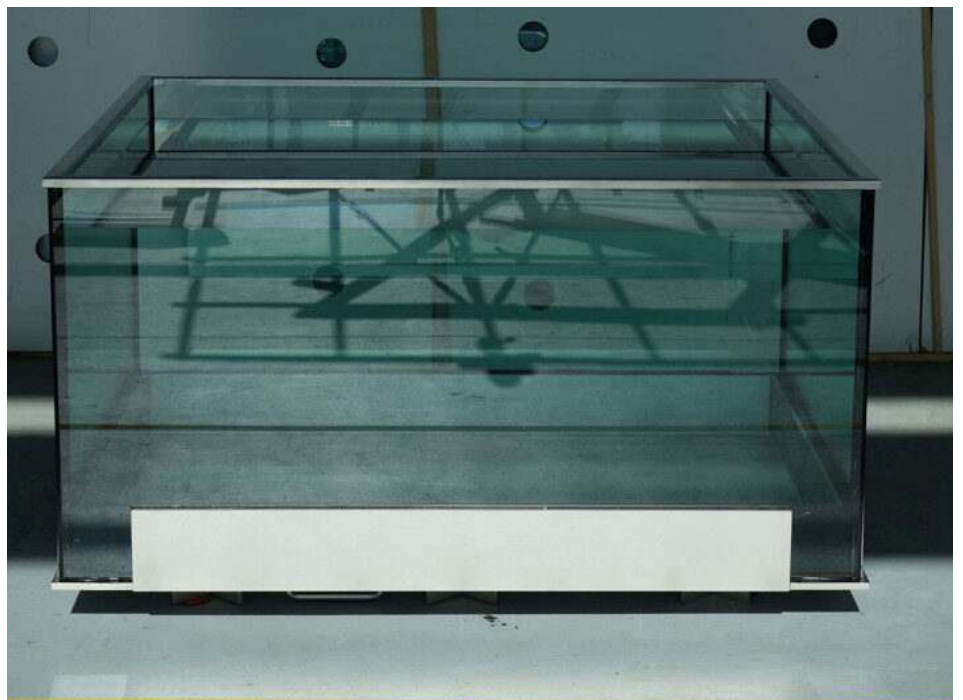
Das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden hat sich mit innovativen Glasklebungen und Konstruktionen aus Dünnglas einen Namen gemacht. Sein neuer Leiter Michael Engelmann erläutert, welchen Nutzen diese Lösungen für die Praxis haben können.

*The Institute of Building Construction at TU Dresden has made a name for itself with innovative glass bonding and constructions made of thin glass. Its new head, Michael Engelmann, explains the benefits these solutions can have in practice.*



Zusammen mit Partnern hat das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden eine geklebte Verglasung unter hydrostatischen und hydrodynamischen Lasten untersucht. (© Alina Katzera, TU Dresden)

*Together with partners, the Institute of Building Construction at TU Dresden has investigated bonded glazing under hydrostatic and hydrodynamic loads. (© Alina Katzera, TU Dresden)*



—Zur **glasstec 2024** stellen Sie mit Ihrem Institut ein zwei mal zwei Meter großes Schwimmbecken aus rahmenlosem, geklebtem Glas vor. Warum gerade ein Schwimmbecken?

Das Kleben von Glas ist einer unserer Arbeitsschwerpunkte. Für uns ist es reizvoll, unsere oftmals sehr kleinteilige Forschung zur Sonderschau *glass technology live* einmal anschaulich und erlebbar darstellen zu können. Das Schwimmbecken haben wir gewählt, weil es einige besondere Herausforderungen mit sich bringt: Auf die Konstruktion und die Klebeverbindungen wirkt dauerhaft ein hoher Wasserdruck ein. Das ist etwas ganz anderes als sonst im Bauwesen, wo man es eher mit kurzzeitig auftretenden Schnee- und Windlasten zu tun bekommt. Eine zentrale Frage war, wie wir die Glaspakete, die für solch ein Becken nötig sind, schlank gestalten und mit einer minimalen Fuge dauerhaft und hochfest verkleben können.

—At **glasstec 2024**, you and your institute will be presenting a two-by-two metre swimming pool made of frameless, bonded glass. Why a swimming pool in particular?

Glass bonding is one of our main areas of expertise. It is appealing for us to be able to present our often very small-scale research at the “*glass technology live*” special show in a vivid and tangible way. We chose the swimming pool because it presents some special challenges: The construction and the bonded joints are permanently exposed to high water pressure. This is quite different from the usual situation in the construction industry, where you tend to have to deal with short-term snow and wind loads. A key question was how we could make the glass packages required for such a pool slim and bond them permanently and with high strength with a minimal joint.



Im Forschungsprojekt **BOND2BEND** werden geklebte, kaltgebogene Isolierverglasungen vorgestellt, die innovative Freiformfassaden ermöglichen. (© Johannes Giese-Hinz, TU Dresden)

*The BOND2BEND research project presents bonded, cold-bent insulating glazing that enables innovative free-form façades. (© Johannes Giese-Hinz, TU Dresden)*

—Im Forschungsprojekt **Bond2Bend** beschäftigen Sie sich mit kaltgebogenem Isolierglas. Welche Vorteile hat es, Glas kalt zu biegen, und welche Anforderungen an die Klebeverfahren gibt es da?

Geschwungene Fassadenkonstruktionen sind ein Trend in der Architektur. Gerade für ausgedehnte Fassadenflächen reichen oft große Biegeradien, um eine ansprechende Form zu bekommen. Das lässt sich mit kalt gebogenem Glas gut umsetzen. Wir arbeiten dabei mit herkömmlichem Flachglas, das wir mechanisch auf eine gebogene Unterkonstruktion pressen. Die dadurch entstehende Anpresskraft muss normalerweise mit einer Pressleiste aufgenommen werden. Um diese einzusparen und eine möglichst glatte Fassadenansicht zu erhalten, kleben wir das Glas direkt auf die Unterkonstruktion. Die Klebung muss die erheblichen Lasten also abtragen können. Wir wissen mittlerweile, dass solche Klebungen im Lauf der Zeit

—In the **Bond2Bend** research project, you are working on cold-bent insulating glass. What are the advantages of cold bending glass and what are the requirements for the bonding process?

Curved façade constructions are a trend in architecture. Large bending radii are often sufficient to achieve an attractive shape, especially for extensive façade surfaces. This can be achieved well with cold-curved glass. We work with conventional flat glass, which we press mechanically onto a curved substructure. To achieve the smoothest possible façade appearance, we bond the glass directly to the substructure. The bond must therefore be able to withstand the considerable loads. We now know that such bonds give way over time, become more deformed and the curvature is lost to some extent as a result. If we are able to calculate this deformation precisely, we can also limit it to an acceptable level.

nachgeben, sich weiter verformen und die Krümmung dadurch ein Stück weit verloren geht. Wenn wir in der Lage sind, diese Verformung genau zu berechnen, können wir sie auch auf ein akzeptables Niveau begrenzen.

**\_\_\_Als Professor für Nachhaltige Baukonstruktion befassen Sie sich auch mit Methoden, um Konstruktionen und Materialien möglichst lang im Kreislauf zu halten. Kreislauffähige Konstruktionen sollen leicht rückbaubar sein, geklebte Glasverbindungen dagegen möglichst dauerhaft. Wie geht man mit diesem Widerspruch um?**

Es ist heute schon üblich, auch geklebte Konstruktionen aufzutrennen, etwa um defekte Scheiben auszutauschen. Aber das ließe sich noch vereinfachen – etwa durch Klebungen, die „on demand“ trennbar sind. Nachdem die Klebforschung im Glasbau jahrzehntelang enorme Fortschritte in Richtung Dauerhaftigkeit gemacht hat, ist es nun an der Zeit, die Trennbarkeit mindestens auf dem gleichen Niveau zu etablieren. Wir werden auf geklebte Glaskonstruktionen nicht verzichten müssen – aber wir sollten das Kleben so weiterentwickeln, dass damit auch kreislauffähige Konstruktionen möglich werden.

**\_\_\_Im Projekt FiReGlass entwickeln Sie Träger aus Verbundsicherheitsglas mit definierten Brandschutzzeigenschaften. Womit erreichen Sie den erhöhten Brandschutz?**

Wenn Glas einer Brandlast ausgesetzt ist, wird es schnell heiß und dadurch stark verformbar. Die Folien in Verbundsicherheitsglas, welches für solche Träger verwendet wird, schmelzen relativ schnell und verlieren dadurch ihre Funktion. Wir vermeiden das, indem wir den Glasträger mit einem Brandschutzgel und einer weiteren Glasscheibe umhüllen. Außerdem haben wir im Rahmen des Projekts einen neuartigen Kantenschutz und eine spezielle Auflagerkonstruktion entwickelt. Diese drei Innovationen sorgen dafür, dass sich der Kern des Glasträgers deutlich weniger stark erhitzt und damit länger tragfähig bleibt als eine Referenzkonstruktion ohne die Schutzhülle. Beide Träger stellen wir auf der glass technology live gemeinsam aus.

**\_\_\_Träger aus Verbundsicherheitsglas gab es auch früher schon. Wie hat man den Brandschutz bei Ihnen bisher gelöst?**

Im Wesentlichen auf organisatorischem Wege, indem zum Beispiel Fluchtwege nicht an solchen Konstruktionen vorbeiführen. Das wiederum schränkt jedoch die Gestaltungsfreiheit in der Architektur ein. Wir haben in Bezug auf den tragenden Glasbau noch einen enormen Forschungsbedarf. Im Vergleich etwa zum Stahl- oder zum Holzbau fehlt uns das Wissen darum, wie wir den Brandschutz tragender Glaskonstruktionen auch ohne aufwän-

*to calculate this deformation precisely, we can also limit it to an acceptable level.*

**\_\_\_As a professor of sustainable building construction, you also deal with methods for keeping constructions and materials in the cycle for as long as possible. Circular constructions should be easy to dismantle, while bonded glass connections should be as durable as possible. How do you deal with this contradiction?**

*It is common practice today to separate bonded constructions, for example in order to replace defective panes. But this could be simplified even further – for example by using bonded joints that can be separated "on demand". After decades of enormous progress in bonding research for glass construction in terms of durability, it is now time to establish at least the same level of separability. We will not have to do without bonded glass constructions – but we should continue to develop bonding in such a way that it also makes recyclable constructions possible.*

**\_\_\_In the FiReGlass project, you are developing load-bearing beams made of laminated safety glass with defined fire protection properties. How do you achieve the increased fire protection?**

*When glass is exposed to a fire load, it quickly becomes hot and therefore highly deformable. The films in laminated safety glass, which are used for such substrates, melt relatively quickly, losing their function as a result. We prevent this by wrapping the glass support with a fire protection gel and another pane of glass. We have also developed a new type of edge protection and a special support structure as part of the project. These three innovations ensure that the core of the glass support heats up significantly less and therefore remains stable for a longer time than a reference construction without the protective cover. We will be exhibiting both glass beams together at glass technology live.*

**\_\_\_Beams made of laminated safety glass have also existed in the past. How has fire protection been solved for them to date?**

*Essentially by organisational means, for example by ensuring that escape routes are not located next to such structures. However, this in turn restricts the freedom of design in architecture. We still have an enormous need for research into load-bearing glass. Compared to steel or timber, for example, we lack the knowledge of how to prove the fire protection of load-bearing glass constructions without extensive testing. Our new glass support could be*

dige Versuche nachweisen. Unser neuer Glasträger könnte ein Weg sein, mehr Gestaltungsfreiheit zu erlangen und trotzdem mindestens auf dem gleichen Sicherheitsniveau zu bleiben wie bisher.

*a means of achieving more design freedom while still maintaining at least the same level of safety as before.*



Zusammen mit Hero Fire und Taupitz präsentiert das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden einen Träger aus Verbundsicherheitsglas, mit dem sich ein umlaufender Brandschutz sowie ein definierter Feuerwiderstand realisieren lassen. (© Maximilian Möckel, TU Dresden)  
*Together with Hero Fire and Taupitz, the Institute of Building Construction at TU Dresden is presenting a support made of laminated safety glass with which all-round fire protection and a defined fire resistance can be realised. (© Maximilian Möckel, TU Dresden)*

**— Schon seit Jahren beschäftigen Sie sich am Institut intensiv mit dem Thema Dünnglas. Woher kommt das Material, und wo liegen seine Potenziale für die Architektur?**

Wir alle kommen täglich mit Dünnglas in Kontakt – etwa an den Displays unserer Mobiltelefone. Dünne Gläser haben den Vorteil, dass sie sich leicht verformen lassen und wenig wiegen. Die Herausforderung liegt nun darin, vom kleinen Maßstab eines Displays zur Größenordnung eines Gebäudes zu kommen.

**— You have been working intensively on the topic of thin glass at the institute for years. Where does the material come from and what is its potential for architecture?**

*We all come into contact with thin glass every day – for example on the displays of our mobile phones. Thin glass has the advantage that it is easy to mould and weighs very little. The challenge now is to move from the small scale of a display to the scale of a building.*

**— Wie gehen Sie dabei vor?**

Ein Beispiel ist unser Forschungsprojekt L3ICHTGLAS. Dabei stellen wir mit dem 3D-Drucker eine Rippenstruktur zum Beispiel aus teiltransparentem Kunststoff her, die zwischen zwei Dünnglasscheiben eingebettet wird. Das Glas schützt den Kunststoff, und dieser verleiht den Glasscheiben die notwendige Stabilität. Bisher können wir mit diesem Verfahren Verbundelemente produzieren, die nicht ganz raumhoch sind. Für Anwendungen im Innenraum ist das schon recht vielversprechend. Die Übertragung auf die Gebäudehülle ist dann der nächste Schritt. Dabei befassen wir uns unter anderem mit dem Wärme- und Schallschutz sowie der Absturzsicherung.

**— How do you go about it?**

*One example is our L3ICHTGLAS research project. Here, we use a 3D printer to produce a ribbed structure made of semi-transparent polymer, for example, which is embedded between two thin glass panes. The glass protects the polymer, which gives the glass panes the necessary stability. So far, we have been able to use this process to produce composite elements that are not quite room-high. This is already very promising for interior applications. The next step is to transfer this to the building envelope. Here we must deal with thermal and sound insulation as well as fall protection, among other things.*

**— Der Polymerkern hat nicht nur eine statische Funktion, sondern ist auch ein gestalterisches Element.**

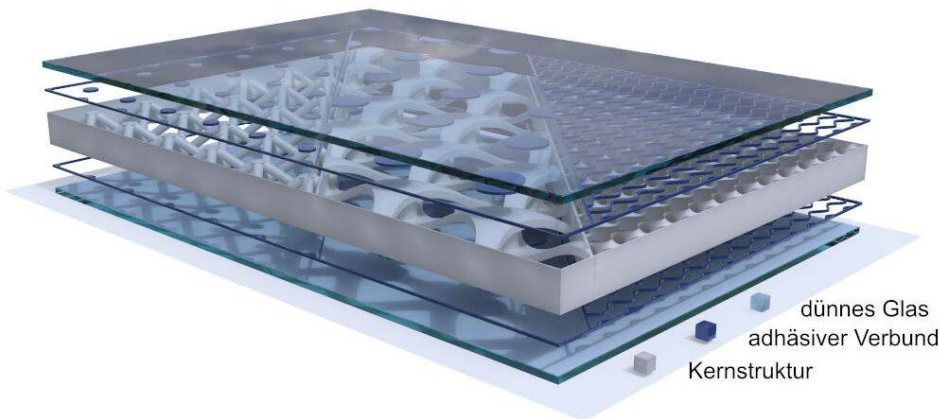
Ja, natürlich. Die additive Fertigung hat dabei den Vorteil, dass wir damit sehr individuelle Geometrien erzielen nach dem Prinzip Design to Production. Damit beeinflussen die Elemente die Ästhetik von Fassaden und Räumen – und

**— The polymer core not only has a static function but is also a design element.**

*Yes, of course. The advantage of additive manufacturing is that we can use it to produce highly customised geometries according to the design-to-production principle. This means that the elements influence the aesthetics of façade-*

sie lassen sich in puncto Lichtlenkung und Verschattungswirkung punktgenau auf den jeweiligen Einsatzort im Gebäude abstimmen. Üblicherweise bestehen Gebäudefassaden ja aus vielen gleich – oder ähnlich – großen Glasscheiben. Diese Gleichförmigkeit kombinieren wir nun mit einer großen Gestaltungsvielfalt im Detail.

*des and rooms – and they can be precisely customised to the respective location in the building in terms of light control and shadow effect. Building façades usually consist of many glass panes of the same or similar size. We now combine this uniformity with a wide variety of design details.*



Die Eigenschaften von Dünnglas im Zusammenhang mit architektonischen Anwendungen stehen im Fokus des Forschungsprojekts L3ICHTGLAS, das das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden und seine Partner zur glasstec 2024 präsentieren. (© Daniel Pfarr, TU Dresden)

*The properties of thin glass in connection with architectural applications are the focus of the L3ICHTGLAS research project, which the Institute of Building Construction at TU Dresden and its partners are presenting at glasstec 2024. (© Daniel Pfarr, TU Dresden)*

#### \_\_\_ Wie ist die Resonanz aus der Fassadenbranche bisher auf Ihre Dünnglas-Entwicklungen?

Bei den Projekten arbeiten wir direkt mit Partnern aus der Industrie zusammen. Dadurch können sich die Unternehmen ein attraktives Alleinstellungsmerkmal erarbeiten und lernen viel über die Verarbeitung von Dünnglas. Doch die Wirkung der Projekte geht noch darüber hinaus: Da ist ein neues Material, das ganz neue Möglichkeiten mit sich bringt, aber auch ein neues, konstruktives Denken erfordert. Das wirkt inspirierend in den Markt hinein. Wir leisten quasi die technische Vorarbeit, die andere zu neuen, architektonischen Visionen weiterentwickeln können.

#### \_\_\_ What has been the response from the façade industry to your thin glass developments to date?

*We work directly with partners from the industry on these projects. This allows the companies to develop an attractive unique selling point and learn a lot about the processing of thin glass. But the impact of the projects goes even further: There is a new material that brings with it completely new opportunities, but also requires a new way of constructive thinking. This has an inspiring effect on the market. We are doing the technical groundwork, so to speak, which others can develop into new architectural visions.*



#### Über Michael Engelmann

Prof. Dr. Michael Engelmann ist Professor für Nachhaltige Baukonstruktion und Leiter des Instituts für Baukonstruktion an der Technischen Universität Dresden. Zu den Forschungsschwerpunkten des Instituts zählen adhäsive Fügungen und Fügeprozesse, Glasverbunde mit Dünnglas, energieerzeugende und kreislauffähige Fassaden sowie Glagragwerke. [Institut für Baukonstruktion – TU Dresden]

#### About Michael Engelmann

*Prof. Dr. Michael Engelmann is Professor of Sustainable Building Design and Head of the Institute of Building Design at the Technical University of Dresden. The institute's research focuses on adhesive joints and joining processes, glass composites with thin glass, energy-generating and recyclable façades as well as load-bearing glass structures. [Institut für Baukonstruktion – TU Dresden]*

GLAS

MUSS NICHT

PERFEKT SEIN

**GLASS DOESN'T HAVE TO BE PERFECT**

Faidra Oikonomopoulou und Telesilla Bristogianni von der TU Delft forschen an Konstruktionen aus Gussglas. Im Interview sprechen sie über die Potenziale des Materials für Architektur und Kreislaufwirtschaft.

*Faidra Oikonomopoulou and Telesilla Bristogianni from TU Delft are researching constructions made of cast glass. In this interview, they talk about the material's potential for architecture and the circular economy.*

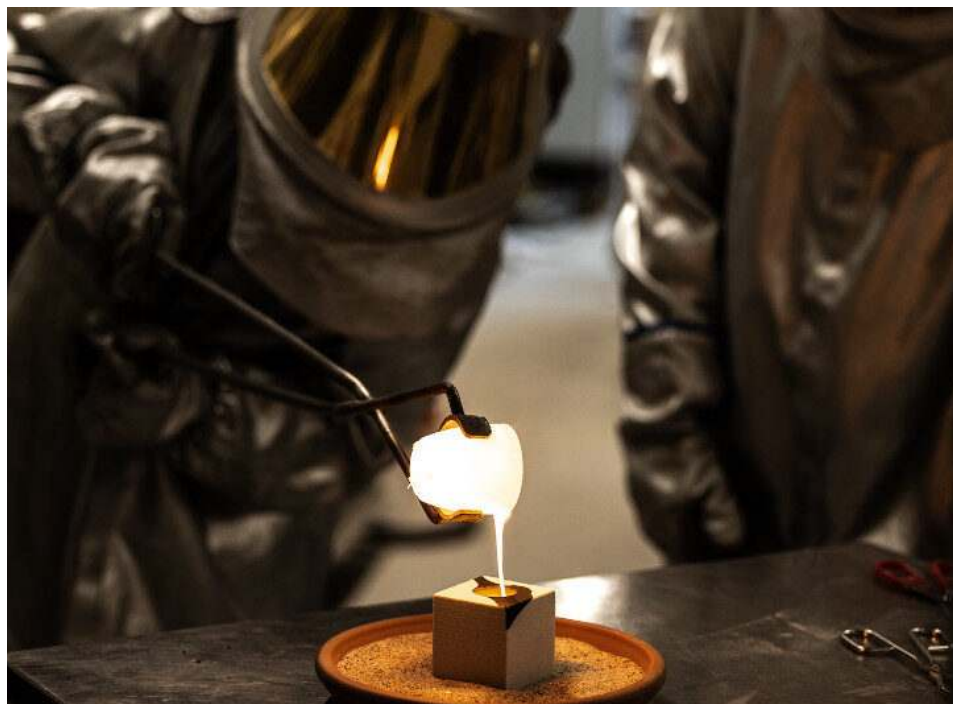


Heißgießen von Glas in einer beschichteten Sandform im Glaslabor der TU Delft.

(© Marcel Bilow)

*Hot-pouring glass into a coated sand mould at TU Delft GlassLab.*

(© Marcel Bilow)



\_\_\_**Sie beschäftigen sich seit rund zehn Jahren mit tragenden Strukturen aus Gussglas. Was gab den Anstoß dafür?**

Faidra Oikonomopoulou: Es begann 2014 mit den Crystal Houses in Amsterdam. Für den Flagship Store im Stadtzentrum hatte das Architekturbüro MVRDV eine Fassade aus geklebten Gussglassteinen geplant. Sie sollte eine exakte, aber völlig transparente Kopie der vorherigen historischen Fassade sein. Die Tragwerksplaner ABT wandten sich an unsere Forschungsgruppe, um die Konstruktion dafür zu entwickeln. Damals gab es dazu kaum Wissen, wie sich eine 10 x 12 m große, selbsttragende Fassade aus Gussglas herstellen lässt. Es fehlten geeignete Klebstoffe für solch eine Anwendung, und auch die Festigkeitswerte geklebter Glassteine waren nicht bekannt. Wir mussten also die gesamte Forschungs- und Entwicklungsarbeit für das Projekt leisten – sowohl was den statischen Nachweis als auch was die Umsetzung auf der Baustelle betrifft.

Telesilla Bristogianni: In der Folge haben wir auch den Bau der Fassade überwacht – jeden Tag von sechs Uhr morgens bis sechs Uhr abends. Den ersten Quadratmeter Glasfassade haben wir gemeinsam mit den Handwerkern vor Ort selbst gemauert, um ihnen die im Labor entwickelte Bauweise beizubringen.

\_\_\_**Wo sehen Sie die Potenziale von gegossenem Glas?**

Faidra Oikonomopoulou: Gussglas kann nicht nur die Form traditioneller Mauersteine annehmen. Es bietet viel mehr Gestaltungsmöglichkeiten und hat auch aus statischer Sicht große Potenziale. Das hat uns motiviert, die Forschung fortzusetzen – auch in Richtung kreislauffähiger Konstruktionen. So kamen wir auf die Idee mit ineinandergreifenden Glassteinen, die sich mit einer Zwischenschicht trocken stapeln lassen, ohne dauerhafte Verklebung. Und wir haben uns gefragt: Müssen wir wirklich neues Glas für diese Steine verwenden oder tut es auch Altglas? Wir haben zunächst mit Alltagsobjekten aus Glas experimentiert: etwa mit alten Röhrenbildschirmen, mit Frontscheiben von Backöfen, mit Abfällen aus der Glasbläserei und mit vielem mehr.

\_\_\_**Was geschieht mit diesen Abfällen bisher?**

Telesilla Bristogianni: Derzeit wird in Europa nur Behälterglas in größeren Mengen recycelt. Der Rest wird nur minderwertig verwertet oder landet auf der Deponie. Das hat logistische und technische Gründe. Die Transportkosten sind hoch, es gibt kaum etablierte Sammelsysteme und die sortenreine Trennung zwischen Glas und anderen Materialien ist schwierig, etwa bei alten Isolierglasscheiben. Hinzu kommen je nach Glassorte unterschiedliche optische und strukturelle Eigenschaften sowie unterschied-

\_\_\_**You have been working with load-bearing structures made of cast glass for around 10 years. What was the impetus for this?**

Faidra Oikonomopoulou: It all began in 2014 with the Crystal Houses in Amsterdam. The architectural firm MVRDV had designed a façade made of bonded cast glass blocks for the flagship store in the city centre as an accurate, yet completely transparent reproduction of the previous historic façade. The structural engineers ABT approached our research group to assist them in the development of the façade construction. At the time, there was little knowledge on how to produce a 10 x 12-metre self-supporting façade made of adhesively-bonded cast glass components. There were no known adhesives for such an application, and the strength values of bonded glass blocks were also unknown. We therefore had to carry out all the research and development work for the project – both in terms of structural verification and the on-site implementation.

Telesilla Bristogianni: Subsequently, we also supervised the construction of the façade – every day from six in the morning until six in the evening. We even worked on site with the craftsmen to build the first square metre of the glass façade to teach them the assembly method we had developed in the laboratory.

\_\_\_**Where do you see the potential of cast glass?**

Faidra Oikonomopoulou: Cast glass can take on more than just the shape of traditional bricks. It has an enormous shaping potential and a great potential from a structural point of view. This motivated us to continue our research – also in the direction of circular constructions. This is how we came up with the idea of interlocking glass blocks that can be dry-stacked with an intermediate layer, thus avoiding the use of permanent bonding. And we asked ourselves: Could we also use recycled glass for these blocks? We started experimenting with everyday glass objects first: Old TV screens, oven doors, waste from glass blowing and much more.

\_\_\_**Where does this glass waste end up at the moment?**

Telesilla Bristogianni: Currently, only container glass is being recycled in Europe on a large scale; the rest usually ends up downcycled and eventually in landfill. There are logistical and technical reasons for this. Transport costs are high, there are hardly any established collection systems and it is difficult to separate glass from other materials, for example in the case of old insulating glass units. In addition, there are different optical and structural prop-

liche Normen. Die Floatglasindustrie stellt zum Beispiel enorm hohe optische Anforderungen an ihre Produkte. Die Rohmaterialien müssen daher komplett frei von Verschmutzungen und Verfärbungen sein. Das schließt die Verwendung von Post-Consumer-Altglas praktisch aus.

*erties and standards depending on the type of glass product. For example, the float glass industry places extremely high optical demands on its products. The raw materials must therefore be completely free of contamination and colour variations. This practically eliminates the use of post-consumer recycled glass.*



Herstellung von Fliesen aus Recyclingglas im Glaslabor der TU Delft (© Anna Maria Koniari)

*Recycled glass tiles being made at TU Delft GlassLab. (© Anna Maria Koniari)*

#### \_\_\_Wie steht es um die statischen Eigenschaften von Gussglas aus Altglas?

**Faidra Oikonomopoulou:** Wir haben in unserem Labor zahlreiche Biege- und Bruchtests durchgeführt. Damit wollen wir herausfinden, welche Verunreinigungen und welche Zusammensetzung der Glasscherben zu welchen statischen Eigenschaften des Gussglases führen. Viele Glasbeschichtungen sind diesbezüglich unproblematisch, aber es gibt einige Materialien wie Glaskeramik, die uns große Probleme bereiten.

**Telesilla Bristogianni:** Insgesamt sind dreidimensionale, gegossene Strukturen in puncto Tragverhalten aber viel fehlertoleranter als Flachglas. Wenn Glasscheiben versagen, liegt das oft an kleinsten Rissen an ihrer Oberfläche, die schnell wachsen und dann zum Bruch führen. Bei gegossenem Altglas können wir dieses Risiko minimieren, indem wir es in eine Schicht aus hochwertigem Glas kapseln. Unregelmäßigkeiten im Inneren der Glasmasse führen nur selten zum Versagen.

#### \_\_\_Einige Ihrer Gussglasexperimente stellen Sie auch zur glasstec 2024 aus. Sie haben eine sehr ausdrucksstarke Ästhetik.

**Telesilla Bristogianni:** Das ist für uns als Architektinnen vielleicht der wichtigste Punkt überhaupt. Glas muss nicht perfekt sein. Es kann Fehler haben, und diese können sehr schön sein. Denken Sie zum Beispiel an die Backofentür in Ihrer Küche: Diese hat eine schwarze Fritte, die

#### \_\_\_What about the structural properties of cast glass made from recycled glass?

**Faidra Oikonomopoulou:** We have carried out numerous bending and breaking tests in our laboratory. We want to find out which type of contamination and glass cullet composition leads to which optical and structural properties of the cast glass. Many glass coatings are not problematic in this respect, but there are some materials, such as glass ceramics, that cause major issues.

**Telesilla Bristogianni:** Overall, however, three-dimensional cast structures are much more fault-tolerant than flat glass in terms of load-bearing behaviour. When glass panes fail, this is often due to tiny cracks on their surface, which grow quickly and then lead to breakage. We can minimise this risk with cast waste glass by encapsulating it in a layer of high-quality glass. If the flaws are in the bulk, they are rarely triggered.

#### \_\_\_You will also be exhibiting some of your cast glass experiments at glasstec 2024. They have a very expressive aesthetic.

**Telesilla Bristogianni:** For us as architects, this is perhaps the most important point of all. Glass doesn't have to be perfect. It can have flaws and these can be very beautiful. Think of the oven door in your kitchen, for example: It has a black frit containing chromium oxide. If you melt it, the

Chromoxid enthält. Wenn man sie zusammenschmilzt, wird daraus eine Art grüner, transparenter Schleier im Glas.

**Faidra Oikonomopoulou:** Das Schmelzen von Glas ist ein wenig wie Kochen. Hohe und niedrige Schmelztemperaturen ergeben völlig unterschiedliche Effekte. Auch die Größe der Scherben und die Geschwindigkeit des Abkühlprozesses haben Einfluss auf das Endresultat. Das gilt auch in statischer Hinsicht: Wenn Sie Glas langsam abkühlen, sodass es voll auskristallisiert, wird es am Ende tragfähiger.

**Telesilla Bristogianni:** Am Ende möchten wir all unsere Erkenntnisse in eine Datenbank einfließen lassen, aus der hervorgeht: Wenn Sie dieses oder jenes Rohmaterial verwenden und es auf die eine oder andere Weise verarbeiten, können Sie diese oder jene optischen und technischen Eigenschaften erwarten. Genau wie in einem Kochbuch!

*frit turns into a kind of green, transparent haze in the glass.*

*Faidra Oikonomopoulou: Melting glass is a bit like cooking. High and low melting temperatures produce completely different effects. The size of the cullet and the speed of the cooling process also have an influence on the end result. This also applies in structural terms: If you slowly cool down glass so that it fully crystallises, it ultimately becomes stronger.*

*Telesilla Bristogianni: In the end, we want to incorporate all our findings into a database that will tell you the optical and technical properties you can expect if you use this or that waste raw material and process it in one way or another – just like a cookbook!*



Skulptur „Mirage“ im Apple Park (© Faidra Oikonomopoulou)

*Mirage Sculpture at Apple Park. (© Faidra Oikonomopoulou)*

**\_\_\_Gibt es bereits erste Anwendungen in der Praxis?**

**Faidra Oikonomopoulou:** Wir konnten unsere Erkenntnisse bereits 2022 bei der Skulptur „The Mirage“ am Apple-Hauptquartier in Cupertino (USA) anwenden. Sie wurde von den Architekten Zeller & Moye and der Künstlerin Katie Paterson entworfen und besteht aus rund 480 Gussglassäulen, die aus dem Sand von etwa 70 Wüstenregionen der Welt gefertigt sind.

**Telesilla Bristogianni:** Das Entwurfsteam und Apple wollten von uns wissen, wie die unterschiedliche chemische Zusammensetzung des Sandes die Glaseigenschaften beeinflussen würde. Die Herausforderung lag dabei weniger im Tragverhalten als darin, zwischen den Säulen einen möglichst nahtlosen Farbverlauf zu erreichen. Wir haben das Rohmaterial mit Röntgendiffraktometrie- und Röntgenfluoreszenzanalysen auf seine Zusammensetzung hin

**\_\_\_Have you already been able to apply your research in practice?**

*Faidra Oikonomopoulou: We were able to apply our findings on glass with impurities to the sculpture "The Mirage" at Apples headquarters in Cupertino (USA) in 2022. It was designed by architects Zeller & Moye and artist Katie Paterson and consists of around 480 cast glass columns made from sand collected from approximately 70 different desert regions around the world.*

*Telesilla Bristogianni: The design team and Apple wanted to know how glass properties would be influenced by the various sands, each having a different chemical composition. The challenge was not so much the resulting load-bearing behaviour in this case but achieving a seamless colour gradient between the columns. We had to develop a prediction model to attain this. Thus, we analysed the composition of the raw material using X-ray fluorescence*

untersucht und mit etwa 20 Sandsorten auch Schmelztests durchgeführt. Die unterschiedlichen Farben entstehen ganz ohne zugefügte Pigmente, nur aus dem Material der Wüste. Die blauen Säulen etwa stammen hauptsächlich aus schwarzem Vulkansand, vor allem aus Hawaii. Darin liegt das Eisen noch in einem reduzierten Zustand vor. Bei gelben oder rötlichen Sanden ist das Eisen bereits oxidiert und ergibt dann ein grünliches Glas.

**Faidra Oikonomopoulou:** Am Ende sind aus jeder Art Wüstensand sechs bis sieben Säulen entstanden. Dabei kam es auch auf die Reihenfolge der Herstellung an. Zum Beispiel sollte man sehr helle Säulen nicht direkt nach einer dunkelblauen Charge gießen, weil sich noch blaue Glasreste im Schmelzofen befinden können. Wir mussten aber auch die Verfügbarkeit des Materials berücksichtigen. Nicht alle Sorten Sand waren zum Produktionsstart schon verfügbar. Es war wie ein gigantisches Puzzlespiel!

*and X-ray diffraction techniques and also carried out multiple melting tests with around 20 types of sand. The different colours are created entirely without added pigments, just from the material of the desert. The blue columns, for example, are made primarily from black volcanic sand, primarily from Hawaii. The iron in this sand is still in a reduced state. In yellow or reddish sands, the iron has already been oxidised and produces a greenish glass.*

*Faidra Oikonomopoulou:* Each desert sand would produce six to seven columns. We also had to consider the final production sequence in the glass studio. For example, very light-coloured columns should not be cast directly after a dark blue batch because there may still be blue glass residue in the furnace. Furthermore, we had to consider the available stock of sands at any given time. Not all sands were available when the final production started. It was like solving a giant jigsaw!



Topologisch optimierter Glasbalken, der im Ofen in einer Sandform gegossen wurde. (© Menandros Ioannidis)  
*Topologically optimised glass beam kiln-cast in a sand mould. (© Menandros Ioannidis)*

— In einem anderen Forschungsprojekt beschäftigen Sie sich mit der topologischen Optimierung von Gussglasstrukturen. Um welche Eigenschaften geht es dabei genau?

**Faidra Oikonomopoulou:** Der wichtigste limitierende Faktor beim Gussglas ist die Zeit, die das Tempern oder Abkühlen des Glases in Anspruch nimmt. Die Kühldauer nimmt dabei exponentiell mit dem Glasquerschnitt zu. Besonders extrem ist dieser Effekt bei den größten je aus Glas gefertigten Gegenständen, den Spiegeln der großen Weltraumteleskope. Sie brauchen Monate zum Abkühlen. Inzwischen stellt man sie mit einer Art Wabenstruktur her, um das Verhältnis von Masse zu Steifigkeit zu optimieren und die Abkühlzeit zu verkürzen. Diese Spiegel waren unsere Inspirationsquelle. Ich dachte mir: Warum nutzen wir die Topologieoptimierung nicht auch bei großen Gussglaselementen für die Architektur? Auf diese Weise können wir monolithische, tragende Glaselemente

— In another research project, you are working on the topological optimisation of cast glass structures. What exactly are you trying to optimise?

**Faidra Oikonomopoulou:** The most important limiting factor in cast glass is the annealing or cooling time after the casting process. This time span increases exponentially with the glass cross-section. This effect is particularly extreme with the largest objects ever made of glass, the mirrors of large space telescopes that require months of annealing. They are now manufactured with a kind of honeycomb structure in order to optimise the ratio of mass to stiffness and to reduce the annealing time. These mirrors were our source of inspiration. I thought to myself: Why not use topology optimisation for large cast glass components in architecture? By optimising the stiffness to mass ratio we can achieve large, monolithic structural glass elements with reduced cooling times, yet a high load-bearing capacity. We are now working with Dr Charalampos

mit großen Abmessungen herstellen, die weniger Zeit zum Tempern benötigen und eine große Tragfähigkeit besitzen. Wir arbeiten mit Dr. Charalampos Andriotis, einem Assistenzprofessor an unserer Universität, und einem Team am MIT zusammen, um entsprechende Optimierungs-Algorithmen zu entwickeln. Diese müssen natürlich auf die Eigenschaften von Glas abgestimmt sein – etwa die unterschiedliche Zug- und Druckfestigkeit des Materials sowie das Abkühlverhalten.

**\_\_\_Welche konkreten Anwendungen erhoffen Sie sich von der Technologie?**

**Faidra Oikonomopoulou:** Denkbar wären zum Beispiel Glasträger oder ganze Gewölbestructuren aus gegossenem Glas, aber auch kleine Fußgängerbrücken und Glasfußböden. Wahrscheinlich müsste man diese von oben mit einer Floatglasscheibe schützen und eine gewisse Redundanz einbauen, damit die Konstruktion beim Bruch eines Glasträgers nicht komplett versagt.

**Telesilla Bristogianni:** Wir haben auch mit Gussglaselementen experimentiert, die wir ähnlich wie Beton mit Metall bewehrt haben. Das ist definitiv ein Thema, mit dem wir uns im nächsten Jahr stärker beschäftigen möchten.

*Andriotis, an Assistant Professor at our university, and a team at MIT to develop appropriate optimisation algorithms. These must, of course, be tailored to the properties of glass – such as the materials different tensile and compressive strength and annealing schedule.*

**\_\_\_What specific applications are you hoping for from the technology?**

**Faidra Oikonomopoulou:** Glass beams or entire vaulted structures made of cast glass are one example, or small full-glass pedestrian bridges as well as glass floors. These would probably have to be protected from above with a float glass pane. A certain amount of redundancy would have to be built into them so that the structure does not fail completely if a glass support breaks.

**Telesilla Bristogianni:** We have also experimented with cast glass elements, which we have reinforced with metal in a similar way to concrete. This is definitely a topic that we would like to explore further in the coming year.



### Über Telesilla Bristogianni und Faidra Oikonomopoulou

Dr. Telesilla Bristogianni und Dr. Faidra Oikonomopoulou sind Assistenzprofessorinnen im Fachbereich Architectural Engineering + Technology der Technischen Universität Delft. Gemeinsam haben sie die Forschung zu tragenden Gussglaskonstruktionen an der TU Delft initiiert. Einen besonderen Schwerpunkt legen sie dabei auf innovative strukturelle und architektonische Anwendungen von Gussglasbauteilen, auf Glasrecycling und auf die Definition der Festigkeitswerte von Gussglas. [[www.restructgroup-tudelft.nl](http://www.restructgroup-tudelft.nl)]

### About Faidra Oikonomopoulou and Telesilla Bristogianni

*Dr Faidra Oikonomopoulou and Dr Telesilla Bristogianni are both Assistant Professors in the Architectural Engineering + Technology Department, at the TU Delft Faculty of Architecture and the Built Environment. They have conjointly initiated and developed the research on structural cast glass at TU Delft, with particular focus on innovative structural and architectural applications of cast glass components, on glass recycling and on defining the strength of cast glass.*

*[[www.restructgroup-tudelft.nl](http://www.restructgroup-tudelft.nl)]*

# NACHHALTIGKEIT

# WIRD IMMER

# WICHTIGER

## **SUSTAINABILITY IS BECOMING INCREASINGLY IMPORTANT**

Jutta Albus hat mit ihrem Team die Sonderschau glass technology live im Rahmen der glasstec 2024 gestaltet. Im Interview verrät sie, welche Themen die Ausstellung prägen und welche Innovationen sie für besonders vielversprechend hält.

*Jutta Albus and her team designed the special exhibition glass technology live as part of glasstec 2024. In this interview, she reveals the themes which characterise the exhibition and the innovations she considers particularly promising.*

>

Gemeinsam mit einem Hochschulteam hat Jutta Albus die Ausstellungsarchitektur der diesjährigen Sonderschau glass technology live im Rahmen der glasstec gestaltet.  
 (© Bochum University of Applied Sciences)  
*Jutta Albus designed the exhibition architecture for this year's special show glass technology live at glasstec, working with a team from the university.*  
 (© Bochum University of Applied Sciences)



**—Frau Albus, Sie begleiten die glasstec und die Sonderschau glass technology live bereits seit vierzehn Jahren. Wie haben sich die Themen, die dort im Vordergrund stehen, über die Jahre verändert?**

Viele Fragen, mit denen sich die Hersteller 2010 schon befasst haben, sind auch heute noch aktuell – etwa der Einsatz großformatiger Gläser, gebogene Glaskonstruktionen oder die Herstellung mehrfach laminiertes, tragender Glaselemente. Auch die Integration von Photovoltaik in Gebäudehüllen war schon 2010 aktuell und ist es bis heute geblieben. Dennoch gab es auch Verschiebungen: Nachhaltigkeitsthemen sind heute noch wichtiger als vor vierzehn Jahren.

**—Gilt das nur für die Innovationen aus Forschung und Entwicklung, die zur glass technology live gezeigt werden? Oder ist das Nachhaltigkeitsthema in seiner vollen Breite schon bei den Herstellern angekommen?**

Um die Frage, wie sich Glas möglichst energieeffizient und ressourcenschonend herstellen lässt, kommt heute kein Hersteller mehr herum. Gerade die Flachglasindustrie steht hier vor großen Herausforderungen. Beispiel Glasrecycling: Glasscherben in den Produktionsprozess zurückzuführen, spart zwar Energie und Rohstoffe. Aber die Scherben müssen völlig frei von Verunreinigungen sein, wenn daraus neues Flachglas entstehen soll. Entsprechend aufwändig sind die Sortier- und Aufbereitungsprozesse – und entsprechend niedrig ist die Recyclingquote beim Flachglas bisher noch. Die Situation ist dort eine ganz andere als bei Behälterglas, wo die Qualitätsanforderungen niedriger sind und Recycling seit Jahrzehnten üblich ist.

**—Welche Neuentwicklungen in der Glas- und Fassadentechnologie halten Sie für besonders vielversprechend, wenn es um das ressourcenschonende Bauen geht?**

Gerade bei den Beschichtungen für Wärme- und Sonnenschutzverglasungen gab es in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte. Man bekommt heute hochleistungsfähige Sonnenschutzgläser, die viel transparenter sind als früher. Dennoch müssen wir Architekten unsere Hausaufgaben erledigen – sei es beim baulichen Sonnenschutz oder bei der Frage, welche Glasflächen angemessen sind, abhängig von der Nutzung des Gebäudes und der Himmelsrichtung. Großformatige Dreifachisolierverglasungen bringen beispielsweise hohe Gewichte auf die Waage, die eine große Herausforderung für Transport und Montage darstellen. Möglicherweise helfen uns hier Dünnglaskonstruktionen, an denen momentan viel geforscht wird. Damit ließen sich künftig auch große Glasflächen mit guten U-Werten und vergleichsweise geringem Gewicht realisieren.

**—Jutta, you have been attending glasstec and the special glass technology live exhibition for 14 years now. How have the topics that take centre stage there changed over the years?**

Many of the issues that manufacturers were addressing back in 2010 are still relevant today – such as the use of large-format glass, curved glass constructions or the production of multi-laminated, load-bearing glass elements. The integration of photovoltaics into building envelopes was also a hot topic in 2010 and remains so today. Nevertheless, there have also been shifts: Sustainability issues are even more important today than they were fourteen years ago.

**—Does this only apply to the innovations from research and development that will be shown live at glass technology? Or has the topic of sustainability already reached manufacturers to its full extent?**

Today, no manufacturer can avoid the question of how glass can be produced in the most energy-efficient and resource-saving way possible. The flat glass industry in particular faces major challenges in this area. Take glass recycling, for example: returning cullet to the production process saves energy and raw materials. However, the cullet must be completely free of impurities if it is to be turned into new flat glass. The sorting and treatment processes are correspondingly complex – and the recycling rate for flat glass is still correspondingly low. The situation is very different to container glass, where the quality requirements are lower and recycling has been common practice for decades.

**—Which new developments in glass and facade technology do you think are particularly promising when it comes to resource-saving construction?**

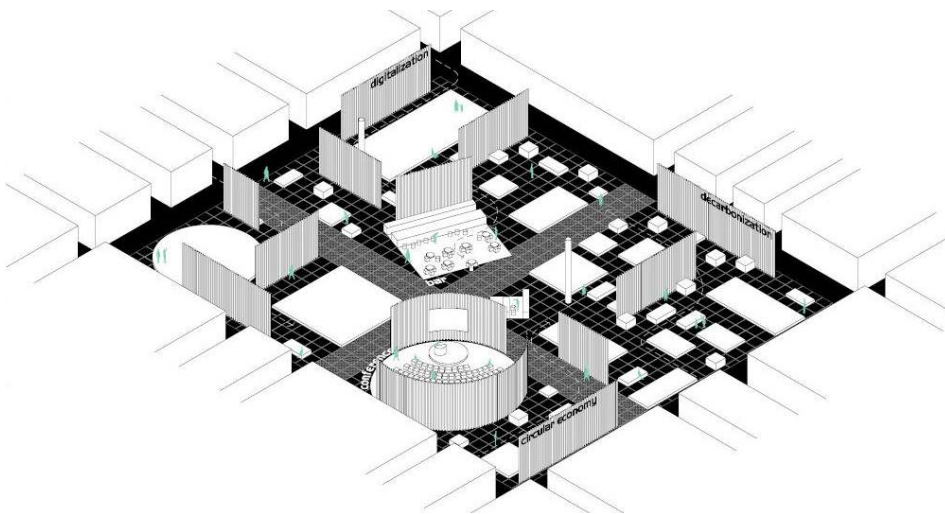
Great progress has been made in recent decades, particularly with coatings for thermal and solar control glazing. High-performance solar control glazing is now available that is much more transparent than in the past. Nevertheless, as architects, we must still do our homework – be it in terms of structural solar control or the question of which glass surfaces are appropriate, depending on the use of the building and the compass direction. Large-format triple insulating glazing, for example, weighs a lot, posing a major challenge with respect to transport and installation. Thin glass constructions, which are currently the subject of much research, may help us here. In future, this could also make it possible to create large glass surfaces with good U-values and a comparatively low weight.

—Vor zwei Jahren haben Sie eine Masterarbeit zum Thema „Die Renaissance des Glasbausteins“ betreut. Welche Potenziale hat der Glasbaustein heute, und in welchen Einsatzgebieten?

Aus ästhetischer Sicht haben Glasbausteine enorme Potenziale – von der Lichtwirkung, die sie in Innenräumen erzeugen, bis zur Möglichkeit, daraus geschwungene Gebäudefassaden herzustellen. Im Wohnungsbau werden sie eher selten eingesetzt, aber für öffentliche Gebäude, Bürohäuser und Forschungsbauten sind sie in jedem Fall eine gute Option. Dem entgegen steht allerdings der überschaubare Dämmwert von Glasbausteinen. Eine Lösung könnten zweischalige Außenwandkonstruktionen sein, wie sie zum Beispiel der Schweizer Architekt Roger Boltshauser in seinen Gebäuden verwendet. In Zukunft wird die Entwicklung kreislauffähiger Glasbausteinkonstruktionen unabdingbar. Ich denke zwar nicht, dass der spätere Rückbau die alles entscheidende Frage beim Entwurf eines Gebäudes sein sollte. Stattdessen müssen lange Nutzungszyklen und die Langlebigkeit des Gebäudes im Vordergrund stehen. Dennoch wäre es aus Sicht der Nachhaltigkeit elementar, Glasbausteinwände mörtelfrei oder mit wieder lösbaren Verklebungen zu konstruieren.

—Two years ago, you supervised a master's thesis on 'The renaissance of the glass block'. What potential does the glass block have today, and in which areas of application?

From an aesthetic point of view, glass blocks have enormous potential – from the lighting effect they create indoors to the opportunity for using them to create curved building facades. They are rarely used in residential construction, but they are definitely a good option for public buildings, office blocks and research buildings. However, this is offset by the limited insulation value of glass blocks. One solution could be double-skin exterior wall constructions, such as those used by Swiss architect Roger Boltshauser in his buildings. In future, the development of recyclable glass block constructions will be indispensable. I don't think that subsequent deconstruction should be the all-important question when designing a building. Instead, long utilisation cycles and the longevity of the building must take centre stage. Nevertheless, from a sustainability perspective, it would be elementary to construct glass block walls without mortar or with removable bonds.



Gemeinsam mit einem Hochschulteam hat Jutta Albus die Ausstellungsarchitektur der diesjährigen Sonderschau glass technology live im Rahmen der glasstec gestaltet. (© Hochschule Bochum)

Jutta Albus designed the exhibition architecture for this year's special show glass technology live at glasstec, working with a team from the university. (© Hochschule Bochum)

—Gemeinsam mit mehreren Lehrstühlen der TU München betreuen Sie derzeit das Forschungsprojekt „Einfach (um)bauen“. Worum geht es, und auf welche Lösungsansätze fokussieren Sie dabei?

Bei dem Projekt betrachten wir vor allem Wohnbauten bestimmter Baualtersklassen, die in der Regel eine besonders schlechte Energieeffizienz und einen niedrigen Dämmstandard haben. Dort stellen wir uns die Frage, wie sich mit möglichst einfachen Mitteln der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren lassen. Das muss nicht immer eine aufwändige Dämmung der Gebäudehülle sein – oft steigern auch eine Dämmung der ober-

—Working with several chairs at the Technical University of Munich, you are currently supervising the research project "Einfach (um)bauen". What is it about and what solutions are you focusing on?

In the project, we are primarily looking at residential buildings of certain ages, which generally have particularly poor energy efficiency and a low standard of insulation. We are asking ourselves how energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions can be reduced by the simplest possible means. This does not always have to involve extensive insulation of the building envelope – often insulating the ceiling of the top storey and replacing the heating technology also increases

ten Geschossdecke und ein Austausch der Heiztechnik die Energieeffizienz. Grundsätzlich schließen wir eine zusätzliche Dämmung nicht aus. In unserem Forschungsprojekt untersuchen wir jedoch, wo sie besonders kosteneffizient und zugleich energetisch wirksam ist.

Ein wichtiges Projektziel bei „Einfach (um)bauen“ ist, dass energetische Einsparungen nicht nur auf dem Papier, sondern in der Realität erzielt werden sollen. Oft stellen sich bei Sanierungen ja Rebound-Effekte ein: Nach der Sanierung heizen die Bewohner mehr, und dadurch verpufft ein Teil der Einsparungen. Das wollen wir vermeiden, indem wir das Nutzerverhalten in den Wohnungen genau analysieren. Hilfreich ist dabei, dass mit der „Münchner Wohnen“ die größte städtische Wohnungsbaugesellschaft Münchens als Projektpartner mit im Boot ist.

*energy efficiency. In principle, we do not rule out additional insulation. However, in our research project, we are investigating where it is particularly cost-effective, yet also energy-efficient.*

*An important project objective of “Einfach (um)bauen” is that energy savings should not just be achieved on paper, but also in reality. Refurbishments often result in rebound effects: After the refurbishment, residents heat their homes more, which means that some of the savings are wasted. We want to avoid this by precisely analysing user behaviour in the flats. It is helpful that “Münchner Wohnen”, Munich’s largest municipal housing association, is on board as a project partner.*



Bei der Sonderschau glass technology live im Rahmen der glasstec zeigen Hersteller und Hochschulen aktuelle Ergebnisse aus der Glasforschung und -entwicklung. (© Messe Düsseldorf / tillmann)

*At the special show glass technology live at glasstec, manufacturers and universities will present the latest results from glass research and development. (© Messe Düsseldorf / tillmann)*

**— In Ihrer Forschung befassen Sie sich schon länger mit Vorfertigung und modularem Bauen. Welche Potenziale bieten diese Methoden, um das Bauen – nachhaltig und das nachhaltige Bauen wirtschaftlicher zu machen?**

Ein großer Vorteil liegt in der Material- und Ressourceneinsparung, weil die Komponenten unter kontrollierten Bedingungen in der Werkhalle produziert werden statt auf der Baustelle. Außerdem lässt sich in der Regel viel Zeit einsparen, weil zum Beispiel die Baustellenvorbereitung und die Vorfertigung im Werk parallel laufen können. Und eine kürzere Bauzeit schlägt sich in einer höheren Rendite für den Bauherrn nieder.

Um ökologische Potenziale auszuschöpfen und Emissionen gering zu halten, sollten Werkhalle und Baustelle nicht zu weit auseinanderliegen und Transportdistanzen im Rahmen bleiben. Eine wichtige Frage – für den Transport wie auch für die Nutzung der Räume – ist auch die Überlegung, wo man Raummodule verwendet und wo flächige Bauteile. Damit beschäftigen wir uns im Moment in

**— Your research has been focusing on prefabrication and modular construction for some time now. What potential do these methods offer to make construction sustainable – and sustainable construction more economical?**

*One major advantage is the saving of materials and resources, because the components are produced under controlled conditions at the factory instead of on the construction site. In addition, a lot of time can usually be saved because, for example, site preparation and prefabrication can run in parallel at the factory. And a shorter construction time is reflected in a higher return for the client. In order to exploit ecological potential and keep emissions low, the factory and construction site should not be too far apart and transport distances should remain within reasonable limits. Another important question – for transport as well as for the utilisation of the rooms – is where to use room modules and where to use flat components. We are currently looking into this in our “Modular – circular – digital” research project. We are working with the companies*

unserem Forschungsprojekt „Modular – zirkulär – digital“. Gemeinsam mit den Unternehmen Solid.Modulbau und Design-to-production soll ein digitales Tool entwickelt werden, das anhand ganz einfacher Grundlagen – das kann eine Strichzeichnung eines Grundrisses sein oder ein Raumprogramm in Form einer Excelliste – automatisch eine Gebäudekonstruktion entwickelt. Das Programm soll dabei selbstständig entscheiden, für welche Gebäudeteile welche Art der Vorfertigung und welche Baumaterialien die nachhaltigsten und effizientesten sind.

*Solid.Modulbau and Design-to-Production to develop a digital tool that automatically develops a building construction based on very simple principles – this can be a line drawing of a floor plan or a room program in the form of an Excel list. The program should determine independently which type of prefabrication and building materials are the most sustainable and efficient for which parts of the building.*



Wichtige Themen sind in diesem Jahr Verbundmaterialien aus Dünnglas, tragende Glaskonstruktionen und neue Techniken der Glasformung. (© Messe Düsseldorf / tillmann)

*Important topics this year include composite materials made of thin glass, load-bearing glass constructions and new glass moulding techniques. (© Messe Düsseldorf / tillmann)*

### \_\_\_Bedingt die Vorfertigung eine andere Denk- und Arbeitsweise bei Architekten, um ihre – auch ökologischen – Vorzüge voll zu nutzen?

Ich denke schon. Wenn ich die Potenziale des modularen Bauens wirklich heben will, muss ich mich auf den Systemgedanken einlassen. Viele Architektinnen und Architekten sehen das eher skeptisch – aber ich finde es durchaus spannend, sich mit den Grenzen eines solchen Systems auseinanderzusetzen und auszutesten, welche gestalterischen Freiheiten es trotz allem ermöglicht.

### \_\_\_Does prefabrication require architects to think and work differently in order to fully utilise its advantages, including its ecological benefits?

*I think so. If I really want to achieve the potential of modular construction, I have to embrace the system concept. Many architects are rather sceptical about it – but I find it exciting to explore the limits of such a system and to test out the creative freedom it allows despite everything.*



### Über Jutta Albus

Prof. Dr. Jutta Albus ist Architektin und hat sich auf Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung in der Architektur und im Bauen spezialisiert. Sie unterrichtet als Professorin das Fachgebiet „Entwerfen und Konstruieren/Nachhaltiges Bauen“ an der Hochschule Bochum. Zuvor war sie als Juniorprofessorin an der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der TU Dortmund tätig. [[hochschule-bochum.de/jutta-albus/](https://hochschule-bochum.de/jutta-albus/)]

### About Jutta Albus

*Prof. Dr. Jutta Albus is an architect who specialises in sustainability and resource conservation in architecture and construction. She teaches as a professor in the field of "Design and Construction/Sustainable Building" at Bochum University of Applied Sciences. She was previously a junior professor at the Faculty of Architecture and Civil Engineering at TU Dortmund University. [[hochschule-bochum.de/jutta-albus/](https://hochschule-bochum.de/jutta-albus/)]*

# EIN MEHRWERT FÜR ARCHITEKTUR UND NACHHALTIGKEIT

## ADDED VALUE FOR ARCHITECTURE AND SUSTAINABILITY

Neuartige 3D-Druckverfahren, die Kantenfestigkeit von Glas und selbsttragende Glaskonstruktionen sind nur drei der aktuellen Forschungsthemen am Glass Competence Center (GCC) der Technischen Universität Darmstadt.

*Innovative 3D printing processes, the edge strength of glass and self-supporting glass constructions are just three of the current research topics being studied at the Glass Competence Centre (GCC) at the Technical University of Darmstadt.*

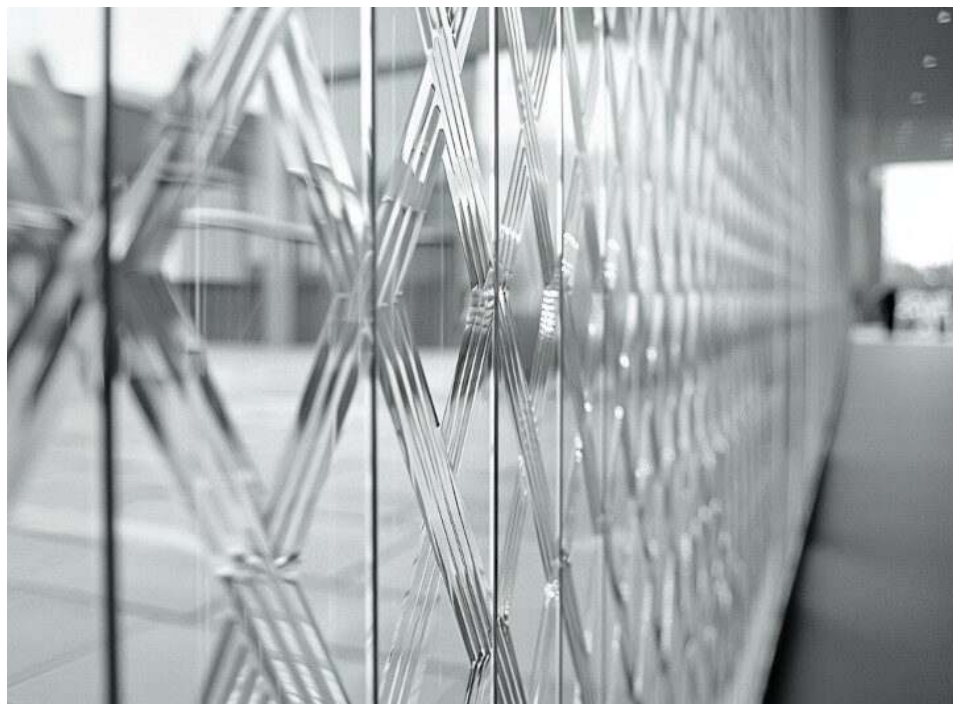


Visualisierung einer mit 3D-Druck  
hergestellten strukturierten  
Fassadenverglasung.

(© E. Nowak / GCC, Technische Universität  
Darmstadt)

*Visualisation of structured façade glazing  
produced with 3D printing.*

*(© E. Nowak / GCC, Technische Universität  
Darmstadt)*



— Schon seit einigen Jahren beschäftigen Sie sich am GCC mit dem 3D-Druck von Glas. Welche Vorteile und Anwendungsgebiete sehen Sie für diese Technologie?

Matthias Seel: Zum einen hat es ästhetische Potenziale, Glas dreidimensional zu verarbeiten. Wichtiger ist uns aber noch die Tragwirkung: Indem wir zum Beispiel Rippen auf Flachglasscheiben aufdrucken, erreichen wir eine höhere Steifigkeit mit weniger Glasmaterial. Die Glasscheibe selbst kann dadurch dünner werden, was wiederum Material spart. Um so etwas auf herkömmliche Weise herzustellen, brauche ich entsprechende Formen und Werkzeuge. Beim 3D-Druck werden diese verzichtbar, und ich kann Unikate auf wirtschaftliche Weise herstellen. Auch transparente Punkthalter aus Glas sind mit dem 3D-Druck möglich, ohne die Verklebungen und Bohrungen, die dafür bisher notwendig waren.

— Was sind die Herausforderungen, wenn man Glas im 3D-Drucker verarbeiten will?

Matthias Seel: Vor allem die hohe Temperatur und das spröde Materialverhalten. Sowohl das Basisgut – also die Glasscheibe, auf die ich etwas aufdrücke – als auch das Druckmaterial müssen stark erwärmt werden, damit keine Brüche entstehen. Die hohen Verarbeitungstemperaturen stellen wiederum hohe Anforderungen an die Druckmaschinen. Mit Maschinen aus herkömmlichem Stahl kommt man da nicht weit.

— Von welchen Temperaturen sprechen wir hier?

Matthias Seel: Bei Kalknatronglas – also normalem Fensterglas – liegen die Temperaturen über 1000°C.

— You have been working on the 3D printing of glass at the GCC for several years now. What advantages and areas of application do you see for this technology?

Matthias Seel: There is aesthetic potential in processing glass three-dimensionally. However, the load-bearing effect is even more important to us: By imprinting ribs onto flat panes of glass, for example, we achieve greater rigidity using less glass material. The glass pane itself can thus become thinner, which in turn saves material. To produce something such as this conventionally, you would need appropriate moulds and tools. With 3D printing, these can be dispensed with and you can produce unique items economically. Transparent point holders made of glass are also possible with 3D printing, without the gluing and drilling that was previously necessary.

— What are the challenges of processing glass in a 3D printer?

Matthias Seel: Above all, the high temperature and the brittle material behaviour. Both the base material – i.e. the glass pane on which I print something – and the printing material must be heated to a high temperature to ensure that no cracks occur. The high processing temperatures in turn place high demands on the printing machines. You can not get very far with machines made of conventional steel.

— What temperatures are we talking about here?

Matthias Seel: With soda-lime glass – i.e. normal window glass – the temperatures exceed 1000°C.



Gemeinsam mit dem Laserzentrum Hannover entwickelt das GCC der TU Darmstadt 3D-gedruckte Punkthalter für Glaskonstruktionen. (© GCC, Technische Universität Darmstadt)

*In conjunction with the Laser Centre Hanover, the GCC at TU Darmstadt is developing 3D-printed point holders for glass constructions. (© GCC, Technische Universität Darmstadt)*

—Beim 3D-Druck kommt es darauf an, dass die einzelnen Druckschichten sich gut miteinander verbinden. Welche Parameter sind dafür maßgeblich? Und wie hoch ist die Festigkeit von gedrucktem Glas?

**Matthias Seel:** Die wesentlichen Einflussgrößen sind Zeit und Temperatur. Von diesen hängt wiederum die Viskosität des Werkstoffs ab. Das Glas muss beim Druck schon zähflüssig sein, um eine dauerhafte Materialverbindung einzugehen. Wenn das gewährleistet ist, erreicht gedrucktes Glas ähnliche Festigkeitswerte wie Flachglas. Allerdings ist die Streubreite relativ hoch, weil die Verarbeitungsprozesse noch nicht so weit perfektioniert sind wie in der Floatglasproduktion.

—In 3D printing, it is important that the individual print layers bond well with each other. Which parameters are decisive for this? And what is the strength of printed glass?

**Matthias Seel:** The main influencing factors are time and temperature. These in turn determine the viscosity of the material. In order to form a permanent material bond, the glass must already be viscous during printing. If this is guaranteed, printed glass achieves similar strength values to flat glass. However, the scattering range is relatively high because the manufacturing processes have not yet been perfected to the same extent as in float glass production.



Seit vielen Jahren erforscht das Team am GCC, wie die Kantenbearbeitung von Flachglas dessen Bruchverhalten beeinflusst. (© GCC, Technische Universität Darmstadt)  
For many years, the team at the GCC has been researching how the edge processing of flat glass influences its fracture behaviour. (© GCC, Technische Universität Darmstadt)

—Ein zweiter Forschungsschwerpunkt am GCC ist die Kantenfestigkeit von Glas. Warum ist diese so relevant?

**Matthias Seel:** Beim Schneiden einer Glasscheibe entstehen an den Kanten lauter kleine Risse. Diese können sich unter ungünstigen Randbedingungen – etwa bei hoher Sonneneinstrahlung – rasch vergrößern und die Scheibe zerstören. Bisher hat man das vermieden, indem Gläser thermisch vorgespannt wurden – ein energieintensiver Prozess. Wir forschen nun an Methoden, die Kanten so zu bearbeiten, dass auf das thermische Vorspannen für solche Anwendungen verzichtet werden kann. Die Industrie hat daran ein enormes Interesse. Auch im Hinblick auf die Dünn- und Dünntgläser, die nun auf den Markt kommen, wird das Thema immer relevanter. Allerdings gibt es dabei keine Patentrezepte. Man kann also nicht sagen, dass eine Glaskante durch Schleifen und Polieren per se fester wird. Es kommt immer darauf an, wie die Bearbeitung im Detail aussieht, bzw. wie die dabei eingebrachten Rissysteme aussehen.

—A second focus of research at the GCC is the edge strength of glass. Why is this so relevant?

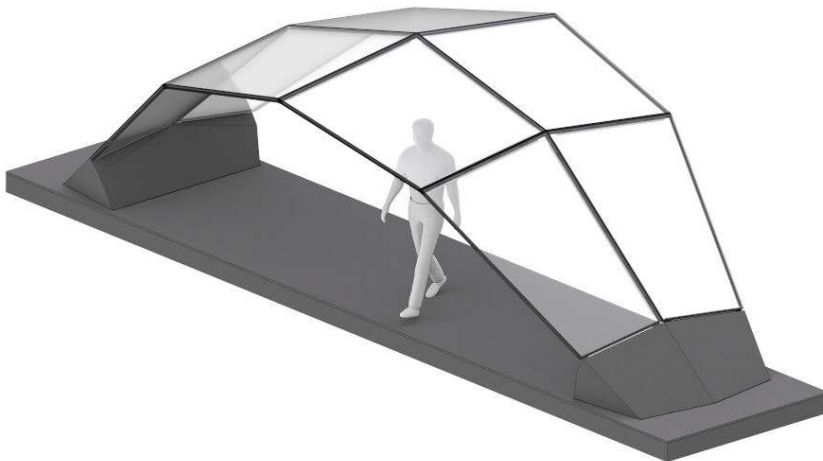
**Matthias Seel:** When a pane of glass is cut, lots of small cracks appear at the edges. Under unfavourable conditions – such as high levels of solar radiation – these can quickly enlarge and destroy the pane. Until now, this has been avoided by thermally tempering glass – an energy-intensive process. We are now researching methods to process the edges in such a way that thermal tempering can be dispensed with for such applications. The industry has a huge interest in this. The topic is also becoming increasingly relevant with regard to the thin and ultra-thin glass now coming onto the market. However, there are no patent remedies. So you can not say that grinding and polishing a glass edge makes it stronger per se. It always depends on what the processing looks like in detail and what the crack systems introduced in the process look like.

**\_\_\_Welchen Praxisnutzen können solche Erkenntnisse haben?**

Miriam Schuster: Unser Ziel ist es, der Industrie und den Anwendern entsprechende Merkblätter an die Hand zu geben und unsere Forschungsergebnisse auch in die Normung einfließen zu lassen. Des Weiteren forschen wir daran, zerstörende Prüfungen durch neue, nicht zerstörende Prüfungen zu ersetzen. Dies trifft unter anderem auf die Beurteilung der Kantenfestigkeit, der Nickelsulfidproblematik und der Festigkeit zu. Im Idealfall könnten die Glashersteller die Festigkeit sogar inline, also in den Fertigungsprozess integriert, für jede einzelne Scheibe überprüfen.

**\_\_\_Gemeinsam mit mehreren Partnern forschen Sie derzeit auch an rahmenlosen, selbsttragenden Glaskonstruktionen. Worum geht es dabei?**

Miriam Schuster: Bisher wurden Glasschalen mithilfe einer tragenden Struktur – meistens aus Stahl – konstruiert. Wir wollen diese Unterkonstruktion nun durch ein Fitting ersetzen, das unsichtbar in den Isolierglasaufbau integriert wird. Das Fitting wird am Rand eines Verbundsicherheitsglases einlaminiert und das Ganze dann durch eine weitere Scheibe zum Isolierglas ergänzt.



**\_\_\_Wo liegen dabei die wesentlichen Herausforderungen?**

Miriam Schuster: Die Fittings müssen in der Lage sein, Lasten in die Verbundsicherheitsgläser einzuleiten. Dabei darf natürlich kein Glasbruch entstehen, und die Haftung zwischen Fitting, Folie und Glas muss gewährleistet sein. Das wiederum bringt Herausforderungen auf unterschiedlichen Ebenen mit sich. Zum Beispiel findet beim Laminiieren von Verbundsicherheitsgläsern immer eine gewisse Entlüftung statt. Das Metallfitting kann diesen Prozess behindern. Für die Konstruktion und Statik ist neben den

**\_\_\_What practical benefits can such findings have?**

Miriam Schuster: Our aim is to provide the industry and users with appropriate information sheets and to incorporate our research findings into standardisation. We are also conducting research into replacing destructive tests with new, non-destructive ones. This applies, among other things, to the assessment of edge strength, nickel sulphide problems and glass strength. Ideally, glass manufacturers would even be able to test the strength of each individual pane inline, i.e. integrated into the production process.

**\_\_\_Working with several partners, you are currently also researching frameless, self-supporting glass constructions. What is this about?**

Miriam Schuster: Until now, glass shells have been constructed using a supporting structure – usually made of steel. We now want to replace this substructure with a fitting that is invisibly integrated into the insulating glass structure. The fitting is laminated into the edge of a laminated safety glass and the whole thing is then supplemented by another pane to form the insulating glass.



Zusammen mit den Partnern knippershelbig, Yachtglass und Eastman arbeitet das Team des GCC an einer rahmenlosen, selbsttragenden Glaskonstruktion etwa für Überdachungen. (© knippershelbig)

*The GCC is working with its partners knippershelbig, Yachtglass and Eastman to create a frameless, self-supporting glass construction for roofing, for example. (© knippershelbig)*

**\_\_\_What are the main challenges here?**

Miriam Schuster: The fittings must be able to transfer loads into the laminated safety glass. Of course, the glass must not break and adhesion between the fitting, film and glass must be guaranteed. This in turn presents challenges at various levels. For example, there is always a certain amount of ventilation when laminating safety glass. The metal fitting may hinder this process. In addition to conventional loads such as wind, it is also important to take temperature influences into account for the design and statics. On the one hand, the rigidity of the film changes,

klassischen Lasten wie Wind auch die Berücksichtigung von Temperatureinflüssen wichtig. Zum einen ändert sich die Steifigkeit der Folie, was die Spannungen im Glas beeinflusst. Zum anderen entstehen durch Änderungen des Luftdrucks oder der Umgebungstemperatur sogenannte Klimlasten im Isolierglas. Dadurch bauchen diese leicht aus.

—Zur **glasstec 2024** zeigen Sie eine Treppenkonstruktion mit Stufen aus gekantetem Glas. Wie funktioniert diese Konstruktion?

**Matthias Seel:** Wenn man Flachglas biegt oder abkantet, kann es deutlich höhere Lasten aufnehmen. Gemeinsam mit einem Start-up aus Freiburg wurde ein Verfahren entwickelt, das solche Umformungen ermöglicht – und zwar als Unikate, ohne die Formen, die man bisher für warmgebogenes Glas brauchte. Für die Treppenstufen stellen wir jeweils zwei ineinanderpassende Glaselemente her, die dann mit einem Flüssigharz laminiert werden. In Summe ergibt das eine sehr transparente, schlanke und steife Konstruktion. Wenn man es richtig anstellt, lassen sich mit solchen Verfahren rund 80% Material einsparen – ein deutlicher Mehrwert für Architektur und Nachhaltigkeit.

*which influences the stresses in the glass. On the other hand, changes in air pressure or the ambient temperature create so-called climatic loads in the insulating glass. This causes them to bulge slightly.*

—At **glasstec 2024**, you will be exhibiting a staircase construction with steps made of bevelled glass. How does this design work?

**Matthias Seel:** When flat glass is bent or bevelled, it can withstand significantly higher loads. Working with a start-up from Freiburg, a process has been developed that makes such forming possible -- as unique pieces, without the moulds that were previously required for hot-bent glass. For the steps, we produce two glass elements that fit into each other, which are then laminated with a liquid resin. This results in a very transparent, slim and rigid construction. If you do it right, you can save around 80% on materials with this type of process – significant added value for architecture and sustainability.



### Über Miriam Schuster und Matthias Seel

Dr.-Ing. Miriam Schuster hat Bauingenieurwesen an der Universität Luxemburg und der Technischen Universität Darmstadt studiert. Seit 2022 leitet sie die Glas- und Polymergruppe am Glass Competence Center der TU Darmstadt. Von November 2023 bis April 2024 war sie dort Vertretungsprofessorin am Fachgebiet Statik.

Dr.-Ing. Matthias Seel hat Bauingenieurwesen an der Universität der Bundeswehr in München studiert. Seit 2022 leitet er die Forschungsgruppe Glas und das Labor am Glass Competence Center an der TU Darmstadt. Seine Forschungsgebiete sind die additive Fertigung von Glas, Glasverarbeitung, Festigkeit und die strukturelle Anwendung von Glas.

[[www.tu-darmstadt.de/glass-cc](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc)]

### About Miriam Schuster and Matthias Seel

*Dr Miriam Schuster studied civil engineering at the University of Luxembourg and the Technical University of Darmstadt. She has headed the Glass and Polymer Group at the Glass Competence Centre at TU Darmstadt since 2022. From November 2023 to April 2024, she was a deputy professor in the Department of Structural Analysis.*

*Dr Matthias Seel studied civil engineering at the University of the Bundeswehr in Munich. Since 2022, he has headed the Glass research group and the laboratory at the Glass Competence Centre at TU Darmstadt. His research areas are the additive manufacturing of glass, glass processing, strength and the structural application of glass.*

[[www.tu-darmstadt.de/glass-cc](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc)]

## SCHNELLE CHEMISCHE VERFESTIGUNG VON GLAS IN WENIGEN MINUTEN

### RAPID CHEMICAL STRENGTHENING OF GLASS IN JUST A FEW MINUTES

ReViSalt  
Freiberg, Germany  
revisalt.com



(1)



(2)



(3)

- (1) Mit dem neuen Verfahren von ReViSalt Glas lassen sich zum Beispiel Displaygläser in kurzer Zeit chemisch verfestigen.

*With the new process from ReViSalt, display glass and many other types of glass can be chemically strengthened in a short space of time. (© 2MH Glas)*

- (2) Der Blick durch einen Polarisator macht Spannungen im Glas sichtbar.

*The view through a polariser makes stresses in the glass visible. (© 2MH Glas)*

- (3) Ohne Polarisator ist kein Unterschied zwischen verfestigtem und nicht verfestigtem Glas erkennbar.

*Without a polariser, there is no discernible difference between strengthened and unstrengthened glass. (© 2MH Glas)*

Die Firma ReViSalt (ehem. 2MH Glas) wurde 2019 gegründet mit dem Ziel, ein von der TU Bergakademie Freiberg entwickeltes, innovatives Verfahren zur schnellen chemischen Verfestigung von Glas zu industrialisieren.

Das klassische chemische Verfestigen wird zu meist bei hochwertigen Produkten eingesetzt wie z. B. Displays aus Aluminosilikatglas, teurem Panzerglas und Yachtgläsern. Es erfolgt in einem langwierigen Prozess von bis zu 24 Stunden Dauer, in der Regel durch ein Tauchbad. Mit der neuen Technologie von ReViSalt lassen sich nun erstmalig fast alle Glasmaterialien, darunter auch das günstige und verbreitete Kalknatronglas, schnell chemisch verfestigen.

ReViSalt kann bevorzugt Flach- und Behälterglas mit all seinen Unterkategorien, wie z.B. Display-, Fahrzeug- und Gebäudeverglasungen, Lebensmittelverpackungen, Flaschen sowie Behältnisse für die Bereiche Kosmetik, Pharma und Chemie, schnell chemisch verfestigen. Glas kann nun dünner, leichter werden und trotzdem eine höhere Festigkeit aufweisen.

Im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik ermöglicht ReViSalt eine erhebliche Energieeinsparung von bis zu 95 % und eine bis zu 48-fach höhere Produktionskapazität. Die Härtezeit verkürzt sich auf lediglich 10 bis 30 Minuten anstelle der bisherigen 4 bis 24 Stunden. Zudem kann statt teurem Spezialglas kostengünstiges Kalknatron-Glas verwendet werden.

Zur glasstec 2024 stellt ReViSalt eine Vorrichtung (Kugelfalltest - Endlosschleife) aus, die demonstriert, wie das chemisch verfestigte Glas einem Test standhält.

*ReViSalt (formerly 2MH Glas) was founded in 2019 with the aim of industrialising an innovative process for the rapid chemical strengthening of glass developed by TU Bergakademie Freiberg. Conventional chemical strengthening is mostly used for high-quality products, such as displays made of aluminosilicate glass or expensive bulletproof glass and yacht glass made of soda-lime glass. This process lasts up to 24 hours and usually takes place in an immersion bath. With*

*the new technology of rapid chemical strengthening offered by ReViSalt, almost all glass materials, including the inexpensive and widely used soda-lime glass, can now be chemically strengthened quickly for the first time.*

*ReViSalt can quickly chemically strengthen flat and container glass with all its subcategories, such as display glazing, vehicle glazing, building glazing, food packaging, bottles and containers for the cosmetics, pharmaceutical and chemical sectors. Glass can now be thinner, lighter and still have greater strength.*

*Compared to the current state of the art, ReViSalt enables significant energy savings of up to 95% and up to 48 times higher production capacity. The tempering time is reduced to just 10 to 30 minutes instead of the previous 4 to 24 hours. In addition, cost-effective soda-lime glass can be used instead of expensive special glass.*

*At glasstec 2024, ReViSalt will be exhibiting a device (ball drop test - endless loop) that demonstrates how the chemically strengthened glass withstands a test.*

## DREIFACHVERGLASUNG AUS PROFILGLAS

### TRIPLE GLAZING MADE OF PROFILED GLASS

Bauglasindustrie GmbH  
Schmelz / Saar, Germany  
www.profilit.com



(1)



(2)



(3)

(1) Für das Kraftwerk Carpe Futurum im schwedischen Uppsala entwarfen Liljewall Architects eine transluzente Hülle aus Pilkington Profilit™.  
*Liljewall Architects designed a translucent cladding made of Pilkington Profilit™ for the Carpe Futurum power station in Uppsala, Sweden. (© Mattias Hamrén)*

(2) Die orangefarbenen Fassadenflächen am Kraftwerk bestehen aus Pilkington Profilit™ OW Colour Design THS K25/60/7.  
*The orange facade surfaces on the power station are made of Pilkington Profilit™ OW Colour Design THS K25/60/7. (© Mattias Hamrén)*

(3) Die Verwendung von Gläsern aus eisenoxidarmen Rohstoffen gewährleistet eine originalgetreue Farbwiedergabe der orangefarbenen Elemente.  
*The use of glass made from low-iron oxide raw materials ensures that the orange elements are reproduced true to the original colour. (© Mattias Hamrén)*

Pilkington Profilit™ bringt natürliches Tageslicht in Gebäude und bietet vielfältige und interessante optische Gestaltungsmöglichkeiten. Das Hauptanwendungsgebiet der Gläser sind großflächige Fassadenverglasungen und der Innenausbau. Neben eisenarmen Weißgläsern, online-beschichteten Funktionsgläsern sowie thermisch vorgespannten und heißgelagerten Profilbausicherheitsgläsern bietet die Bauglasindustrie GmbH auch Designprodukte wie das mattierte Pilkington Profilit™ Opal oder mit keramischen Pigmenten veredelte Pilkington Profilit™ T Color Design Gläser an.

Eine weitere Produktentwicklung ist der Sonderaufbau des Pilkington Profilit™ Systems „eins in 2“ mit flacher, doppelt low-e beschichteter Zwischenscheibe. Mit dem so entstehenden Dreifach-Aufbau erreicht die Verglasung einen verbesserten Dämmwert sowie erhöhte Schall- und Sonnenschutzigenschaften.

*natural daylight and to contribute to the visual design. Its main application is in exterior facades and in interior glazing. Possible product variations are e.g. extra clear low-iron channel glass, online coated functional glass, thermally toughened and heat-soaked profiled safety glass as well as design products such as sandblasted Pilkington Profilit™ Opal or profiled glass which is processed with ceramic pigments such as Pilkington Profilit™ T Color Design.*

*Another product development is a variation of the system Pilkington Profilit™ 'one in 2' with a laminated double low-e coated intermediate flat glass for improved heat insulation, solar control and noise control characteristics.*

*Pilkington Profilit™ is increasingly being used in modern design-focused architecture to provide*

## REDNERPULT MIT PROFILBAUGLAS

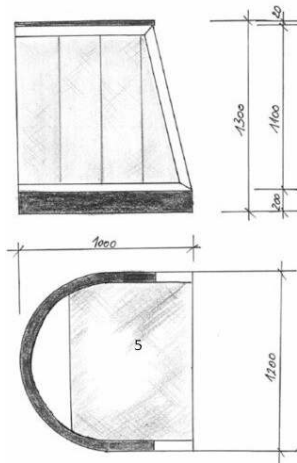
### LECTERN WITH PROFILED GLASS

Bauglasindustrie GmbH  
Schmelz / Saar, Germany  
www.profilit.com



(1)

(1) Das mobile Rednerpult ist mit keramisch bedruckten Profilagelementen bekleidet.  
*The mobile lectern is clad with ceramic-printed profiled glass elements. (© Bauglasindustrie GmbH)*



(2) Übersicht zur Planung des Rednerpults  
*Overview of planning the lectern. (© Bauglasindustrie GmbH)*

#### Aufbau

- 1 Holz in Farbe Ebenholz Schwarz
- 2 Rahmen Farbe Cremeweiß oder Grauweiß
- 3 Glas Grauschwarz als Siebdruck
- 4 Sockel in Farbe Ebenholz Schwarz  
Mit Rädern zum transportieren
- 5 PVC-Belag in Grau/ Schwarz



(2)

Für die glass technology live hat die Bauglasindustrie (BGI) aus Profilagelementen ein mobiles Rednerpult entwickelt. Das halbrunde Podest auf Rollen ist mit Pilkington Profilit™ des Typs T- Color Design bekleidet. Der Sockel und der obere Abschluss bestehen aus schwarzem Holz, die Rahmenkonstruktion soll cremeweiß gefärbt sein. Die Profilagelemente selbst zeichnen sich durch einen grau-schwarzen keramischen Siebdruck aus. Das Rednerpult ist 1300 mm hoch, die einzelnen Glaselemente 1100 mm. Bei Pilkington Profilit™ T- Color Design handelt es sich um ein U-förmiges, thermisch vorgespanntes Glas. Das Profilageglas wird von der Bauglasindustrie GmbH – Teil der Pilkington-Gruppe – veredelt und kann sowohl im Innen- als auch im Außenbereich eingesetzt werden. Das Produkt ist in einer Vielzahl von Farben und Texturen mit unterschiedlicher Lichtdurchlässigkeit erhältlich.

*fled glass elements. The semi-circular podium on castors is clad with Pilkington Profilit™ type T-Colour Design. The base and the upper end are made of black wood, the frame construction is to be coloured cream white. The profiled glass elements themselves are characterised by a grey-black ceramic screen print. The lectern is 1300 mm high, the individual glass elements 1100 mm.*

*Pilkington Profilit™ T-Colour Design is a U-shaped thermally toughened glass. The profiled glass is processed by Bauglasindustrie GmbH – part of the Pilkington Group – and can be used both indoors and outdoors. The product is available in a variety of colours and textures with different levels of light transmission.*

*For glass technology live, Bauglasindustrie (BGI) has developed a mobile lectern made from pro-*

## BAUSYSTEM AUS PRESSGLASSTEINEN

### PRESSED GLASS BLOCK SYSTEM

Alli Hoag, Bowling Green State University

[www.bgsu.edu](http://www.bgsu.edu)

Catie Newell, University of Michigan

[www.taubmancollege.umich.edu](http://www.taubmancollege.umich.edu)



(1)



(2)



(3)

(1) Light Forms hat die Gestalt eines prismatischen Moduls mit zehn Flächen. Die beiden Hälften werden im Pressgussverfahren hergestellt.

*Light Forms has a decahedral design. Created through press casting, two halves are joined together to create one module. (© Alli Hoag)*

(2) Rendering einer Light-Forms-Konstruktion bei Nacht.

*Rendering of Light Forms design in architectural aggregation at night. This demonstrates how the design allows not only passive lighting but also natural darkness within interior spaces. (© Catie Newell Rendering)*

(3) Rendering von Inhabiting Light, einer geplanten Installation aus Light Forms-Modulen im Nichols Arboretum der University of Michigan.

*Rendering of an architectural design prototype of Inhabiting Light, an upcoming architectural installation of Light Forms modules at the University of Michigan Nichols Arboretum. (© Catie Newell Rendering)*

Light Forms ist ein Bausystem aus Glassteinen, das Geometrie, Optik und Tragwirkung zusammenbringt. Sein Entwurf war von dem Gedanken geleitet, natürliches Licht und natürliche Dunkelheit in architektonischen Räumen erlebbar zu machen. Das von Alli Hoag und Catie Newell entworfene System steht in der Tradition früherer Glasbausteinstrukturen. Es erweitert jedoch deren Möglichkeiten, indem zwei Komponenten zu einem polygonalen, modularen Glaselement zusammengefügt werden.

Die Glasbausteine bieten eine Reihe einzigartiger Möglichkeiten. Zum einen ermöglicht das industrielle Herstellungsverfahren eine Produktion in großem Maßstab. Zum anderen erzeugen die beim Pressvorgang entstehenden Hohlräume außergewöhnliche prismatische Effekte. Darüber hinaus lassen sich auf diese Weise Lichtdurchlässigkeit und Sichtschutz beeinflussen. Mit einer eingefärbten Klebefuge zwischen den beiden Hälften können Farbverläufe erzielt werden.

Die Gesamtform jedes Moduls entspricht einem

Prisma mit zehn Flächen. Durch die Änderung der Ausrichtung ergeben sich verschiedene Muster. Eine versetzte Stapelung erzeugt auch Winkel und Krümmungen, die sich zur Wandgestaltung eignen und dabei die Druckfestigkeit von Glas nutzen.

Light Forms ist nicht zuletzt ein Plädoyer dafür, die Systeme unserer gebauten Umwelt in eine tiefere Verbindung mit unserer natürlichen Umgebung zu bringen.

*Light Forms is a compressive glass block system that coordinates geometry, optics and structure. At the heart of its design is the accentuation of natural light and darkness within built spaces. Designed by Alli Hoag and Catie Newell, Light Forms builds on the success of previous cast glass architectural blocks and expands their potential by bonding two components to create a single glass modular unit.*

*The glass units offer a number of unique opportunities. First, through the process of industrial press forming, mass production on an industrial*

*scale is possible. Secondly, hollow voids created in the pressing process offer unique opportunities for prismatic effects, and controlling light transmission and privacy, in addition to creating an encapsulated air pocket. The necessary glue joint to bond the two halves together becomes an opportunity for deploying colour shifts through dyed adhesive joints.*

*The overall form of each modular unit is a decahedron designed in a manner that through the change of orientation tessellates into various patterns. Utilising offset stacking, the patterns can also introduce angles and curvatures across an architectural wall while taking advantage of the compressive strength of glass.*

*Light Forms argues for the material systems of our built world to provide a deeper resonance with our surroundings.*

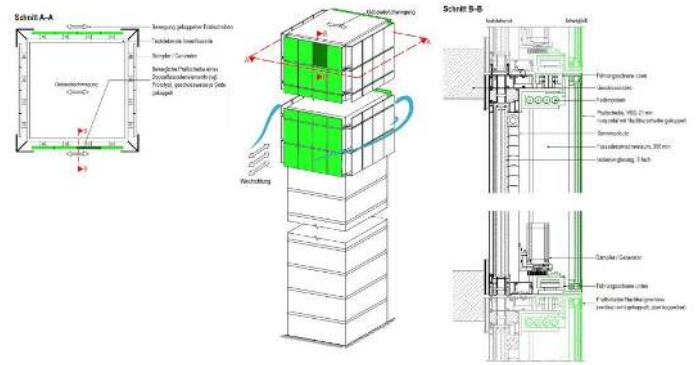
## ADAPTIVE DOPPELFASSADE ZUR SCHWINGUNGSKONTROLLE

### ADAPTIVE DOUBLE-SKIN FAÇADE FOR VIBRATION CONTROL

BTU Cottbus-Senftenberg  
Lehrstuhl Hybride Konstruktionen - Massivbau  
www.b-tu.de/fg-hybride-konstruktionen-massivbau



(1)



(2)



(3)

(1) Prototyp eines Doppelfassadenelements mit beweglicher Prallscheibe auf dem Prüfstand  
*Prototype of a double-skin façade element with a moveable outer skin on a test rig. (© Thomas Schauer, TU Berlin, Fachgebiet Regelungssysteme)*

(2) Konzept und Aufbau des beweglichen Doppelfassadensystems.  
*Concept and composition of the moveable double-skin façade system. (© BTU, Chair of Hybrid Structures - Structural Concrete)*

(3) Generator für semiaktive Dämpfung und Energiegewinnung  
*Generator for semi-active damping and energy harvesting. (© BTU, Chair of Hybrid Structures - Structural Concrete)*

Insbesondere bei schlanken Hochhäusern müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um Schwingungsgrenzwerte einzuhalten. Die Aktivierung der Fassade vermeidet die gängigen materialintensiven Ansätze, die von der Erhöhung der Steifigkeit bis zum Einbau gewaltiger Tilgermassen reichen. Stattdessen nutzt das Projekt der BTU Cottbus ressourcenschonend und energieeffizient die Windenergie und aktiviert eine bereits vorhandene Masse in Form einer beweglichen Doppelfassade für die Dämpfung (Abb. 1).

Prinzip und Aufbau des an der BTU Cottbus entwickelten adaptiven, masseverteilten und autarken Dämpfers zeigt Abb. 2: Die Prallscheibe einer Doppelfassade als Dämpfungsmasse ist parallel beweglich zu der am Gebäude befestigten Innenfassade. Der in Abb. 3 gezeigte Generator dämpft die Gebäudebeschleunigungen, wobei die Bewegung in elektrische Energie umgewandelt wird.

Um das Konzept zu validieren und den autarken Betrieb des geregelten Dämpfungssystems

nachzuweisen, hat das Projektteam der BTU Cottbus ein bewegliches Doppelfassadenelement als 1:1-Prototyp realisiert (Abb. 1) und auf einem Prüfstand installiert. Damit lassen sich realistische Gebäudeschwingungen nachbilden und die Interaktion des Fassadenelements mit dem Gebäude erfassen.

Die gezielte Integration aktiver Technologien multifunktionale Konstruktionen mit einem geringeren Rohstoffverbrauch bis hin zur Energiegewinnung aus dynamischen Einwirkungen.

*Appropriate measures must be taken to comply with vibration limits, particularly in the case of slender high-rise buildings. Activating the façade avoids the common material-intensive approaches, which range from increasing structural stiffness to installing massive tuned-mass dampers to ensure serviceability and user comfort.*

*Instead, the project uses wind energy in a resource-saving manner by activating an existing mass in the form of a moveable double-skin*

*façade for damping and harvesting the kinetic energy.*

*The principle and structure of the adaptive, mass-distributed and self-sufficient damper developed at BTU Cottbus-Senftenberg and TU Berlin is shown in Fig. 2: The outer skin of a double-skin façade is free to move parallel to the inner skin, which is fixed to the building. The generator shown in Fig. 3 dampens the building accelerations and converts the movement into electrical energy.*

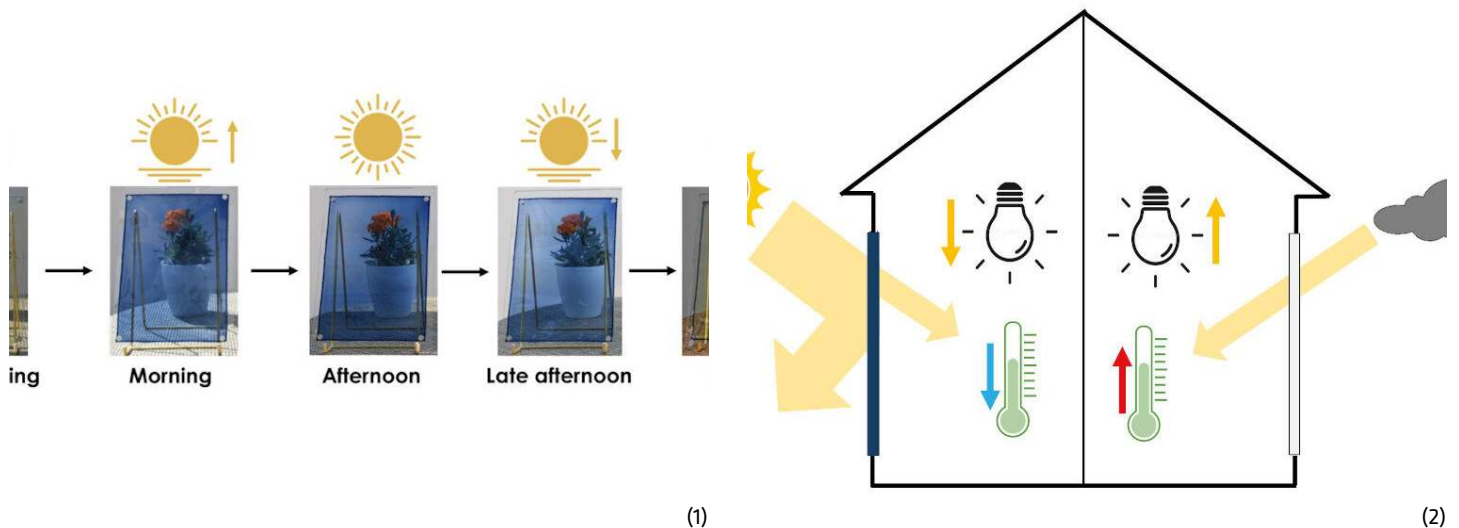
*To validate the concept, a movable double façade element was realised as a full-scale prototype (Fig. 1). It is installed on a test rig, on which realistic building vibrations can be simulated and the interaction of the façade element with the building can be monitored. At glasstec 2024, the exhibit will demonstrate the operating principle on a small abstract model.*

*The integration of active technologies enables multifunctional structures with lower consumption of materials and even the potential of harvesting energy from dynamic impacts.*

## LICHT UND WÄRME – GANZ NACH BEDARF

### LIGHT AND HEAT AS REQUIRED

ClimAd Technology  
Eindhoven, Niederlande  
www.climadtechnology.com



(1) An einem sonnigen Tag färbt sich der photochrome Film allmählich ein, wenn die Intensität des Sonnenlichts zunimmt. Bei abnehmender Sonneneinstrahlung wird er von selbst wieder transparent.

*On a sunny day the photochromic film gradually tints, rejecting solar radiation as sunlight intensity increases. As solar radiation decreases, it becomes transparent once more. (© ClimAd Technology)*

(2) An sonnigen Tagen weist Low-E-beschichtetes Smart Glass mit der Folie 64 % der Sonnenwärme ab und lässt 34 % sichtbares Licht zu. An bewölkten Tagen weist es nur 26 % der verfügbaren Sonnenwärme ab und lässt 75 % sichtbares Licht durch.

*On sunny days, low-e coated smart glass with the film rejects 64% solar heat and allows 34% visible light to pass through. On cloudy days, it rejects only 26% of the available solar heat. (© ClimAd Technology)*

ClimAd Technology macht Glas intelligent. Die Glasfolie des Herstellers steuert die Sonnenwärme und das Tageslicht, die in ein Gebäude eindringen, basierend auf der Intensität des Sonnenlichts. An sonnigen Tagen färbt die Folie sich ein und weist die Sonnenwärme ab, um Überhitzung und zu viel Tageslicht zu verhindern. An bewölkten Tagen ist die Folie transparent und lässt Sonnenwärme und Tageslicht in den Innenraum. Die intelligente Glasfolie bietet den Gebäudenutzern Tageslicht und thermischen Komfort. Gleichzeitig macht sie Gebäude bis zu 35 % energieeffizienter im Vergleich zu aktuellen Hochleistungsverglasungen.

Das Ausstellungsstück zur glasstec 2024 demonstriert, wie die intelligente photochrome Folie die Innenraumtemperatur reduziert. Eine Seite des Modells ist mit Smart Glass mit aufgebrachtener Folie ausgestattet, während die andere Seite aus dem gleichen Glas ohne Folie besteht. Die Solarlampe wird eingeschaltet und erwärmt den Innenraum wie auf dem Bildschirm angezeigt. Das Smart Glass wird durch das Licht ge-

tönt, absorbiert dadurch sichtbares und nahinfrarotes Licht und senkt die Innentemperatur. Mit dem anderen Schaustück können Messebesucher die Tönung selbst erleben. Nach dem Einschalten des UV-Lichts sehen sie, wie sich die Folie färbt. Nach dem Ausschalten des Lichts wird die Folie innerhalb weniger Stunden allmählich transparent.

*ClimAd Technology makes glass smart. The manufacturer's glass film regulates the solar heat and daylight entering a building based on the intensity of the sunlight. On sunny days, the film tints and rejects solar heat to prevent overheating and too much daylight. On cloudy days, the film is transparent, allowing solar heat and daylight into the interior. The smart glass film offers building users daylight and thermal comfort. At the same time, it makes buildings up to 35% more energy efficient in comparison with current high-performance glazing.*

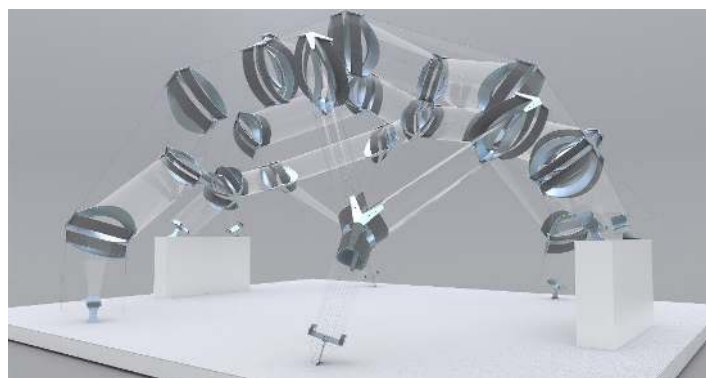
*The exhibit at glasstec 2024 demonstrates how the smart photochromic film reduces the interior*

*temperature. One side of the model is equipped with smart glass with film applied, while the other side consists of the same glass without film. The solar lamp is switched on, heating up the indoor space as shown on the screen. The smart glass is tinted by the light, absorbing visible and near-infrared light and reducing the indoor temperature. With the other showpiece, trade fair visitors can experience the tinting for themselves. After switching on the UV light, they can see how the film changes colour. After switching off the light, the film gradually becomes transparent again within a few hours.*

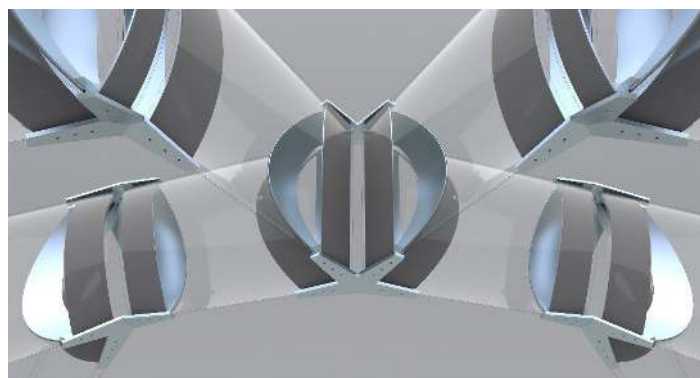
## PAVILLON AUS GEBOGENEM GLAS

### CURVED GLASS PAVILION

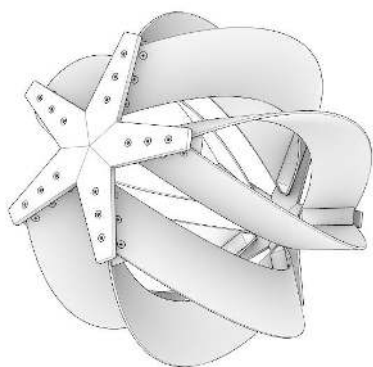
Eckersley O'Callaghan  
London, Großbritannien  
www.eocengineers.com



(1)



(2)



(3)

(1) Der Pavillon zeigt, wie sich mit minimalem Materialaufwand eine Rahmenstruktur aus Glas schaffen lässt. Jeweils zwei gebogene Scheiben bilden eine Struktureinheit.  
*The pavilion shows how a glass frame structure can be created with a minimum of materials. Two curved glass panes form one structural unit. (© Eckersley O'Callaghan)*

(2) Die Knotenpunkte aus Stahl entwickelte Bellapart.  
*The nodes were developed by Bellapart. (© Eckersley O'Callaghan)*

(3) Die Stahlverbinder haben bis zu fünf Anschlüsse.  
*The steel elements have up to five connections. (© Bellapart)*

Wie lässt sich mit minimalem Materialaufwand eine Rahmenkonstruktion aus Glas schaffen? Diese Frage stellte sich das Büro Eckersley O'Callaghan beim Entwurf des Pavillons, der nun auf der glass technology live gezeigt wird. Das Projekt entstand in Zusammenarbeit mit mehreren Unternehmen. Die Firma AGC etwa schlug die Verwendung von Falcon-Glas vor, einem dünnen Aluminosilikatglas, das im Floatverfahren hergestellt wird und sich durch hohe Qualität und Wirtschaftlichkeit auszeichnet. Durch das Laminierbiegeverfahren von Tvittec Cricursa wurde solch ein dünnes Glas strukturell verbessert, um eine geometrische Steifigkeit zu erreichen. Die gebogenen Scheiben bilden jeweils paarweise eine Struktureinheit. Die so geschaffenen Elemente wurden zu einem in zwei Richtungen gespannten Rahmen verbunden.

Der ursprüngliche Rahmen basierte auf einer sechseckigen Zelle. Die endgültige Form erhielt der Pavillon, um noch mehr Material einsparen zu können. Die Anzahl der Platten wurde reduziert, das Innenvolumen des Bauwerks aber bei-

behalten. Die Zwischenschicht des Typs SentryGlass® von Kuraray zeichnet sich durch ihre Schersteifigkeit in einem breiten Temperaturbereich aus. Bellapart brachte zudem sein Fertigungs-Knowhow im Präzisionsstahlbau ein und entwickelte Verbindungen in Form einer einfachen, gebogenen Platte, mit der sich die visuelle Lesbarkeit der Knotenpunkte elegant lösen ließ. Das graue Struktursilikon Dow 993 gewährleistet die nötige Festigkeit und Steifigkeit, zudem ließen sich Fertigungstoleranzen zwischen den Stahlverbindern und der Glasoberfläche ausgleichen.

*How can a structural frame of glass be created with a minimum amount of material? Eckersley O'Callaghan asked itself this question when designing the pavilion which is now being shown at the exhibition of glass technology live. The project was developed in collaboration with several companies. AGC suggested the use of Falcon glass which is an aluminosilicate thin glass produced by the very high quality, cost-efficient*

*float process. Such a thin glass was structurally enhanced by the lamination bending process to provide geometric stiffness by Tvittec Cricursa. The curved panels are then combined in pairs to form the individual structural units. These are then connected to create the frame's structural units.*

*The initial frame geometry was based on hexagonal cells and was modified to the current form to reduce the panel count while maintaining the internal volume. Kuraray's SentryGlass® interlayer was chosen because of its class leading performance for shear stiffness at a wide temperature range. Bellapart provided its manufacturing expertise in precision steelwork, developing the jointing concept of Eckersley O'Callaghan into a simple curved plate form that elegantly brings visual legibility to the joints. The demonstrator was completed with Dow's 993 structural silicone in grey to provide strength and stiffness to accommodate the manufacturing tolerance between the steel fixings and the glass surface.*

## INTERAKTIVE GLASFASSADE

### INTERACTIVE GLASS FACADE

VideowindoW  
Delft, Netherlands  
www.videowindow.io



(1)



(2)

(1) VideowindoW-Module in Glasfassaden verbessern die Energieeffizienz, bieten Blendschutz und gleichzeitig einen Informations- und Unterhaltungswert für die Gebäudenutzer.

*VideowindoW modules in glass facades offer new opportunities for energy efficiency, glare protection and multimedia. (© VideowindoW)*

(2) Die tönbare / intelligente Glasfassade entstand in der Zusammenarbeit von Arnold Glas, LamiPress und VideowindoW.

*The tintable/smart glass facade was developed by the consortium of Arnold Glas, LamiPress and VideowindoW (© VideowindoW)*

Das Konsortium aus Arnold Glas, LamiPress und VideowindoW präsentiert auf der Sonderschau glass technology live eine 45 m<sup>2</sup> große, segmentierte, tönbare/intelligente Glasfassade, die die Zukunft der Blendkontrolle und Smart-Building-Integration aufzeigt. Durch die Kombination von Experten-Fassadendesign, fortschrittlichem Verbundglas und sensorbasierten Systemen passt sich die Fassade an Umweltbedingungen an, um den Energieverbrauch zu optimieren und den Komfort zu steigern. Sensoren erfassen Echtzeitdaten, um die Lichtdurchlässigkeit und thermischen Eigenschaften anzupassen.

Ein zentrales Element ist die biophile Blendkontrolle, die natürliche Muster nachahmt, um Blendung zu mindern und das Wohlbefinden zu fördern. Inspiriert von der Natur steuert dieses System 72 Millionen Pixel in einem nahtlosen 12K-Bild und schafft eine Umgebung, welche die funktionale Blendkontrolle mit ästhetischem Design verbindet. Der Einsatz prozeduraler Inhalte, wie wechselnder Lichtmuster, reduziert die Augenbelastung und erhöht den Komfort.

Diese Innovation markiert den ersten Schritt zur Standardisierung intelligenter Fassaden, die Licht und Temperatur regulieren und als Kommunikationsplattformen dienen. Erste Tests zur Solar- und Wärmeleistung (g-Wert, Ug-Wert) zeigen vielversprechende Ergebnisse. Besucher der glass technology live können das dynamische Potenzial dieser Fassade während der Ausstellung erleben und sehen, wie das Konsortium zukunftsweisende Gebäudetechnologien vorantreibt.

*The consortium of Arnold Glas, LamiPress, and VideowindoW is presenting a 45-m<sup>2</sup> segmented tintable glass facade at the special exhibition glass technology live, showcasing the future of glare control and smart building integration. By combining expert facade design, advanced glass laminates and sensor-driven systems, this facade adapts to environmental conditions to optimise energy consumption and improve occupant comfort. Sensors collect real-time data to adjust light transmittance and thermal properties, re-*

*ducing the need for artificial lighting and climate control. Inspiriert von der Natur*

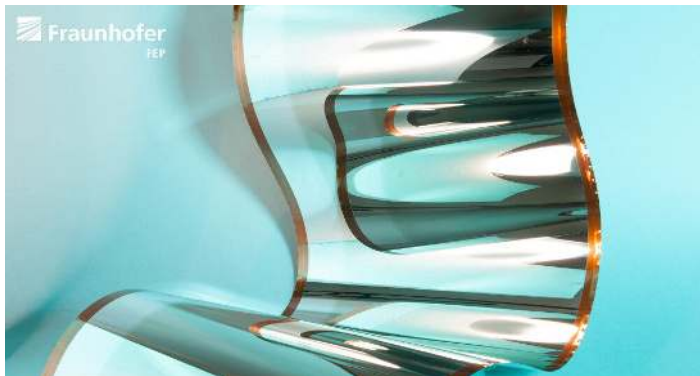
*A key feature is Biophilic Glare Control, which mimics natural patterns to manage glare while enhancing well-being. Inspired by nature, this dynamic system controls 72 million pixels in a seamless 12K image, creating an immersive environment that balances functional glare control with aesthetic appeal. The use of procedural content, such as shifting light patterns, reduces eye strain and provides a more comfortable experience. Potenzial intelligenter Fassaden*

*This innovation represents the first step toward standardising smart facades that not only manage light and temperature but also serve as communication platforms. While testing of solar and thermal performance is ongoing, initial results are promising. Attendees at glass technology live can experience the dynamic potential of this facade throughout the exhibition, highlighting the consortium's commitment to advancing sustainable, responsive building technologies.*

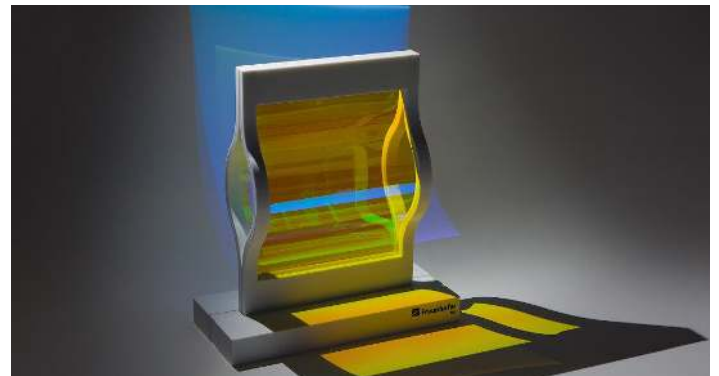
## BESCHICHTETES ULTRADÜNNGLAS

### COATED ULTRA-THIN GLASS

Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik FEP  
Dresden, Germany  
www.fep.fraunhofer.de



(1)



(2)



(3)

- (1) Beschichtetes Ultradünn Glas von der Rolle  
*Coated ultra-thin glass from the roll (© Fraunhofer FEP)*
- (2) Exponat eines Ultradünn Glases mit farbiger Beschichtung  
*Exhibit of an ultra-thin glass with coloured coating (© Fraunhofer FEP)*
- (3) Ultradünn Glas mit antireflektiver Beschichtung  
*Ultra-thin glass with anti-reflective coating (© Fraunhofer FEP / Jürgen Lösel)*

Ultradünn flexibles Glas mit einer Dicke von 100 µm oder weniger bietet neue Chancen in High-End-Elektronik und Optik. Es ermöglicht die Entwicklung von dünnen, leichten, robusten, gebogenen und biegsamen Geräten. Das Ultradünn Glas ist biegsam, form- und wärmostabil und chemisch beständiger als Polymere, ideal für hochwertige Funktionsschichten und Schichtmaterialien.

Die Entwicklung von Dünnschicht-Beschichtungsverfahren für Ultradünn Glas und dessen Integration sind Forschungsschwerpunkte am Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP (Fraunhofer FEP). Von der Machbarkeitsstudie über die Entwicklung passgenauer, dünnster Schichten und zugehöriger Prozesse bis zur Lizenzierung oder dem Wissenstransfer steht das Institut mit seinem Know-how zur Verfügung. Das Fraunhofer FEP bietet Untersuchungen von Sheet-to-Sheet- und Rolle-zu-Rolle-Abscheidungsverfahren an, um die Anwendung von ultradünnem Glas für innovative Lösungen zum Beispiel im Automotive-

Bereich, für smarte Oberflächen, im Photovoltaik-Sektor oder bei der Gebäudeintegration zu ermöglichen.

Mittels Sputtertechnologie lassen sich am Fraunhofer FEP vielfältige anorganische Schichten abscheiden (etwa Al, Si, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ITO). Die Eigenschaften der Schichten wie zum Beispiel ihre elektrische Leitfähigkeit oder optische Eigenschaften wie das Transmissions- und Reflexionsvermögen können gezielt eingestellt werden. Außerdem arbeitet das Institut an der Abscheidung homogener Schichten auf Basis komplexer Schichtstapel (Kantenfilter, Antireflexbeschichtungen, transparente Elektroden).

*Ultra-thin flexible glass with a thickness of 100 µm or less offers new opportunities in high-end electronics and optics. It enables the development of thin, light, robust, curved and bendable devices. The ultra-thin glass is bendable, dimensionally and thermally stable and more chemically resistant than polymers, ideal for high-quality functional layers and layer materials.*

*The Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP (Fraunhofer FEP) specialises in the development and integration of thin-film coating processes for ultra-thin glass. From feasibility studies to the development of customised, ultra-thin layers and associated processes, right through to licensing and knowledge transfer, the institute's expertise is at your disposal. Fraunhofer FEP offers investigations of sheet-to-sheet and roll-to-roll deposition processes to enable the application of ultra-thin glass in innovative solutions, e.g. in the automotive sector, for smart surfaces, in the photovoltaic sector or in building integration.*

*The Fraunhofer FEP uses sputtering technology to deposit diverse inorganic layers (such as Al, Si, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ITO). The properties of the layers, such as their electrical conductivity or optical properties such as transmittance and reflectivity, can be specifically adjusted. The Institute is also working on the deposition of homogeneous layers based on complex layer stacks (edge filters, anti-reflective coatings, transparent electrodes).*

## KLEINE STRUKTUREN MIT GROSSEM EFFEKT

### SMALL STRUCTURES WITH GREAT EFFECT

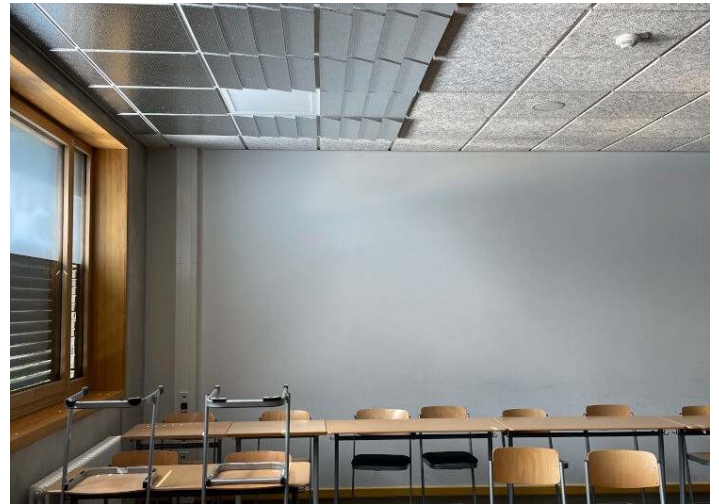
Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP  
Stuttgart, Germany  
www.ibp.fraunhofer.de



(1)

(1) In diesem Büroraum optimieren die im Rahmen von TaHo entwickelten lichtlenkenden Mikrostrukturen den Tageslichteintrag.

*In this office space, the light-directing microstructures developed as part of the TaHo project optimise the amount of daylight entering. (© Fraunhofer IBP)*



(2)

(2) In einer Krefelder Schule kombinierte das Forschungsteam mikrooptische Strukturen im Fassaden-/Fensterbereich und an der Decke des

*In a Krefeld school, the research team combined micro-optical structures in the façade/window area and on the ceiling of the classroom. (© Fraunhofer IBP)*

Mikrooptische Komponenten für Tageslichtnutzung und Sonnenschutz können die Energieeffizienz, Lebenszyklusbilanz und Aufenthaltsqualität in Gebäuden deutlich verbessern. Seit einiger Zeit arbeiten Forscherinnen und Forscher des Verbunds an Möglichkeiten, sie in die Gebäudehülle zu integrieren.

Im Projekt TaHo wurde diese Struktur nun in Scheibenverbundsysteme integriert und in zwei Demonstrationsbauten erprobt. Eine neuartige, im Vorfeld in Laborräumen optimierte Reflektordecke unterstützt die blendfreie Lichtlenkung aus der Fassade. Mit einem Monitoring hat das Forschungsteam die Energieeffizienz und Nutzerakzeptanz bewertet.

Ein weiterer, in der Tageslichtnutzung maßgeblicher baulicher Anwendungsfall ist die natürliche Beleuchtung von Gebäuden über Dachoberlichter und Horizontalverglasungen. Hierfür wurden in einem zweiten Projektteil von TaHo neue mikrooptische Strukturen entwickelt. Diese sollten hinsichtlich Effizienz und möglicher Massenfertigung mit der Struktur für vertikale Fassaden

vergleichbar sein. Eine Kernaufgabe war dabei, das Verhältnis von Tageslichteintrag und Sonnenschutz zu optimieren und durch Entblendung einen hohen visuellen Komfort sicherzustellen.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts präsentiert das Fraunhofer IBP nun im Rahmen der glasstec 2024. Zu sehen ist dort ein Demonstrator, der die Vorteile eines lichtlenkenden Elements aus mikrooptischen Komponenten im Vergleich zu herkömmlichen Fenstern und Jalousien belegt.

*Micro-optical components for daylight utilisation and sun protection allow a significant improvement in energy efficiency, life cycle assessment and occupant comfort in buildings. For some time now, researchers in the network have been working on ways to integrate them into the building envelope.*

*In the TaHo project, this structure has now been integrated into composite pane systems and tested in two demonstration buildings. A new*

*type of reflector ceiling, optimised in advance in laboratories, supports the glare-free light direction. Energy efficiency and user acceptance were evaluated in a monitoring project.*

*Another key architectural application in daylight utilisation is the natural lighting of buildings via skylights and horizontal glazing. New micro-optical structures were developed for this in a second part of the TaHo project. These were intended to be comparable with the structure for vertical façades in terms of efficiency and possible mass production. A key task was to optimise the ratio of daylight entry and solar shading and to ensure a high level of visual comfort by reducing glare.*

*Fraunhofer IBP is now presenting the results of the research project at glasstec 2024, where a demonstrator will be on display showing the advantages of a light-directing element made of micro-optical components in comparison with conventional windows and blinds.*

## SEMISTRANSARENTES PV-FASSADENMODUL

### SEMISTRANSARENT PV MODULE FOR FACADES

Fraunhofer ISE  
Freiburg, Germany  
www.ise.fraunhofer.de



(1)

(1) Hoher Wirkungsgrad und flexible Gestaltung durch Matrix-Schindel-Verschaltung und MorphoColor®-Farbschichten  
*High efficiency and flexible design thanks to matrix shingle interconnection and MorphoColor® layers. (© Luis Eduardo Alanis, Fraunhofer ISE)*



(2)

(2) Beispiel der Farbpalette für die MorphoColor®-Beschichtung  
*Colour options for the MorphoColor® coating (© Andreas Wessels, Fraunhofer ISE)*

Die Integration von semitransparenten Photovoltaikmodulen in große Glasflächen ist ein attraktiver Ansatz zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden. Einerseits erzeugt die Photovoltaik Strom. Andererseits sinkt der Wärmeeintrag ins Gebäude, der sonst aufwendig weggekühlt werden muss. Typische Anwendungsbereiche sind raumhohe Verglasungen von Atrien und Hallen, aber auch Schallschutzwände und Glasdächer.

Das Exponat des Fraunhofer ISE zur glasstec 2024 zeigt die große Gestaltungsfreiheit in Form und Farbe. Die verwendete Matrix-Schindel-Technologie ermöglicht ein flexibles Zell-Layout. Dabei werden schmale Zellstreifen vollautomatisch aufgelegt und mit einem leitfähigen Kleber verschaltet. Es können kostengünstige Standard-Siliziumzellen mit hohem Wirkungsgrad verwendet werden. Die Farbgestaltung erfolgt durch MorphoColor®-Schichten, die auf das Glas aufgebracht werden. Durch die vollflächige Beschichtung ist keine genaue Ausrichtung der Zellmatrix zu den Scheiben nötig. Während von

außen die farbige Erscheinung zutage tritt, bleibt von innen zwischen den Zellen ein klarer Blick nach draußen möglich. Durch die hohe Transmission der MorphoColor®-Schichten lässt sich ein Wirkungsgrad über 90% im Vergleich zu einem Modul ohne Farbschicht erzielen.

*The integration of semi-transparent photovoltaic modules into large glass surfaces represents an attractive approach to improving the energy efficiency of buildings. On the one hand, this generates electricity through photovoltaics. On the other hand, the heat input into the building, which would otherwise have to be cooled at great expense, is reduced. Typical areas of application include floor-to-ceiling glazing in atriums and halls, as well as noise barriers and glass roofs.*

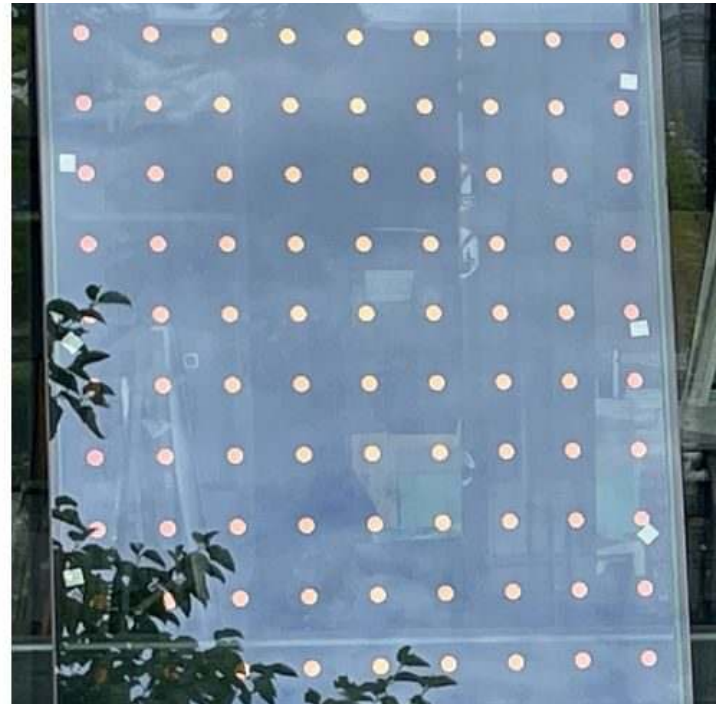
*The exhibit from Fraunhofer ISE for glasstec 2024 demonstrates the great design freedom in terms of shape and colour. The matrix shingle technology used enables a flexible cell layout. Narrow cell strips are applied fully automatically*

*and connected with a conductive adhesive. Cost-effective standard silicon cells with a high degree of efficiency can be used. The colour design is created using MorphoColor® layers, which are applied to the glass. Due to the full-surface coating, no precise alignment of the cell matrix to the panes is necessary. While the coloured appearance is visible from the outside, a clear view of the outside remains possible from the inside between the cells. Due to the high transmission of the MorphoColor® layers, a degree of efficiency in excess of 90% can be achieved in comparison with a module without a coloured layer.*

## TRANSPARENTES VOGELSCHUTZGLAS

### TRANSPARENT BIRD PROTECTION GLAZING

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE  
Freiburg, Germany  
www.ise.fraunhofer.de



Links: Vogelschutzverglasung, von innen gesehen. Die Markierung ist kaum zu erkennen. Rechts: Vogelschutzverglasung, von außen gesehen. Die Markierung wurde im Flugtunneltest in Hohenau als hochwirksam getestet (4% Anflüge).

Left: Bird protection glazing, seen from the inside. The marking is barely recognisable. Right: Bird protection glazing, seen from the outside. The marking was tested as highly effective in the flight tunnel test in Hohenau (4% approaches). (© Thomas Kroyer, Fraunhofer ISE)

Moderne Glasfassaden sowie transparente Lärmschutzwände stellen für Vögel kaum wahrnehmbare Hindernisse dar. So sterben durch Kollisionen mit Glasscheiben nach verschiedenen Schätzungen bis zu 100 Millionen Vögel pro Jahr allein in Europa.

Viele wirksame Vogelschutzmarkierungen basieren auf opaken Streifen oder Punkten. Diese Markierungen wirken allerdings oft störend auf Menschen, die sich im Gebäude befinden. Deshalb hat das Fraunhofer ISE eine Markierung entwickelt, die sowohl wirksam gegen Vogelschlag als auch vom Gebäudeinneren möglichst wenig sichtbar ist.

Das Ergebnis der Entwicklung ist das Exponat zur glasstec 2024: ein Zweifachisolierglas mit transparenter Vogelschutzmarkierung. Die transparente Markierung ist an der Außenseite (Position 1) angebracht. Auf Position 2 befindet sich eine Sonnenschutzschicht. Das Muster wirkt von innen für Menschen sehr unauffällig. Von außen schützt es hingegen äußerst effizient vor Vogelkollisionen. Die Verglasung wurde

bei der Vogelwarte im österreichischen Hohenau als hochwirksam geprüft. Bei Versuchen in einem Flugtunnel steuerten Vögel nur in 4% der Fälle die markierte Testscheibe an. 96% entschieden sich für eine Glasscheibe ohne Vogelschutzmarkierung.

Modern glass façades and transparent noise barriers are almost imperceptible obstacles for birds. According to various estimates, up to 100 million birds die every year in Europe alone as a result of collisions with glass panes.

Many effective bird protection markings comprise opaque stripes or dots. However, these markings are often distracting for people inside the building. Researchers at Fraunhofer ISE have therefore developed a marking that is both effective against bird strikes and as invisible as possible from inside the building.

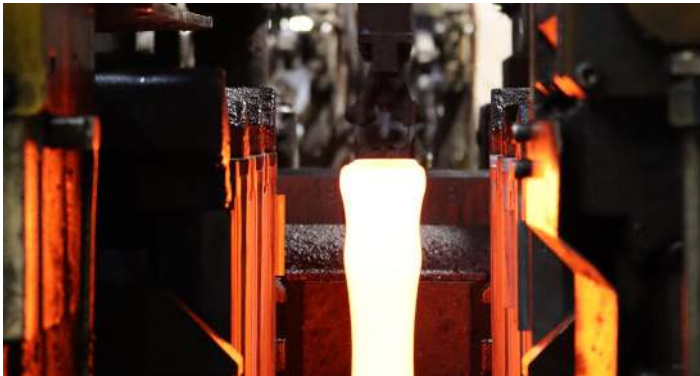
The result of this development is the exhibit shown at glasstec 2024: A double insulating glass unit with transparent bird protection markings. The transparent marking is applied to

the outside of the glass unit (position 1). There is a solar control layer at position 2. The pattern looks very inconspicuous to people on the inside. From the outside, however, it provides extremely effective protection against bird strikes. The glazing was tested as highly effective at the bird observatory in Hohenau, Austria. when tested in a flight tunnel, birds only headed for the marked test pane in 4% of cases. 96% opted for a glass pane without bird protection markings.

## 90% WENIGER CO2-EMISSIONEN

90% LESS CO2 GENERATED

Glass Futures Ltd.  
St Helens, Merseyside, England  
[www.glass-futures.org](http://www.glass-futures.org)



(1)



(2)



(3)

- (1) Gemeinsam mit dem Behälterglashersteller Encirc hat Glass Futures die Nutzung von flüssigem Biobrennstoff im Glasschmelzofen getestet.  
*Working with the container glass manufacturer Encirc, Glass Futures has tested the use of liquid biofuel in a glass smelting furnace. (© Glass Futures Ltd)*
- (2) Zur glasstec 2024 stellt Glass Futures je zwei konventionelle und zwei mit CO<sub>2</sub>-reduziertem Brennstoff hergestellte Glasflaschen aus. Optisch sind sie nicht voneinander zu unterscheiden.  
*At glasstec 2024, Glass Futures will be exhibiting two conventional glass bottles and two glass bottles produced using CO<sub>2</sub>-reduced fuel. Visually, they are indistinguishable from each other. (© Glass Futures Ltd)*
- (3) Glasherstellung bei Pilkington in St. Helens: Erstmals wurde dort 100% Biokraftstoff verwendet.  
*Glass production at Pilkington in St Helens: 100% biofuel was used there for the first time. (© Glass Futures Ltd)*

Im Rahmen einer Initiative unter der Leitung von Glass Futures hat Encirc den Einsatz von flüssigem Biobrennstoff in einem seiner Glasschmelzöfen am Standort Derrylin getestet. Auf diese Weise sind die nachhaltigsten Glasflaschen der Welt entstanden. Vier Exemplare werden zur glasstec 2024 ausgestellt: je zwei Diageo Black & White Scotch-Whiskyflaschen und zwei Heineken-Bierflaschen. Sie sehen identisch aus, doch eine Flasche jedes Typs hat bei der Herstellung 90% weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht als die andere.

In einem anderen von Glass Futures geleiteten Projekt hat Pilkington United Kingdom Limited, als erster Flachglashersteller seinen Glasschmelzofen mit 100% Biokraftstoff befeuert, um nachhaltige Alternativen zu Erdgas zu erproben. Auch ein Ergebnis dieser Kooperation ist im Rahmen der glasstec 2024 zu sehen. Die gezeigten Beispiele für Behälter und Flachglas veranschaulichen erfolgreiche Wege zur Umstellung des Glassektors auf kohlenstoffarme Brennstoffe mit geringerem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

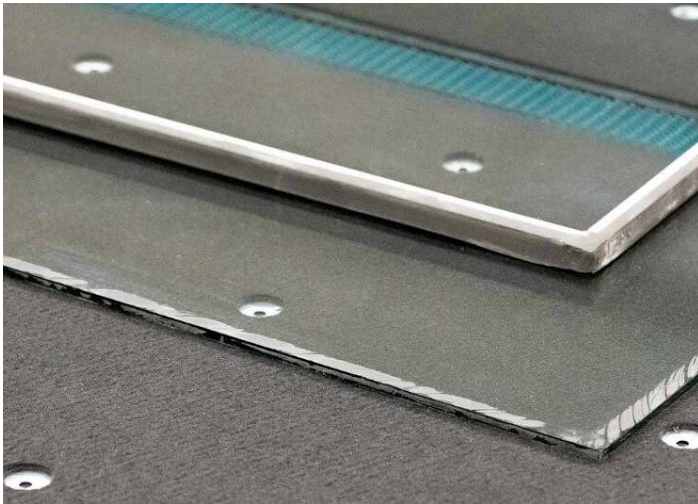
*As part of an initiative led by Glass Futures, Encirc trialled the use of liquid biofuel in one of its glass smelting furnaces at its Derrylin site. This produced the most sustainable glass bottles in the world. Four examples will be on display at glasstec 2024: two Diageo Black & White Scotch whisky bottles and two Heineken beer bottles. They look identical, but one bottle of each type generated 90% less CO<sub>2</sub> during production than the other.*

*In another project led by Glass Futures, Pilkington United Kingdom Limited, part of the NSG Group, became the first flat glass manufacturer to fire its glass smelting furnace with 100% biofuel to trial sustainable alternatives to natural gas. One result of this cooperation can also be seen at glasstec 2024. The examples shown for container and flat glass illustrate successful ways of converting the glass sector to low-carbon fuels and thus generating a smaller carbon footprint.*

## ISOLIERGLASSCHEIBEN RECYCLINGGERECHT ZERLEGEN

### DISASSEMBLING INSULATING GLASS PANES FOR RECYCLING

Hegla GmbH & Co. KG  
Beverungen, Germany  
www.hegla.de



(1)



(2)

(1) Mit der neuartigen IG2Pieces-Anlage wird das saubere und sortenreine Trennen von Isoliergläsern ermöglicht.  
*The innovative IG2Pieces system enables the clean separation of insulating glass units. (© HEGLA GmbH & Co. KG)*

(2) Bei HEGLA stand der ressourcenschonende und wirtschaftliche Umgang mit gebrauchtem Isolierglas im Mittelpunkt der Entwicklung von IG2Pieces.  
*At HEGLA, processing used insulating glass using a resource-conserving and economically efficient method was the focus of the IG2Pieces development. (© HEGLA GmbH & Co. KG)*

Lange Zeit waren Mischglasbehälter die gängige Variante der Glasentsorgung. Mittlerweile jedoch ist die Gesellschaft sich der Notwendigkeit von mehr Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Energiekosten und Zertifizierung bewusst. Mit dem IG2Pieces-System hat HEGLA ein Maschinenkonzept entwickelt, das die sortenreine Trennung von Isolierglas in einzelne unbeschädigte Komponenten ermöglicht, um diese in einem nachgelagerten Prozess wiederzuverwenden oder zu recyceln.

Ressourcenschonung und Wirtschaftlichkeit standen bei der Entwicklung von IG2Pieces im Vordergrund. Ein neu entwickeltes, schnelles und rückstandsarmes Trennverfahren automatisiert die bisher überwiegend manuelle Arbeit. Sind die Scheiben einmal fachgerecht zerlegt, bringt das Recycling oder die Wiederverwendung einen finanziellen Mehrwert gegenüber unbearbeiteten gebrauchten Isolierglaseinheiten. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind positiv: Die Scheiben werden in die Floatwanne zurückgeführt, um den Materialkreislauf zu schlie-

ßen und die hohe Qualität des Rohmaterials zu erhalten. Zudem verursacht ein Kilogramm Floatglas, das aus Altglas hergestellt wird, rund 0,3 kg weniger CO<sub>2</sub> als das klassische Glasgemisch. Neben dem sortenreinen Recycling ist die Wiederverwendung unbeschädigter Scheiben eine Option, die die Recyclingquote erhöht. Insbesondere bei neu produzierten, großflächigen und hochwertigen Isolierglaseinheiten bringt die Trennung und Reparatur finanzielle Vorteile.

*For many years, mixed glass containers were the go-to variant for glass disposal, but society is now aware of the need for more sustainability, climate protection, energy cost and certification. In its IG2Pieces system, HEGLA has developed a machine concept that enables the separation of insulating glass into individual undamaged components in order to reuse or recycle them in a downstream process. Resource conservation and economic efficiency were the focus of the IG2Pieces development. A newly developed separating process that is fast*

*and creates minimal material residue automates the work, which until now was primarily manual. In conjunction with the fully automated determination of the structure of the insulating glass unit, IG2Pieces supports a very high level of productivity. Once panes have been professionally disassembled, recycling or reusing them brings financial added value in comparison with unprocessed used IG units. The impact on the environment is positive: The panes are returned to the float tank to close the material cycle while preserving the high quality of the raw material. Furthermore, one kilogram of float glass that is produced from used glass generates around 0.3 kg less CO<sub>2</sub> than the classic glass mixture. Alongside type-specific recycling, the reuse of undamaged panes is an option that increases the recycling rate. Especially for newly produced, large-surface and high-quality insulating glass units, separation and repair generates advantages from a financial viewpoint.*

## GLASTRICHTER IM HISTORISCHEN ALTBAU

### GLASS FUNNEL IN A HISTORIC BUILDING

Josef Gartner GmbH  
Gundelfingen, Germany  
www.josef-gartner.de



(1)

(1) Mock-up eines gebogenen Fassadenelements für die Innenfassade des Pathé Capucines in Paris.

*Mock-up of a curved facade element for the interior facade of the Pathé Capucines in Paris (© Josef Gartner GmbH)*



(2)

(2) Die Pfosten und Riegel, die die teils gebogenen Glasscheiben halten, werden an einer Sekundärkonstruktion aus hell lackiertem Stahl befestigt.

*The mullions and transoms, which hold the partially curved glass panes, are attached to a secondary structure made of brightly painted steel. (© Josef Gartner GmbH)*

Pathé Capucines ist ein alter Theaterkomplex im Herzen von Paris, nur wenige hundert Meter vom Opernhaus Garnier entfernt. Die Bauherrin „Les Cinémas Gaumont Pathé“ hatte durch eine Zusammenlegung mehrerer Grundstücke die seltene Gelegenheit, die Immobilie im Herzen von Paris neu zu gestalten. Dabei entstehen neue Kinoräume sowie Büros für den zukünftigen Hauptsitz der Firma Pathé.

Die Pläne von Renzo Piano Building Workshop Paris sahen eine komplette Entkernung des Gebäudes vor. Die Läden, deren heterogener Aufbau den Gesamteindruck der Fassade gestört hatte, wurden modifiziert, um die Fassade wieder in ihre ursprüngliche Ordnung zu bringen. Die neue Fassade schafft eine optische Durchlässigkeit zum hinteren Teil des Grundstücks und öffnet das Gebäude zur Stadt. Es lädt den Besucher ein, das große Glasatrium zu betreten: „La Piazza“, einen Platz im Inneren des Ensembles. Das zentrale Element in diesem rund 300 m<sup>2</sup> großen Raum bildet ein Kegel aus Glas und Licht, mit dessen Ausführung Gartner beauf-

tragt wurde.

Die knapp 1.200 m<sup>2</sup> umfassende Innenfassade des 29 m hohen Atriums besteht aus Glas und Stahl. Die Pfosten und Riegel, die die teils gebogenen Glasscheiben halten, sind an einer Sekundärkonstruktion aus hell lackiertem Stahl befestigt. Die statischen Gurte der abgehängten Konstruktion wurden ebenfalls als leichte Stahlelemente in einer hellen Farbe gestaltet. Der obere Teil des Atriums ist mit mechanischen Rauchabzügen ausgestattet.

*Pathé Capucines is an old cinema complex in the heart of Paris, just a few hundred metres from the Garnier Opera House. The developer "Les Cinémas Gaumont Pathé" had the rare opportunity to redevelop the property in the heart of Paris through a land association. New cinemas and offices for the future headquarters of Pathé are being built.*

*The plans by Renzo Piano Building Workshop Paris envisaged a complete gutting of the building. The storefronts, whose heterogeneous struc-*

*ture had disturbed the overall impression of the facade, were modified in order to restore the facade to its original order. The new facade creates a visual permeability to the rear of the property and opens the building up to the city. It invites visitors to enter the large glass atrium: "La Piazza", a square inside the ensemble. The central element in this 300 m<sup>2</sup> space is a cone of glass and light, which Gartner was commissioned to create.*

*The interior facade of the 29 m tall atrium, which covers almost 1,200 m<sup>2</sup>, is made of glass and steel. The mullions and transoms that hold the glass panes, some of which are curved, are attached to a secondary structure made of brightly painted steel. The static chords of the suspended construction are also designed as lightweight steel elements in a light colour. The upper part of the atrium is equipped with mechanical smoke extractors.*

## VORHANGFASSADE AUS STEIN-GLAS-LAMINAT

### CURTAIN WALL MADE OF STONE-GLASS LAMINATE

Josef Gartner GmbH  
Gundelfingen, Germany  
www.josef-gartner.de



(1)



(2)



(3)

- (1) Der lebhaft gemaserte Marmor verleiht der Fassade des Perelman Performing Arts Center ihre einzigartige Ästhetik.  
*The vividly veined marble gives the façade of the Perelman Performing Arts Center its unique aesthetic. (© Iwan Baan)*
- (2) Jede der knapp 5000 Marmorplatten wurde einzeln fotografiert. Auf dieser Basis entwarfen die Architekten das Fassadenbild für den Neubau.  
*Each of the almost 5,000 marble slabs was photographed individually. On this basis, the architects designed the façade for the new building. (© Iwan Baan)*
- (3) Die Stein-Glas-Laminat wurden zu 1280 Fassadenelementen zusammengefasst und auf einer Stahl-Unterkonstruktion montiert.  
*The stone-glass laminates were combined into 1,280 façade elements and mounted on a steel substructure. (© Iwan Baan)*

Das Perelman Performing Arts Center (PAC NYC) befindet sich auf dem Gelände des World Trade Center in Manhattan, direkt gegenüber dem 9/11 Memorial und dem One World Trade Center. Das 42 m hohe kubische Gebäude wurde mit einer einzigartigen, transluzenten Glasfassade aus portugiesischem Marmor ausgestattet. Bei Tag sieht die Fassade wie ein massiver Steinblock aus, bei Nacht wird sie von innen beleuchtet und strahlt ein warmes Licht aus. Das Design-Konzept von REX in New York sieht eine spezielle Anordnung der Fassadenelemente vor, alle vier Seiten des Würfels sollen am Ende ähnlich aussehen.

Der Marmor des PAC NYC stammt aus einem Steinbruch in Portugal. Nach Freigabe der Marmor-Steinblöcke im Steinbruch durch die Architekten wurden diese vom Steinbruch an den Steinbearbeiter gesendet. Dort wurden die Marmorquader zu Steinplatten mit einer Größe von 1.483 mm x 873 mm x 12 mm geschnitten. Die fragilen Steinplatten sind mit Epoxidharz beschichtet. Dies war notwendig, um die Poren

im Stein auszufüllen und die Steinplatten dadurch stabiler für den Transport zu machen. Nach dem Trocknen wurden die Steinplatten unter Verwendung eines EVA-Interlayers zwischen zwei 5 mm VSG-Scheiben einlamiert und schließlich zu einem mehr als 50 mm dicken Isolierglas zusammengefügt. Alle Scheiben sind mit einem sogenannten „Picture Frame“ versehen. Dabei handelt es sich um einen Aluminiumrahmen, der das Steinglas einfasst und es ermöglicht hat, dieses ins Fassadenelement einzubauen.

*The Perelman Performing Arts Center (PAC NYC) is located at the World Trade Center site in Manhattan, across the street from the 9/11 Memorial and One World Trade Center. The 42-m high, cube-shaped building features a one-of-a-kind translucent glass façade made of Portuguese marble. During the day, the façade appears to be solid stone, while at night, the façade is lit from within, emitting a warm glow that is visible from afar. The design concept of*

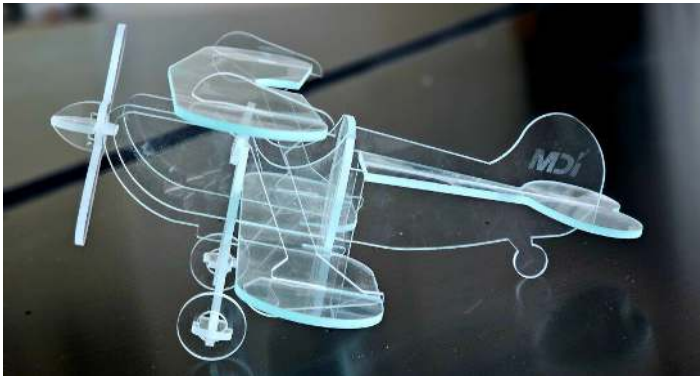
*REX in New York features a special arrangement of the façade elements; all four sides of the cube should ultimately look similar.*

*The marble used in the PAC NYC comes from a quarry in Portugal. After the marble blocks were quarried and approved by the architect, they were sent from the quarry for processing. There, the marble blocks were cut into stone panels 1,483 mm x 873 mm x 12 mm in size. The fragile stone panels were coated with epoxy resin. This was necessary to fill in the pores in the stone, making the stone panels more stable for transportation. Once dry, the stone panels were laminated between two 5-mm thick panes of glass using an EVA interlayer. They were then joined together into double glazed units more than 50 mm thick. All panes were fitted with a so-called "picture frame", an aluminium frame around the stone and glass which made it possible to install it in the façade unit.*

## GELASERTE GLASBAUTEILE

### LASERED GLASS COMPONENTS

MDI Advanced Processing GmbH  
Mainz, Germany  
www.mdi-ap.com



(1)



(2)



(3)

- (1) Modellflugzeug mit aus Glas gelaserten Einzelteilen  
*Model aeroplane with individual parts laser-cut from glass (© MDI GmbH)*
- (2) Gelasertes Bauteil mit Fasen und Auschnitten  
*Component with chamfer and cutouts (© MDI GmbH)*
- (3) Durch Lasertechnik erstelltes Bedienpanel  
*Control panel created using laser technology (© MDI GmbH)*

Mit den Lasern der MDI Advanced Processing GmbH lassen sich Gläser schneiden, bohren, strukturieren oder markieren. Im Bausektor werden die Anlagen unter anderem für die Bohrung von Vakuumisolierrgläsern eingesetzt. Die Löcher, die benötigt werden, um das Vakuum zu erzeugen, haben spezielle Formen, durch die sie sich anschließend wieder dauerhaft verschließen lassen. Mit konventionellen Methoden sind solche Lochformen in der Regel nicht machbar. Die Exponate auf der glass technology live 2024 zeigen, dass darüber hinaus noch viele weitere Anwendungen im Glasbereich denkbar und möglich sind. Beispielhaft steht dafür ein Glasflugzeug, das die Präzision und Vielseitigkeit der Lasertechnologie demonstriert. Weitere Muster zeigen, wie sich komplexe Formen, Kerben und Details erzeugen lassen.

Die Konturen werden aus dem CAD-Programm an den Laser übertragen und dann von diesem ohne Werkzeugwechsel oder Ausfallzeiten umgesetzt. Mit der Technologie lassen sich auch kleinste Radien und Durchmesser bis 0,1 µm ver-

wirklichen. Weitere Vorteile sind laut der MDI Advanced Processing GmbH neben der Formenvielfalt das saubere und trockene Verfahren, die hohe Produktivität, der geringe Energieverbrauch sowie die niedrigen Betriebskosten.

*The lasers from MDI Advanced Processing GmbH can be used to cut, drill, structure or mark glass. In the construction sector, the systems are used for drilling vacuum insulation glass, among other things. The holes with the special moulds are required to create the vacuum and then to be able to close them again permanently. Such hole shapes are generally not feasible using conventional methods.*

*The exhibits at glass technology live 2024 show that many other applications in the glass sector are conceivable and possible. One example of this is a glass aeroplane that demonstrates the precision and versatility of laser technology. Other samples show how complex shapes, notches and details can be created.*

*The contours are transferred from the CAD pro-*

*gram to the laser and then implemented by the laser without tool changes or downtime. Even the smallest radii and diameters down to 0.1 µm can be created using this technology. According to MDI Advanced Processing GmbH, other advantages include the variety of moulds, the clean and dry process, high productivity, low energy consumption and low operating costs.*

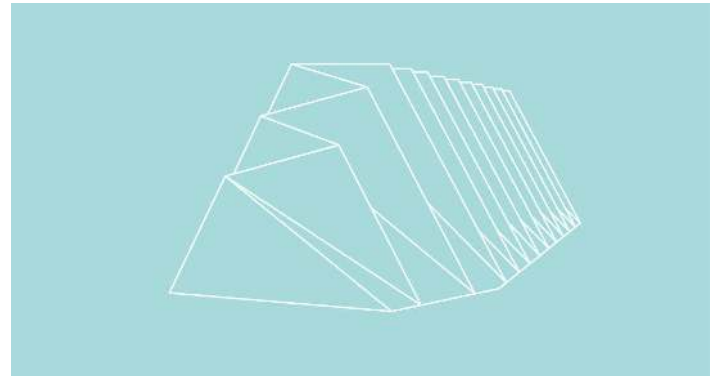
## HOMMAGE AN DIE GLETSCHERLANDSCHAFT ISLANDS

### A HOMAGE TO ICELAND'S GLACIAL LANDSCAPE

NorthGlass, [www.northglass.com](http://www.northglass.com)  
 Eckersley O'Callaghan, [www.eocengineers.com](http://www.eocengineers.com)  
 TU Delft, [www.tudelft.nl](http://www.tudelft.nl)



(1)



(2)



(3)

- (1) Viel Glas, nur wenig Metall und äußerste Transparenz – diese drei Eigenschaften zeichnen den Glacier Glass Pavilion aus.

*High clarity glass, transparent novel bonding, meticulous engineering solution – these three features characterise the Glacier Glass Pavilion. (© Eckersley O'Callaghan)*

- (2) Der Glacier Glass Pavilion nahm seinen Anfang als Forschungsinitiative der TU Delft. Dort entstand auch dieses Entwurfsdiagramm der gefalteten Glaskonstruktion.

*The Glacier Glass Pavilion began as a research initiative at TU Delft aimed at exploring the geometric versatility of glass structures. (© TU Delft)*

- (3) Die Bestandteile des Glaspavillons wurden von NorthGlass auf speziell angefertigten Unterkonstruktionen montiert und miteinander verklebt.

*The components of the glass pavilion have been assembled and bonded together by NorthGlass using customised moulds. (© NorthGlass)*

Der Glacier Glass Pavilion ist fünf Meter hoch und hat eine Grundfläche von 6,5 x 5,8 Metern. Inspiriert von der Landschaft Südislands erinnert er an Berge, Gletscher und Eisberge. Die umgekehrte V-Form des Pavillons besteht aus zehn dreieckigen, V-förmig gefalteten Glasmodulen, die transparent miteinander verbunden sind. Die Glasscheiben stehen jeweils mit einer Ecke auf dem Boden. An ihrem Scheitelpunkt sind sie zickzackförmig miteinander verzahnt und durch ein Edelstahlprofil miteinander verbunden.

Das Projekt geht auf eine Forschungsinitiative der TU Delft zurück und hatte zum Ziel, die geometrische Vielseitigkeit von Glasstrukturen zu erforschen. Eckersley O'Callaghan verfeinerte das Konzept und schuf eine innovative, auf das Notwendigste reduzierte Konstruktion mit transparenten Verbindungen, die den Einsatz von Stahl und Glas minimiert. Der richtige transparente Klebstoff sorgt dafür, dass die V-förmig gefalteten Module als zusammenhängende Baugruppen funktionieren. Kömmerling Kör-

apop wurde aufgrund seiner Festigkeit und Flexibilität ausgewählt. NorthGlass führte die Herstellung, Verklebung und Installation mit fortschrittlichen Technologien durch. Durch präzises Schleifen und Polieren der Kanten im CNC-Zentrum von NorthGlass wurde eine um 22,6 Grad abgeschrägte Kante mit einer abgerundeten R10-Ecke geschaffen, die Spannungskonzentrationen vermeidet und die Ästhetik verbessert.

*The Glacier Glass Pavilion stands 5 metres tall with a 6.5 x 5.8-metre footprint. Inspired by southern Iceland's landscape, it evokes mountains, glaciers and icebergs. The pavilion's inverted V-shape consists of 10 triangular V-folded glass modules, bonded transparently. The vertices stagger at floor level, interlocking at the apex, and are connected by a stainless steel top plate.*

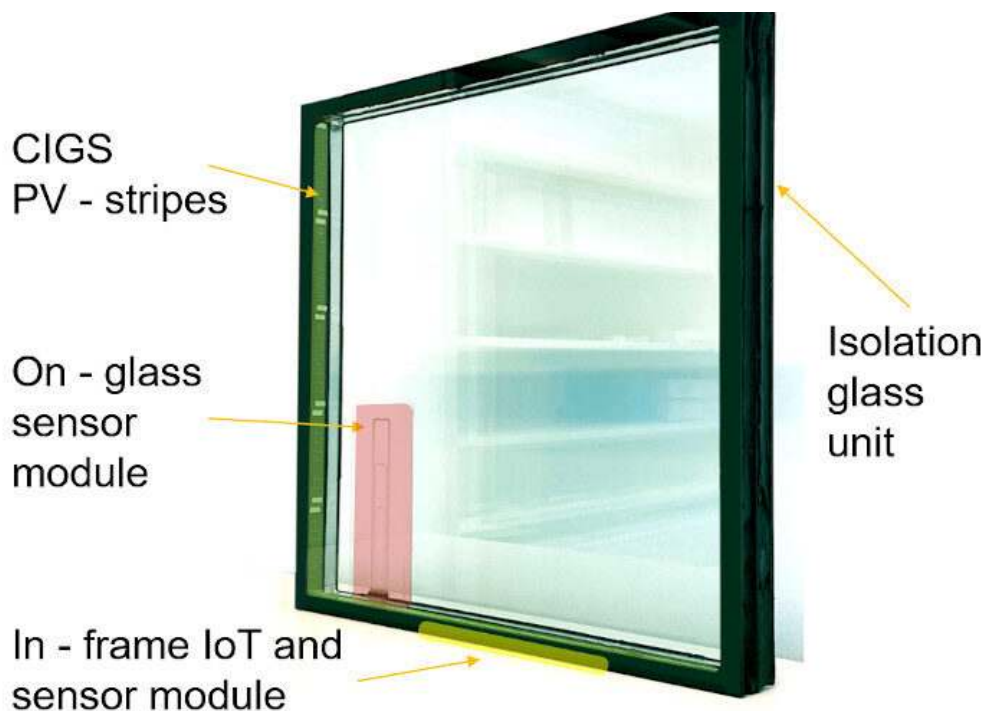
*Starting out as a TU Delft research initiative, the project aimed to explore the geometric versatility of glass structures. Eckersley O'Callaghan refined*

*the concept, creating an innovative, rigorously engineered assembly with transparent bonds, reducing steel fixings and glass usage. The right transparent adhesive ensured the V-folded modules worked as cohesive assemblies. Kömmerling Körapop was chosen for its strength and flexibility. NorthGlass executed fabrication, bonding and installation with advanced technologies. Precision edge grinding and polishing at NorthGlass' CNC centre created a 22.6-degree bevelled edge with an R10 rounded corner, eliminating stress concentration and enhancing aesthetics.*

## SMART-WINDOW-DEMONSTRATOR

### SMART WINDOW DEMONSTRATOR

Profactor GmbH  
Steyr-Gleink, Austria  
www.profactor.at



Demonstrator Intelligentes Fenster: Isolierglaseinheit mit Energiegewinnung und Sensoren.

*Smart Window Demonstrator: Insulating glass unit with energy recovery and sensors. (© Profactor GmbH)*

Die Städte der Zukunft sind auf die Integration von intelligenten Fenstern in Gebäuden angewiesen, um eine hohe Lebensqualität zu gewährleisten und gleichzeitig so viel Energie und Ressourcen wie möglich zu sparen. Als derjenige Teil des Gebäudes, der mit der Außenwelt interagiert, sind die Fenster für mehr als 50% der gesamten Energieverluste verantwortlich.

Zur glasstec 2024 stellt das Smart-Win Konsortium den Demonstrator eines neuen intelligenten Fensters vor, das das Potenzial für das Gebäudemanagement aufzeigen soll. Das energieautarke Fenster steuert nicht nur die Sonnendurchlässigkeit durch Beschattung, sondern bietet auch eine Reihe zusätzlicher Funktionen wie Gesundheitsmanagement, Energiegewinnung und Gebäudekonnektivität. Es umfasst Energieerzeugung und -speicherung sowie verschiedene Sensoren, die als Schnittstelle zwischen dem Gebäude, den Bewohnern und der Umwelt dienen.

CIGS-Dünnschicht-Solarzellen sind in das Verbundglas des Demonstrators integriert und ver-

sorgen dieses mit Energie. Hinzu kommen Lichtleitfolien für eine höhere Energieausbeute, verschiedene integrierte Sensoren im Rahmen und auf dem Glas, sowie eine Schnittstelle mit IoT (BLE). Schlüsseltechnologien werden derzeit von den Projektpartnern Almendo Technologies (bluSensor), Bartenbach, Profactor, Sunplugged sowie Green Town Tech. und der Tianjin University im Rahmen des österreichisch-chinesischen Forschungsprojektes SmartWIN (#891144) entwickelt.

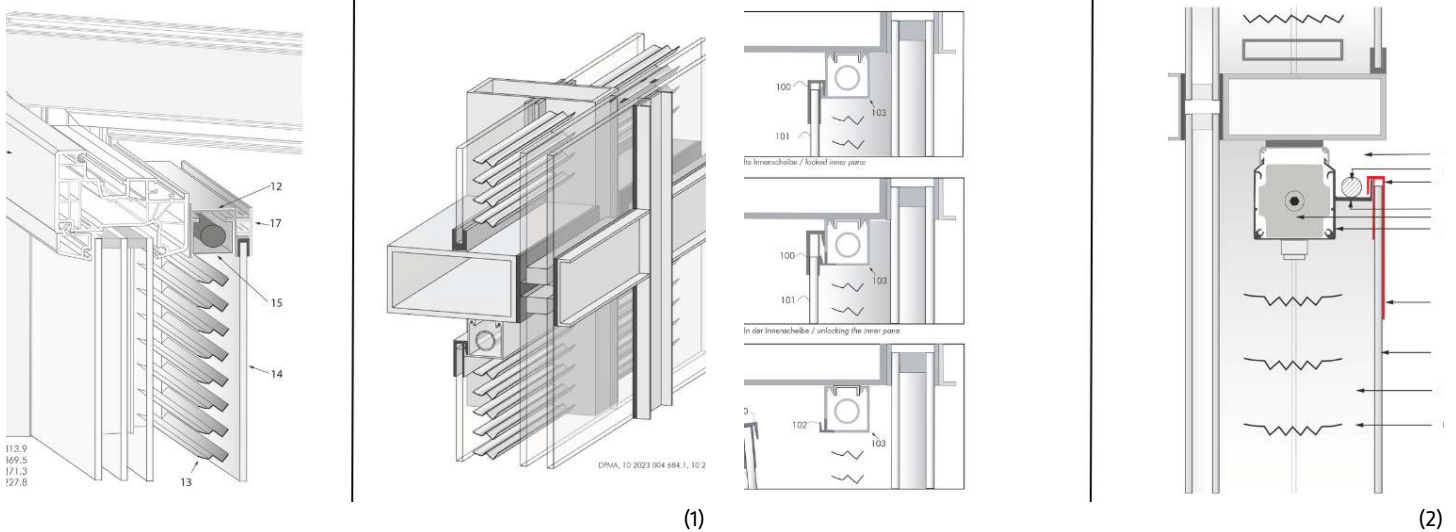
*The smart cities of the future will depend on the integration of smart or intelligent windows into buildings to ensure a high quality of living while conserving as much energy and resources as possible. As an element of the building that interacts with the outside, windows are responsible for more than 50% of the total energy losses in comparison with other structures in the building. At glasstec 2024, the Smart-Win consortium will be presenting the demonstrator of a new smart window that shows the potential for building*

*management. Not only can the energy self-sufficient window control solar transmission with shading, but it also provides a range of additional functions such as health management, energy recovery and building connectivity. It includes energy generation and storage as well as various sensors which act as an interface between the building, its occupants and the environment.*

*CIGS thin-film solar cells are integrated into the laminated glass of the demonstrator for energy recovery. There are light-conducting films to increase energy recovery efficiency, various integrated sensors in the frame and on the glass surface combined with IoT (BLE). Key technologies are currently being developed by partners Almendo Technologies (bluSensor), Bartenbach, Profactor and Sunplugged as well as Green Town Technology Industry and Tianjin University as part of the Austro/ Chinese research project SmartWIN (#891144).*

## SONNENSCHUTZSYSTEME HINTER GLAS

### SOLAR SHADING SYSTEMS BEHIND GLASS



(1) Links: Das Tageslichtlenksystem wird beim Smart Window hinter einer äußeren Prallscheibe eingebaut. Rechts: Eine schnell zu montierende Innenscheibe, die als innerer Abschluss eines Blend- oder Sonnenschutzes dienen kann. *Left: In the Smart Window, the daylight control system is installed behind an external baffle pane. Right: A quick-to-install inner pane, which can be used as an inner closure for glare or sun protection, is the hallmark of the double-skin façade. (© Köster Lichtplanung)*

(2) Links: Die Abbildungen zeigen die Ver- und Entriegelung der Vorsatzscheibe der doppelschaligen Fassade. Rechts: Durch die Innenverglasung entsteht eine Fassadenkavität für die Jalousie aus 75 mm breiten RetroLux-Lamellen. *Left: The illustrations show the locking and unlocking of the facing pane of the double-skin façade. Right: The internal glazing creates a façade cavity for the blinds made from 75-mm wide RetroLux slats. (© Köster Lichtplanung)*

Zwei Ausstellungsstücke präsentiert das Unternehmen RetroSolar in Kooperation mit Köster Lichtplanung auf der glasstec 2024. Bei dem sogenannten Smart Window wird hinter einer äußeren Prallscheibe ein Tageslichtlenksystem eingebaut. Die Jalousiekopfschiene (15) ist unsichtbar als Einschiebling in den Vorsatzrahmen (12) integriert, ohne den Glasausschnitt des Fensters zu reduzieren. Der Vorteil ist die geschützte Kavität zum Einbau hochwertigster Spiegel-Lichtlenksysteme (13), die deutlich mehr leisten als der übliche außenliegende Sonnenschutz. Diese Fensteroptimierung eignet sich für Neubauten sowie für die Sanierung bestehender Fenster (10). Sie ermöglicht g-Werte kleiner 0,05 bei horizontaler Lamellenlage und hohem sommerlichem Sonneneinfall sowie eine Verbesserung des U-Werts und der Durchsicht. Die Besonderheit der doppelschaligen Fassade ist eine schnell zu montierende Innenscheibe. Befestigt wird sie mittels Verankerung über die Verriegelungsschiene (100), die über die obere Stirnkante der Innenscheibe (101) gleitet und in

ein Hakenprofil (102) einer Jalousiekopfschiene (103) einhakt. Unten sitzt die Scheibe über eine u-förmige Dichtung auf dem Rahmenprofil auf. Auch an den Längskanten wird ein u-förmiges Gummiprofil eingesetzt, das seitlich an die Pfosten geschoben wird und die Kavität (105) abdichtet. Warme, feuchte Luft wird bei Sonneneintrag nach oben ausgetrieben. Als Sonnen- und Blendschutzmaßnahme empfiehlt RetroSolar eine RetroLux-Tageslichtjalousie mit 25 mm oder 75 mm Lamellenbreite, die die Arbeits- und Beschattungsfunktionen in horizontaler Lamellenlage gewährleistet und den Tageslichteintrag sowie die Durchsicht nach außen sichert.

*RetroSolar is presenting two exhibits in cooperation with Köster Lichtplanung at glasstec 2024. In the Smart Window, a daylight control system is installed behind an external baffle pane. The blind headrail (15) is invisibly integrated into the add-on frame (12) without reducing the glass cut-out of the window. The advantage is the pro-*

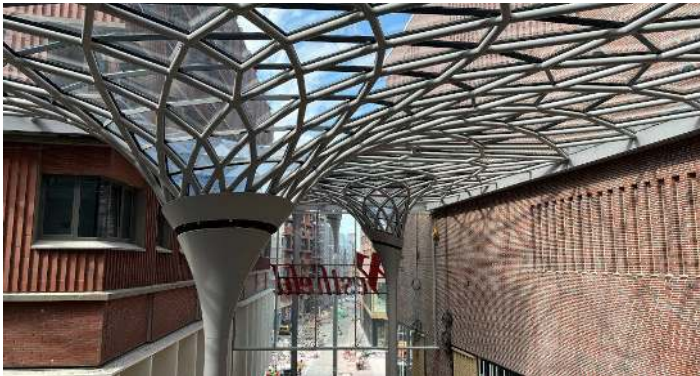
RETRO Solar  
Gesellschaft für Tageslichtsysteme mbH  
Kirn, Germany  
www.retrosolar.de

*tected cavity for the installation of high-quality mirror light control systems (13), which perform significantly better than the usual external sun protection. This window optimisation is suitable for new buildings as well as for the renovation of existing windows (10) and enables g-values of lower than 0.05 with horizontal slats and high summer sunlight incidence as well as an improvement in the U-value and transparency. The key design feature of the double-skin façade is the patented rapid installation of an inner pane. It is fixed by anchoring via the locking rail (100), which slides over the upper front edge of the inner pane (101) and hooks into a hook profile (102) of a louvre head rail (103). At the bottom, the pane sits on the frame profile via a U-shaped seal. A U-shaped rubber profile is also used on the long edges, which is pressed against the sides of the posts and seals the cavity (105). Warm, humid air is expelled upwards when the sun enters.*

## KNOTENPUNKTE FÜR GLASDACH

### NODAL POINTS FOR GLASS ROOF

Roschmann Group, [roschmann.group/de](http://roschmann.group/de)  
Werner Sobek AG (Architektur)  
Unibail Rodamco Westfield (Bauherr)



(1)



(2)



(3)

(1) Das weitläufige Glasdach im Hamburger Überseequartier wird nach einem Entwurf von Werner Sobek Ingenieure verwirklicht. Die Knotenpunkte der Konstruktion entwickelte die Roschmann Gruppe.

*The extensive glass roof in Hamburg's Überseequartier is being constructed according to a design by Werner Sobek Ingenieure. The nodes in the construction were developed by the Roschmann Group. (© Andreas Fröhlich / Roschmann Group)*

(2) Für das Dach wurden über 200 Tonnen Glas verbaut. Zusammengehalten wird das filigrane Gewebe aus Metall und Glas unter anderem von fast 4600 unterschiedlichen Stahlknoten. *More than 200 tonnes of glass were used for the roof. The filigree mesh of metal and glass is held together by almost 4600 different steel nodes, among other things. (Andreas Fröhlich / Roschmann Group)*

(3) Grundlage für die Planung und Ausführung des Daches war ein parametrischer Optimierungs- und Entwicklungsprozess.

*A parametric optimisation and development process formed the basis for the planning and design of the roof. (© Andreas Fröhlich / Roschmann Group)*

Im Herzen des Hamburger Überseequartiers wird nach einem Entwurf von Werner Sobek Ingenieure ein gewelltes Glasdach verwirklicht. Die Knotenpunkte der weitläufigen Konstruktion, die durch ihre außergewöhnliche Geometrie und die filigrane Gestaltung besticht, entwickelte die Roschmann Gruppe.

Über den Straßen, Wegen und Plätzen des neuen Stadtquartiers erstrecken sich 213 Tonnen Glas mit 8535 individuell geformten, drei-, vier- und fünfeckigen Glasscheiben. Sie schaffen einen lichten, aber geschützten Raum und verleihen dem Bauwerk eine beeindruckende Leichtigkeit. Das transparente Dach sorgt für eine hohe Aufenthaltsqualität sowie ein einzigartiges Raumerlebnis.

Das filigrane Gewebe aus Metall und Glas integriert 4592 unterschiedliche Stahlknoten. Sie wurden aus 315 Tonnen Rohmaterial gefräst und bilden das Herzstück der Konstruktion. Die im Fräsprozess anfallenden Späne wurden dem Materialkreislauf wieder zugeführt und dienen als Zutat für neue Legierungen.

Zwischen den Knoten bilden 8994 Stahlstangen mit einer Gesamtlänge von 7.500 Metern einen Verbund, der die Struktur stabilisiert. 6000 präzise geschweißte Verbindungen fügen die einzelnen Elemente zu einem komplexen Ganzen zusammen. Gefräste Aluminiumknoten ergänzen die Stahlkonstruktion und dienen zusammen mit Aluminiumprofilen als Glasauflager. In einem parametrischen Optimierungs- und Entwicklungsprozess wurden alle Einzelteile zusammengeführt, um eine Symbiose aus Materialeinsatz, Stabilität und Transparenz zu schaffen.

*In the heart of Hamburg's Überseequartier, a corrugated glass roof is being constructed according to a design by Werner Sobek Ingenieure. The Roschmann Group developed the nodes for the extensive structure, which is characterised by its unusual geometry and filigree design.*

*The roads, walkways and squares of the new urban quarter are covered by 213 tonnes of glass with 8535 individually shaped triangular, quad-*

*angular and pentagonal glass panes. They create a light but sheltered space and lend the building an impressive lightness. The transparent roof blurs the boundaries between inside and outside and ensures a high-quality and unique spatial experience.*

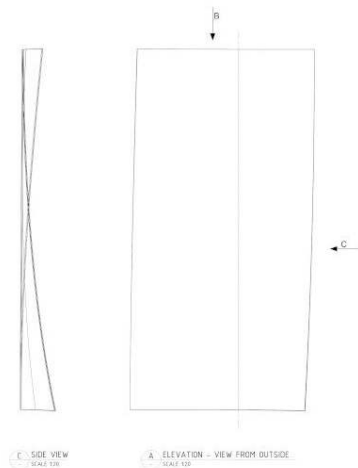
*The filigree mesh of metal and glass integrates 4592 different steel nodes. They were milled from 315 tonnes of raw material and form the heart of the structure. The chips produced during the milling process were fed back into the material cycle as ingredients for new alloys.*

*Between the nodes, 8994 steel rods with a total length of 7500 metres form a construction that stabilises the structure. 6000 precisely welded connections join the individual elements together to form a complex whole. Milled aluminium nodes complement the steel structure and, together with aluminium profiles, serve as glass supports. All the individual parts were brought together in a parametric optimisation and development process to create a symbiosis of material use, stability and transparency.*

## MEHRFACH GEBOGENES, THERMISCH VORGESpanNTES GLAS

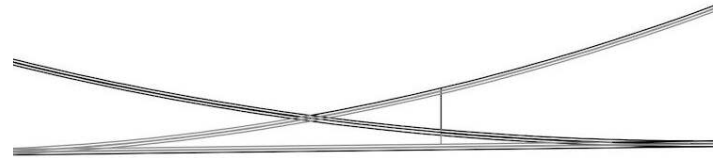
### MULTI-CURVED, THERMALLY TEMPERED GLASS

sedak GmbH & Co. KG  
Gersthofen, Germany  
www.sedak.com



(1)

(1) Seiten- und Frontansicht des Exponats  
*Side and front view of the exhibit (© sedak)*



**B** TOP VIEW  
- SCALE 1:20

(2)

(2) Aufsicht: Durch die neue Technologie lassen sich mit thermisch vorgespannten Gläsern komplexe Geometrien verwirklichen.  
*Top view: The new technology allows complex geometries to be achieved using thermally tempered glass. (© sedak)*

Komplexe Freiformen sind nun auch vorgespannt (ESG/TVG) möglich, das stellt sedak mit seiner neuen Biegetechnologie unter Beweis. Das drei mal sechs Meter große Glas ist über zwei gegenläufige Radien biaxial thermisch gebogen, wodurch ein beeindruckender 3D-Effekt entsteht.

Die multidimensionale Formgebung wird durch eine mehrfache Krümmung des Glases erreicht, die bisher nur durch Schwerkraftbiegen umsetzbar war. Mit moderner Glasveredelungstechnologie macht sedak bisher nicht realisierbare, komplexe Geometrien möglich und erlaubt die serielle Fertigung unterschiedlich geformter Gläser für anspruchsvolle Architekturprojekte.

*Complex freeform shapes are now also possible in tempered glass (fully tempered glass/heat-strengthened glass), as impressively demonstrated by sedak with its new bending technology. The three by six metre glass is biaxially thermally curved over two opposing radii, creating an impressive 3D effect.*

*The multi-dimensional shape results from multiple curvatures of the glass, previously achievable only through gravity bending. With state-of-the-art glass finishing technology, sedak makes previously unfeasibly complex geometries possible, allowing for the serial production of differently shaped glass panes for ambitious architectural projects.*

## THERMISCH VORGESPANNTES GLAS OHNE ANISOTROPIEN

### THERMALLY TOUGHENED GLASS WITHOUT ANISOTROPIES

sedak GmbH & Co KG  
Gersthofen, Germany  
[www.sedak.com/sedak-temperedplus/](http://www.sedak.com/sedak-temperedplus/)



(1)



(2)



(3)

(1) sedak tempered+ ist das erste vorgespannte Glas ohne Anisotropien.  
*sedak tempered+ is the first toughened glass without anisotropies. (© sedak)*

(2) Die polarisierte Sonnenbrille macht den Unterschied deutlich: links sedak tempered+ ohne Muster und rechts herkömmlich vorgespanntes Glas.  
*The polarised sunglasses make the difference clear: On the left, sedak tempered+ without any pattern, and on the right, conventionally tempered glass. (© sedak)*

(3) Anisotropien werden mit Polfilterfolie sichtbar. Bei sedak tempered+ ist kein Muster erkennbar.  
*Anisotropies can be made visible using polarising filter film. No pattern appears in sedak tempered+. (© sedak)*

Thermisch vorgespanntes Glas ist ein unverzichtbares Element in der Architektur. Jedoch entstehen durch den Vorspannprozess sogenannte Anisotropien, ein Doppelbrechungsphänomen, das oft als schimmerndes Muster im Glas erscheint.

Mit sedak tempered+ präsentiert der Hersteller das erste vorgespannte Glas ohne Anisotropien. Ein patentierter Tempering-Prozess ermöglicht die Produktion von teilvorgespanntem Glas (TVG) und Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) mit optimalen optischen Eigenschaften – ohne das für Anisotropien charakteristische Schimmern. Wie herkömmlich vorgespanntes Glas wird sedak tempered+ durch Erhitzen auf etwa 640°C und anschließendes schnelles Abkühlen mithilfe von Gebläsen hergestellt. Durch sein hochmodernes Herstellungsverfahren erfüllt das Produkt alle technischen Anforderungen an vorgespanntes Glas und entspricht gängigen Normen und Richtlinien. Zudem überzeugt es durch außergewöhnliche Klarheit und Transparenz. Der Unterschied zwischen sedak tempered+ und

herkömmlich vorgespanntem Glas wird deutlich, wenn man einen Polfilter verwendet.

*Tempered glass is an integral part of architecture. Thermal toughening transforms glass from a brittle and fragile material into a strong and resilient one. With one disadvantage: anisotropies. They are a so-called double refraction phenomenon due to the induced thermal stress. The eye recognises this effect as a shimmering effect in the glass (interference colour). sedak's advanced tempering process sets new standards in glass. Thanks to cutting-edge manufacturing technology, sedak tempered+ achieves a homogenous structure, rendering it not only highly resistant to impact and extreme temperatures, but also providing remarkable clarity and vision. Like conventionally tempered glass, sedak tempered+ is produced by heating the glass to a high temperature, usually around 620°C (1,184°F), and then rapidly cooling it using air jets. By balancing heating and cooling, sedak's patented tempering technology reduces*

*the stress differences in the glass. It does not create any anisotropies. A polarising filter reveals the difference between sedak tempered+ and conventionally tempered glass.*

## ADDITIVE DESIGNS AUF GLASPLATTEN

### ADDITIVE DESIGNS ON GLASS PLATES

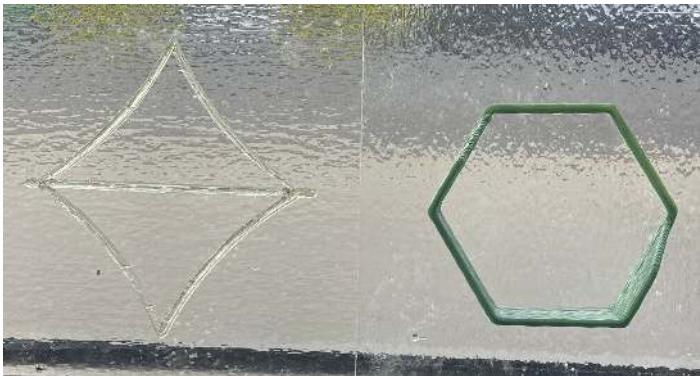
Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt, Germany  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



(1)



(2)



(3)

- (1) Die Visualisierung zeigt großformatige Glasplatten, die als Fassadenelemente eines Hochhauses dienen. Ausgesteift wurden sie mithilfe additiver Fertigung.  
*The visualisation shows large-format glass panels that serve as facade elements for a high-rise building. They were stiffened using additive manufacturing. (© Emanuel Nowak)*
- (2) Mit Aussteifungsdesigns, ähnlich wie hier dargestellt, lassen sich nach einer Fallstudie im Vergleich zur Verwendung herkömmlicher Glasplatten bis zu 70 % an Material einsparen.  
*According to a case study, bracing designs similar to the one shown here can save up to 70% on material in comparison with the use of conventional glass panels. (© Emanuel Nowak)*
- (3) Auf der glass technology live werden 3D-Glasstrukturen gezeigt, die auf Ornamentglasplatten aus Kalknatronsilikatglas aufgedruckt wurden.  
*At glass technology live, 3D glass structures printed on ornamental glass panels made of soda-lime silicate glass will be on display. (© Dylan Vlahopoulos)*

Der Glas-3D-Druck erreicht ein neues Level: Im Zusammenspiel mit der Firma Maple Glass Printing und deren neuestem Glas-3D-Drucker präsentiert das Glass Competence Center (GCC) der TU Darmstadt auf der glass technology live erstmals 3D-gedruckte Glasstrukturen, die auf Flachglasplatten aus Kalknatronsilikatglas aufgebracht wurden. Für die Fertigung kam der Maple-4-Drucker zum Einsatz, der im FDM-Verfahren (Fused Deposition Modeling / Schmelzschichtverfahren) die gewünschten Strukturen auf die Glasplatte aufträgt.

Flachgläser im Fassadenbereich können hierdurch ausgesteift werden, was am Beispiel einer Fallstudie am Glass Competence Center (GCC) zu einer Materialeinsparung von bis zu 70 % verglichen mit der Verwendung herkömmlicher Gläser führen kann (siehe DOI: 10.26083/tuprints-00026956). Auch Isoliergläser mit einer 3D-Glasstruktur im Scheibenzwischenraum können hergestellt werden, ebenso wie 3D-Schriftzüge/-Muster oder beispielsweise Regale und Türkäufe. Der Farb- sowie Gestaltungs-

spielraum ist hierbei (fast) unbegrenzt und bietet nicht nur ästhetische, sondern auch wirtschaftliche und ökologische Vorteile.

*Glass 3D printing reaches a new level: In cooperation with Maple Glass Printing and its latest glass 3D printer, the Glass Competence Centre (GCC) at TU Darmstadt will be presenting 3D-printed glass structures applied to flat glass sheets made of soda-lime silicate glass for the first time at glass technology live. The Maple 4 printer was used for manufacturing, applying the desired structures to the glass plate using FDM technology (Fused Deposition Modelling).*

*Flat glass used in facade applications can be stiffened, which, according to a case study by the Glass Competence Center (GCC) at TU Darmstadt, can lead to material savings of up to 70% in comparison with the use of conventional glass (DOI: 10.26083/tuprints-00026956). Insulating glass with a 3D glass structure in the interlayer can also be produced, as well as 3D lettering/patterns or, for example, shelves and door*

*handles. The range of colours and design opportunities is (almost) unlimited and offers not only aesthetic benefits but also economic and ecological advantages.*

## 3D-GEDRUCKTE PUNKTHALTERUNG

### AM GLASS POINT FIXING

Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt, Germany  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



(1)

(1) 3D-gedruckter knopfförmiger Punkthalter aus Glas auf einer 100 x 100 mm Substratplatte  
*3D printed button-shaped point fixing made of glass on a 100 x 100 mm substrate plate. (© Philipp Amir Chhadeh)*



(2)

(2) Rendering einer möglichen Glasfassade mit 3D-gedruckten Glas-Punkthaltern  
*Rendering of a potential glass facade with 3D printed glass point fixings. (© Philipp Amir Chhadeh)*

Wie sich durch 3D-Druck aus Quarzglasfasern flexible Strukturen für den Bausektor entwickeln lassen, untersucht das Glass Competence Center (GCC) der TU Darmstadt. Grundlage ist der am Laser Zentrum Hannover entwickelte, laserbasierte Auftragsschweißprozess, der die additive Verarbeitung der Fasern erlaubt. Das Verfahren ermöglicht zudem den 3D-Druck auf Substratplatten, durch den sich ein breites Spektrum an Möglichkeiten eröffnet. Unter anderem lassen sich damit reine Glas-Punkthalter erzeugen.

Der knopfförmige Punkthalter wurde in einem iterativen Prozess unter Berücksichtigung der Anforderungen an das Bauteil und der Prozessparameter entwickelt. Als Grundlage wurde eine Formoptimierung und Designstudie durch die Verrotec GmbH und Dipl.-Ing. Hölscher GmbH durchgeführt. Das Exponat „AM Glass point fixing“ zeigt das Ergebnis dieses Prozesses. Es veranschaulicht, wie sich ein Verbundglas mit gläsernen Punkthaltern an einer möglichen Unterkonstruktion befestigen lässt.

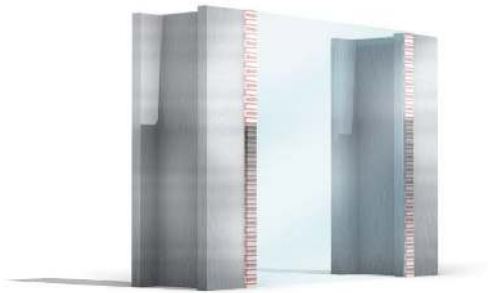
*The Glass Competence Center at TU Darmstadt investigated how flexible structures for the built environment can be developed from quartz glass fibres using 3D printing. The basis for this is the laser-based welding process developed at the Laser Zentrum Hannover, which enables the additive processing of the fibres. The process also enables 3D printing on substrate plates, which opens up a wide range of opportunities. Among other things, it can be used to produce pure glass point holders.*

*The button-shaped point holder was developed in an iterative process, taking into account the requirements for the structural component and the 3D printing process parameters. As a basis, a shape optimisation and design study was carried out by Verrotec GmbH and Dipl.-Ing. Hölscher GmbH. The exhibit 'AM Glass point fixing' shows the result of this process. It illustrates how laminated glass with glass point fixings can be attached to a possible substructure.*

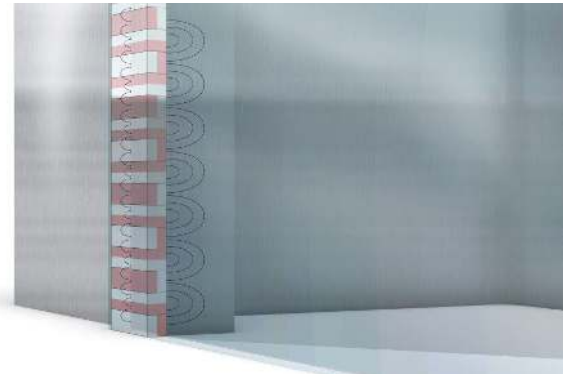
## MAGNETISCHE FIXIERUNG VON GLASELEMENTEN

### MAGNETIC FIXING OF GLASS ELEMENTS

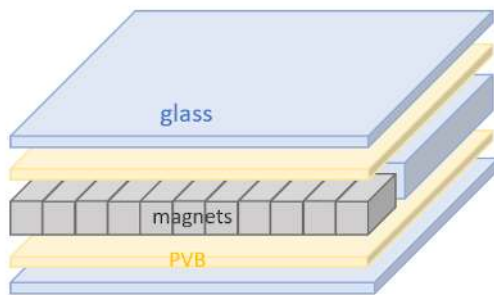
Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



(1)



(2)



(3)

- (1) Die Perspektive veranschaulicht beispielhaft, wie sich Verbundglas mit Magnetverbindungen an Stahlstützen befestigen lässt.

*The perspective exemplifies how laminated glass can be attached to steel supports with a magnetic connection. (© Birte Kurth, Baizhen Yu)*

- (2) Bei der Anordnung der Magnete wird jeder Magnet um 90 Grad im Vergleich zu seinem Vorgänger gedreht. Dadurch wird das Magnetfeld auf einer Seite verstärkt und auf der anderen abgeschwächt.

*In the arrangement of the magnets, each magnet is rotated 90 degrees relative to its predecessor. This strengthens the magnetic field on one side while reducing it on the other. (© Birte Kurth, Baizhen Yu)*

- (3) Die Magnete befinden sich in einem Dreifachlaminat neben der mittleren Glasschicht am Rand des Verbundglases.

*The magnets are located in a triple laminate next to the middle glass layer at the edge of the laminated glass. (© Birte Kurth, Baizhen Yu)*

Dieser experimentelle Prototyp demonstriert eine neue Methode zur Befestigung von Glaselementen. Dabei wird die Haftkraft von Magneten genutzt, um Glas vielseitiger in der Architektur und im Design einsetzen zu können.

Mit der magnetischen Befestigung von Fassadenelementen etwa lässt sich eine minimalistische und elegante Optik erreichen. Die Glasplatten lassen sich schnell und präzise montieren und bei Bedarf mühelos austauschen oder repositionieren. Durch die magnetische Fixierung bleibt die Glasstruktur unverändert, da keine Bohrungen oder mechanischen Befestigungen erforderlich sind. Stabilität und Langlebigkeit des Glases bleiben dadurch erhalten.

Die Glaselemente lassen sich durch die Magnete auch so befestigen, dass sie frei und vertikal verschieblich sind. Durch die magnetische Fixierung kann das Glas ohne großen Aufwand in verschiedene Positionen bewegt werden, was insbesondere in Innenräumen neue Dimensionen eröffnet. Die Technologie ermöglicht es, Glaswände oder -türen dynamisch zu positionieren,

sowie flexible Zonierungen.

Für das Exponat nutzt das Forschungsteam den Begriff „Float“ Glass. Glaselemente, die auf diese Art befestigt sind, bieten praktische Lösungen für die Architektur und kreative Freiräume für Designer. Ob als bewegliche Trennwand, flexible Fensterlösung oder innovatives Fassadenelement – das Exponat lässt ahnen, wie magnetische Kräfte und Glasdesign in einer Vielzahl von Anwendungen harmonisch zusammenwirken können.

*This experimental prototype demonstrates a new method for mounting glass elements. By leveraging the magnetic forces, glass can be used more flexibly in architecture and design.*

*A minimalist and elegant look may be achieved with the magnetic attachment of facade elements, for example. The glass panels can be mounted quickly and precisely, and if needed, easily swapped or repositioned. The magnetic fixation ensures that the glass structure remains intact, as no drilling or mechanical fastenings*

*are required, preserving the stability and durability of the glass.*

*The glass elements can also be attached using the magnets so that they can be moved freely and vertically. Thanks to magnetic fixation, the glass can be repositioned effortlessly, which opens up new dimensions for flexible space utilisation and design, particularly in interiors. This technology allows for the dynamic positioning of glass walls or doors as well as flexible zoning.*

*The research team uses the term 'Float' Glass for the exhibit. Glass elements attached in this way combine aesthetics and functionality and offer not only practical solutions for architecture, but also creative freedom for designers. Whether as a movable partition, flexible window solution, or innovative facade element – this exhibit demonstrates how magnetic forces and glass design can harmoniously work together in a variety of applications.*

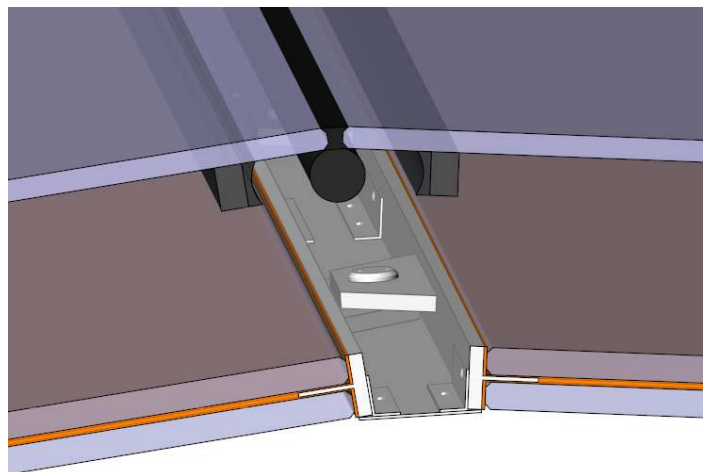
## RAHMENLOSE TRAGENDE GLASKONSTRUKTION

### FRAMELESS LOAD-BEARING GLASS STRUCTURE

Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt, Germany  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



(1)



(2)

(1) Bei dem Exponat Frameless übernehmen Glasscheiben eine lastabtragende Funktion.

*In the Frameless exhibit, the glass panes take on a load-bearing function. (© knippershelbig)*

(2) Verbindungsdetail: Auf eine Primärkonstruktion aus Stahl kann durch die in die Glaselemente einlamierten linearen Fittinge verzichtet werden.

*Connection detail: A primary steel structure can be dispensed with thanks to the linear fittings laminated into the glass elements. (© knippershelbig)*

Das Potenzial von Glas voll ausschöpfen – diesem Motto folgt die rahmenlose tragende Glaskonstruktion, die die TU Darmstadt und ihre Projektpartner knippershelbig, Yachtglass und Eastman zur glasstec 2024 präsentieren. Während Glasscheiben in üblichen Gitternetzschalen in der Regel ausschließlich ausfachend zum Einsatz kommen, übernehmen sie bei dem Ausstellungsstück Frameless eine lastabtragende Funktion.

Bei der rahmenlosen tragenden Glaskonstruktion ersetzen die in die Glaselemente einlamierten linearen Fittinge die Primärkonstruktion aus Stahl. Diese Reduktion des Stahlanteils auf das notwendige Minimum wird durch die Anwendung von parametrischen Entwurfswerkzeugen ermöglicht. Glaskonstruktionen lassen sich dadurch ressourcen- und energieschonender ausführen, Formenvielfalt und Transparenz bleiben jedoch erhalten. Die Vision des Projektteams ist es, durch einen Isolierglasaufbau vollwertige Gebäudehüllen möglich zu machen. Potenzielle Anwendungen sind Innenhofüberdachungen

und Sonnendecks im Schiffsbau.

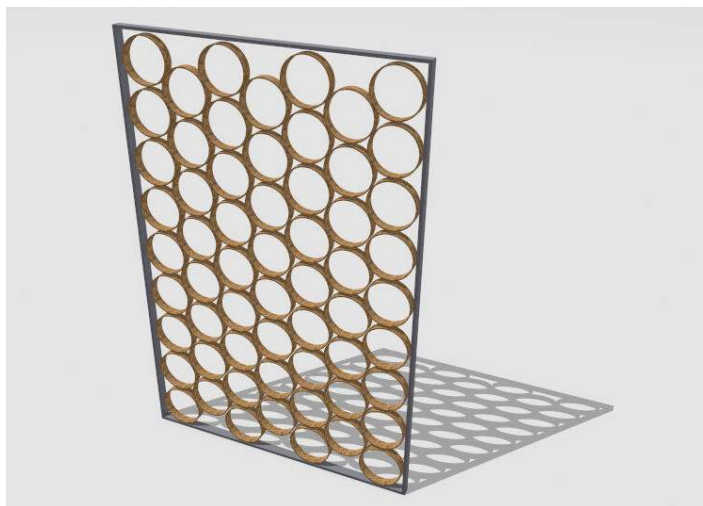
*Exploiting the full potential of glass – this is the motto of the frameless load-bearing glass structure that TU Darmstadt and its project partners knippershelbig, Yachtglass and Eastman are presenting at glasstec 2024. While glass panes in conventional grid shells are usually used exclusively for infill, they take on a load-bearing function in the Frameless exhibit.*

*With the frameless load-bearing glass construction, the linear fittings laminated into the glass elements replace the primary steel structure. This reduction of the steel content to the necessary minimum is made possible by the use of parametric design tools. Glass constructions can thus be realised in a more resource and energy-efficient manner, while retaining diversity of form and transparency. The project team's vision is to make fully-fledged building envelopes possible by integrating metal fittings into insulated glazing units (IGUs). Potential applications include patio roofs and sun decks in shipbuilding.*

## VAKUUMISOLIERGLAS MIT KERN AUS PAPIERHÜLSEN

### VACUUM INSULATED GLASS WITH A PAPER CORE

Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt, Germany  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



(1)

(1) Die Visualisierung zeigt die versetzte Anordnung der Papierhülsen im Kern des Vakuumisoliertes.

*The visualisation shows the staggered arrangement of the paper tubes in the core of the vacuum insulation glass. (© Daniel Pfarr)*



(2)

(2) Unterschiedliche Durchmesser der Kernstruktur aus Hartpapier sind möglich.

*Different diameters of the hard paper core structure are possible. (© Daniel Pfarr)*

Der Einsatz von dünnerem Glas ermöglicht einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen, nicht nur auf Materialebene, sondern auch hinsichtlich des Transports und der Montage. Um die Anforderungen an Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu erfüllen, wird eine Kernstruktur zwischen zwei dünnen Deckgläsern benötigt.

Bereits 2022 hat die TU Darmstadt ein solches Dünnglas-Verbundelement auf der glass technology live vorgestellt. Dabei wurden zwei Dünngläser mit einem 3D-gedruckten Kern aus Kunststoff verklebt. Das diesjährige Mock-up ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit von TU Darmstadt und TU Dresden. Es besteht aus zwei Dünngläsern und einem Kern aus Hartpapierhülsen. Der Verbund der Materialien entsteht durch Unterdruck im Scheibenzwischenraum. Dieser muss so hoch sein, dass er eventuellen Sogkräften aus Wind und Klimabelastungen entgegenwirkt.

Der Verzicht auf Klebstoffe ermöglicht einen einfachen Rückbau des Komposits. Am Ende der Lebensdauer lassen sich die Einzelteile durch das Lösen des Vakuums sortenrein wiederge-

winnen, wiederverwenden oder recyceln. Durch das Vakuum und die niedrige Wärmeleitfähigkeit der Papierhülsen sind zudem gute Wärmedämmeigenschaften zu erwarten.

*The use of thinner sheets of glass enables the sustainable use of resources, not only in terms of materials, but also in terms of transport and installation. A core structure between two thin cover glass sheets is needed to fulfil the requirements for load-bearing capacity and serviceability.*

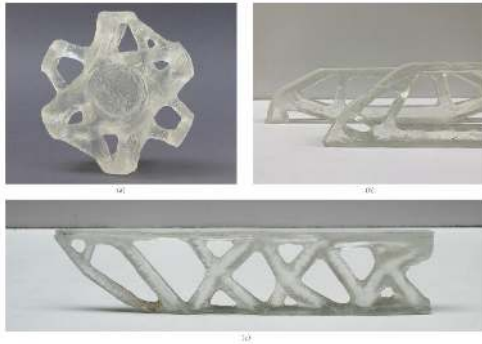
*TU Dresden presented such a thin glass composite element at the glass technology live exhibition in 2022. Two thin glass panes were bonded to a 3D-printed plastic core. This year's mock-up is the result of a collaboration between TU Darmstadt and TU Dresden. It consists of two thin glass sheets and a core made of hard paper tubes. The bond is created by negative pressure in the cavity between the glass sheets. This must be high enough to counteract any suction forces from wind and climatic loads.*

*By dispensing with adhesives, the composite can be easily dismantled. At the end of their service life, the individual parts can be recovered, reused or recycled by releasing the vacuum. Due to the vacuum and the low thermal conductivity of the paper cores, good thermal insulation properties can also be expected.*

## KONZEPTE FÜR DIE KREISLAUFWIRTSCHAFT

### CONCEPTS FOR THE CIRCULAR ECONOMY

TU Delft  
Delft, Netherlands  
www.restructgroup-tudelft.nl



(1)



(2)



(3)

- (1) Topologisch optimierte, im Ofen gegossene Glaselemente. (a) Gitterschalenknoten auf Quarzgipsform gegossen, (b) 4-Punkt-Biegebalken auf 3D-gedruckten Sandformen und (c) Kragbalken auf Quarzgipsform

*Topologically optimised kiln-cast glass elements. (a) grid shell node cast on silica plaster mould, (b) 4-point bending beams on 3D-printed sand moulds and (c) cantilever beam on silica plaster mould (© (a): Wilfried Damen, (b) + (c): Menandros Ioannidis)*

- (2) Glasverformung mit einer CNC-gestrickten Basaltform: (a) Basaltform vor und nach dem Brennen, (b) Form und Glas im Ofen nach der Verformung, (c) doppelt gebogenes Glas  
*Glass slumping using CNC knitted basalt mould process: (a) basalt mould before and after firing, (b) mould and glass in the kiln after slumping, (c) resulting double curved glass (© Anna Konstantopoulou)*

- (3) Prototypen des ReSolved-Projekts, die die reversible, bleifreie Multimaterial-Verbindungstechnologie zeigen: (a, c) geklebte und (b) wieder gelöste Prototypen  
*Prototypes of ReSolved project displaying the reversible, lead-free multi-material joining technology: (a, c) bonded and (b) de-bonded prototypes (© Rebecca Hartwell)*

Die TU Delft erforscht die zirkuläre Nutzung von Glas und konzentriert sich dabei auf die drei Säulen der Kreislaufwirtschaft: Reduce, Reuse, Recycle. Um den Materialverbrauch zu reduzieren, optimieren die Forscher die strukturelle Topologie monolithischer, tragender Glasbauteile. Auf diese Weise erreichen sie ein Design mit maximaler Steifigkeit und minimalem Volumen. Die zur glasstec 2024 ausgestellten Muster wurden mit verschiedenen Arten von Einweg-Formen gegossen, um die Grenzen der Herstellungsmöglichkeiten zu erweitern.

Um das Konzept der Reduktion noch einen Schritt weiterzuführen, verwendet das Team CNC-gestrickte Basaltfaserformen, um Flachglas in doppelt gekrümmte Formen zu bringen. Diese innovative Art der Formgebung minimiert das benötigte Formmaterial im Vergleich zur herkömmlichen Slumping-Technik.

Durch die Kartierung und Nutzung von zuvor weggeworfenen Glasabfällen, etwa aus der Automobil-, Elektronik- und Architekturbranche, ist es dem Team der TU Delft gelungen, innova-

tive Gussglasplatten zu entwickeln. Diese lassen sich für Fassadenverkleidungen, Innentrennwände und andere Anwendungen in der gebauten Umwelt einsetzen.

Für die bessere Wiederverwendung von Glasbauteilen entwickeln die Forscher der TU Delft eine neuartige hochfeste, aber reversible Verbindungstechnologie auf der Grundlage von bleifreiem Lot. Diese Technologie eignet sich besonders für Multimaterialkomponenten, die spröde Materialien wie technische Keramik oder Glas enthalten.

*Researchers at TU Delft are exploring the circular use of glass, focusing on the three pillars of circularity: Reduce, Recycle and Reuse. To reduce material consumption, structural topology optimisation is implemented in a series of monolithic structural glass components. This ensures a design with maximum rigidity and minimum volume. All samples exhibited at glasstec 2024 are cast using different types of disposable moulds, pushing the boundaries of fabrication*

*opportunities.*

*Taking the concept of reduction a step further, knitted basalt fibre moulds are used for slumping flat glass into double curved shapes. This innovative type of mould minimises the amount of mould material needed in comparison with a conventional slumping technique.*

*By mapping and utilising previously discarded waste glass, for example from the automotive and electronics industries as well as from architecture, the team at TU Delft has been able to develop innovative cast glass panels with possible applications in façade cladding, interior partitions and other areas of the built environment. Finally in terms of reuse, a novel high-strength, yet reversible, joining technology is being developed based on lead-free solder. This technology is particularly suitable for multi-material components incorporating brittle materials such as engineered ceramics or glass.*

## KALTGEBOGENE ISOLIERGLASSCHEIBEN FÜR FASSADEN

### COLD-BENT INSULATING GLASS PANES FOR FAÇADES

Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



Ausschnitt einer gekrümmten Fassade mit kaltgebogenen Isolierverglasungen.  
*Section of a curved façade with cold-bent insulating glazing. (© Johannes Giese-Hinz, TU Dresden)*

Gekrümmte Glaselemente für Fassaden mit einer hohen optischen Qualität, die individuell an Freiformen anpassbar sind und von außen unsichtbar befestigt werden, lassen sich auch ohne aufwendige werkseitige Verfahren zum Biegen realisieren. Ein entsprechendes Verfahren stellt das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden in Kooperation mit Polartherm Flachglas und Contura Ingenieure zur glasstec 2024 vor. Es erleichtert die industrielle Fertigung und Anwendung in Fassaden.

Kaltgebogene Isolierglasscheiben in Verbindung mit einer nicht sichtbaren lastabtragenden Klebung zur Unterkonstruktion machen es möglich. Das Forschungsprojekt BOND2BEND verwendet ebene Isoliergläser, die lastabtragend auf einen Adapterrahmen verklebt werden. Über den Adapter werden die Gläser auf der Baustelle auf die gekrümmte Unterkonstruktion geschraubt und in die Biegung gezwungen. Die Elemente können die Funktion einer Isolierverglasung in gekrümmten Fassaden mit optisch hervorragender Qualität und nicht sichtbarer Befestigung über-

nehmen. Zudem beschleunigt ihr hoher Vorfertigungsgrad die bauseitige Montage.

Der Demonstrator zeigt den Ausschnitt einer gebogenen Fassade aus drei kaltgebogenen Isolierglaseinheiten. Die Gläser sind über die lastabtragende Klebung zum Holzadapter und dessen Verschraubung mit der Unterkonstruktion verbunden. Die Konstruktion benötigt keine zusätzlichen mechanischen Halter oder Klotzungen.

*Curved glass panels for façades with a high optical quality that can be individually adapted to free-form shapes and are invisibly fixed from the outside can be realised without complex factory bending processes. The process, which the Institute of Building Construction at TU Dresden is presenting at glasstec 2024 in cooperation with Polartherm Flachglas and Contura Ingenieure facilitates industrial production and application in façades.*

*Cold-bent insulating glass panes in combination with an invisible load-bearing bond to the sub-*

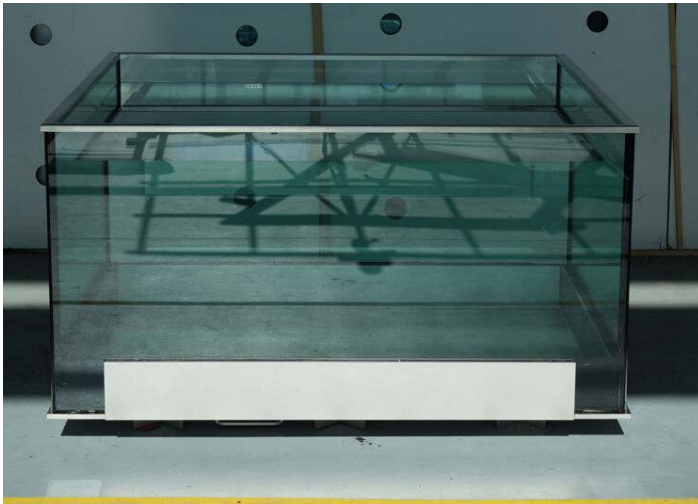
*structure make it possible. The BOND2BEND research project uses flat insulating glass units bonded to a carrier that is able to transmit short and long-term loads. On the construction site, these can be screwed onto the curved substructure via the adapter and thus forced into the shape. They are able to assume the function of insulating glazing with visually outstanding quality and invisible fastening. Their high degree of prefabrication also speeds up installation on site.*

*The demonstrator shows a section of a curved façade consisting of three cold-bent insulating glass units. The glass is connected to the timber adapter and its screw connection to the substructure via the load-bearing adhesive bond. The construction does not require any additional mechanical brackets or blocks.*

## GEKLEBTES, GLÄSERNES SCHWIMMBECKEN

### GLASS SWIMMING POOL WITH BONDED JOINTS

Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



(1)

(1) Ansicht des Schwimmbeckens

*View of the pool (© Alina Katzera, TU Dresden)*



(2)

(2) Detail der lastabtragenden Klebung

*Detail of the adhesive bonded joint (© Alina Katzera, TU Dresden)*

Mit transparenten Werkstoffen garantieren geklebte Verbindungen eine maximale Durchsicht bei minimalem Rahmenanteil. Nicht nur deshalb sind sie auch für den Einsatz unter Wasser zunehmend gefragt. Großaquarien und Infinity Pools werden in der Regel aus Polymethylmethacrylat (Acrylglas) hergestellt. Eine Alternative könnte der Einsatz von Kalk-Natron-Silikatglas aufgrund seiner Wertigkeit und hohen Kratzbeständigkeit sein.

Deshalb wurde im Forschungsprojekt BOND2DIVE in Kooperation mit dem Institut für Baukonstruktion der TU Dresden, dem Ingenieurbüro Bollinger + Grohmann Consulting, dem Spezialglasbauer ADCO Technik sowie mit Unterstützung durch den Klebstoffhersteller SIKA Deutschland eine geklebte Verglasung unter hohen hydrostatischen und hydrodynamischen Lasten untersucht. Es handelt sich um eine zweistufige Verklebung mit einem dauerhaft lastabtragenden sowie einem dichtenden Anteil.

Zur glasstec 2024 werden die Ergebnisse des

Projekts in Form eines gläsernen Schwimmbeckens mit einer Kantenlänge von 1,6 m und einer Höhe von 0,8 m demonstriert. Alle vier Seiten bestehen aus Verbundsicherheitsglas aus 2 x 10 mm teilvorgespanntem Glas. Die zweistufige Klebung im Eckbereich ist trotz der geringen Ansichtsbreite in der Lage, selbst im vollständig gefüllten Zustand die aus dem hydrostatischen Druck entstehenden hohen Zuglasten zuverlässig abzutragen.

*With transparent materials bonded joints guarantee maximum transparency and minimum frame content. This is not the only reason why they are increasingly in demand even for underwater use. Until now, large aquariums and infinity pools have generally been made of polymethylmethacrylate (acrylic glass). However, there is a growing demand for the use of soda-lime-silica glass due to its intrinsic value and high scratch resistance.*

*As part of the BOND2DIVE research project, the Institute of Building Construction at TUD*

*Dresden University of Technology, engineers from Bollinger + Grohmann Consulting, special glass manufacturer ADCO Technik and adhesive manufacturer SIKA Deutschland have been working together to investigate a bonded glazing system that can withstand high hydrostatic and hydrodynamic loads. This is a two-stage joint, divided into a permanent load-bearing joint and a sealing joint.*

*The results of the project are demonstrated in the form of a glass pool with an edge length of 1.6 m and a height of 0.8 m. All four sides are made of laminated safety glass consisting of 2 x 10 mm heat strengthened glass. Despite the narrow visible width, the two-stage bonding in the corner area is able to transmit the high tensile loads resulting from the hydrostatic pressure reliably, even when completely filled.*

## GLASTRÄGER MIT DEFINIERTEM FEUERWIDERSTAND

### GLASS BEAMS WITH DEFINED FIRE RESISTANCE

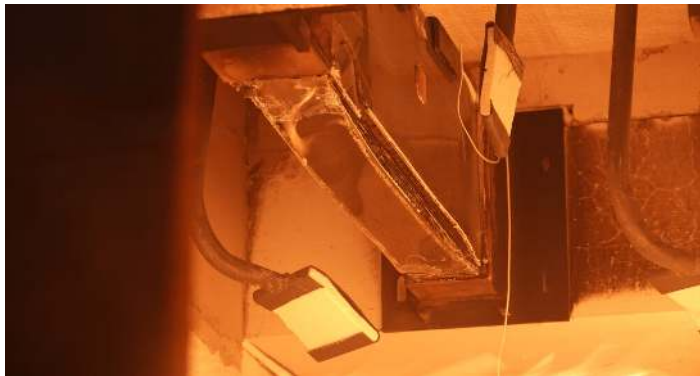
Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



(1)



(2)



(3)

(1) Rendering des Demonstrators

*Rendering of the demonstrator (© Maximilian Möckel, TU Dresden)*

(2) Aufbau des FiReGlass-Trägers mit Schutzsystem

*Aufbau des FiReGlass-Trägers mit Schutzsystem (© Maximilian Möckel, TU Dresden)*

(3) Glasträger während des Brandversuchs

*Glass beams during the fire test (© Maximilian Möckel, TU Dresden)*

Bei lastabtragenden Glasträgern oder Glasstützen aus Verbundsicherheitsglas (VSG) wird auf den vorbeugenden baulichen Brandschutz großen Wert gelegt. Bei VSG liegt die Transformationstemperatur der einzelnen Bestandteile unter 550°C. Im Brandfall verliert das Glas infolgedessen an Tragfähigkeit.

Das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden hat nun gemeinsam mit den Firmen Hero Fire und Taupitz einen neuen VSG-Träger entwickelt, den die Forschungspartner zur *glasstec 2024* präsentieren. Das FiReGlass-System eignet sich für den Einsatz als tragendes Element mit definiertem Feuerwiderstand. Den Kern der Träger bildet ein Verbundsicherheitsglas, das vor der von außen angreifenden Hitze des Feuers geschützt wird. Hierfür sind die Glasflächen und die unteren Glaskanten mit zwei umlaufenden Schutzsystemen aus Brandschutzgel und Opferscheiben versehen.

Der für die *glasstec 2024* entwickelte Demonstrator zeigt vier Glasträger. Zwei davon sind herkömmliche Glasträger aus VSG. Einer davon

wurde im Brandversuch nach Norm für etwa 25 min beflammt. Eine kritische Durchbiegung war bereits nach 20 min bei ca. 600°C erreicht. Die beiden anderen Glasträger sind vom FiReGlass-Schutzsystem umschlossen. Ein Träger wurde ebenfalls im Brandversuch beflammt, konnte aber eine Standzeit von mindestens 40 Minuten bei rund 800°C gewährleisten.

*In the case of load-bearing glass beams or glass supports made of laminated safety glass (LSG), great importance is attached to preventive structural fire protection. With laminated safety glass, the transformation temperature of the individual components is below 550°C. As a result, the glass loses its load-bearing capacity in the event of a fire.*

*The Institute of Building Construction at TU Dresden, in conjunction with Hero Fire and Taupitz, has now developed a new laminated safety glass support, which the research partners will be presenting at *glasstec 2024*. The FiReGlass system is suitable for use as a load-*

*bearing element with defined fire resistance. The core of the beams is made from laminated safety glass, which is protected from the external heat of the fire. For this purpose, the glass surfaces and the lower glass edges are provided with two circumferential protection systems made of fire protection gel and sacrificial panes.*

*The demonstrator developed for *glasstec 2024* shows four glass beams. Two of them are conventional beams made of LSG. One of these was subjected to flame exposure for around 25 minutes in a fire test. The critical deflection was already reached after 20 minutes at approximately 600°C. The other two glass beams are enclosed by the FiReGlass protection system. One of these was also subjected to flame exposure during the fire test, yet was able to withstand a temperature of around 800°C for at least 40 minutes.*

## BEGRÜNTER, GLÄSERNER UNTERSTAND

### GREENED GLASS SHELTER

Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



Rendering des begrünten, gläsernen Unterstandes.

Rendering of the greened glass shelter. (© Philipp Kießlich, TU Dresden)

Eine Verbesserung des Mikroklimas durch wachsende Grünflächenanteile lässt sich in Städten und urbanen Bereichen nur durch die Umnutzung bestehender Flächen erreichen. Haltestellen der öffentlichen Verkehrsbetriebe eignen sich hierfür potenziell sehr gut. Im Projekt greenLEAF haben die Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen sowie die Unternehmen EuroLam und NIRA in Kooperation mit dem Institut für Baukonstruktion der TU Dresden eine begrünte, gläserne Haltestelle entworfen. Ziel ist es, verschiedene Lösungsansätze einer geklebten Tragkonstruktion und einer Begrünung zu erkunden. Im Projekt kamen pflegearme, trocken-resiliente Pflanzenkulturen und statisch tragende Glasstrukturen zum Einsatz. Zudem wurden kompostierbare Kultivierungsmatten mit maximalem Wasserspeicher entwickelt.

Zur glasstec 2024 stellen die Projektpartner ein Mock-Up vor. Dieses veranschaulicht das Design und die gewählten Lösungsansätze anhand eines Ensembles realistischer Baugruppen auf ei-

nem definierten, 2,4 m hohen, 0,9 m tiefen und 2,8 m breiten Raum. Neben Gabionen, die die Vertikalen begrünen, sind Pflanzwannen zur Begrünung des Daches zu sehen. Die gläsernen Elemente zeigen die tragende Struktur mit dem geklebten Befestigungsansatz.

*Quality of life can be enhanced by improving the microclimate through increasing the proportion of green spaces. In cities and urban areas, this can often only be achieved by converting existing areas. Public transport stops are potentially very suitable for this.*

*In the greenLEAF project, Nürtingen-Geislingen University of Applied Sciences and the companies EuroLam and NIRA, in cooperation with the Institute of Building Construction at TU Dresden, have designed a greened, glass bus stop. The aim was to explore different solutions for a bonded support structure and greenery. Low-maintenance, drought-resistant plant cultures and load-bearing glass structures were used in the project. In addition, compostable cultivation*

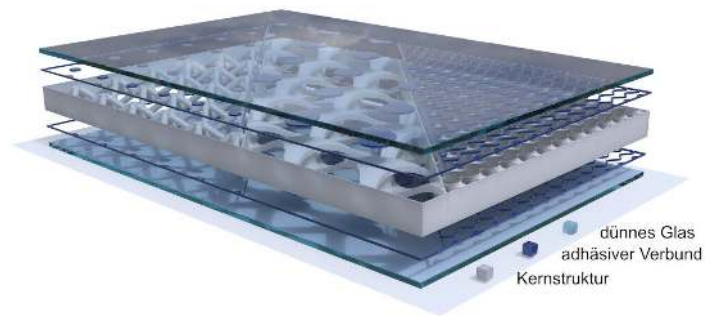
*mats with maximum water storage were developed.*

*The project partners are presenting a mock-up at glasstec 2024. This illustrates the design and the selected solutions using an ensemble of realistic assemblies on a defined space that is 2.4 metres high, 0.9 metres deep and 2.8 metres wide. In addition to planted gabions, which green the verticals, there are plant tubs for greening the roof. The glass elements show the load-bearing structure with the bonded attachment.*

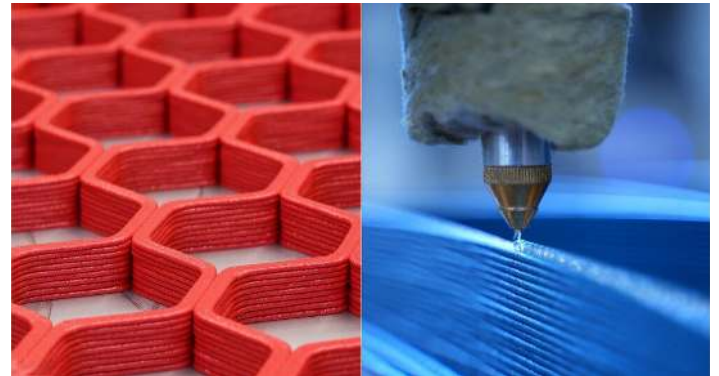
## DÜNNGLAS-VERBUNDELEMENTE MIT ADDITIV GEFERTIGTEN KERNSTRUKTUREN

### THIN GLASS COMPOSITE WITH ADDITIVELY MANUFACTURED CORE STRUCTURES

Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



(1)



(2)



(3)

(1) Rendering des Verbundelements mit Dünnglas als Deckschicht, dem adhäsiven Verbund und einer additiv gefertigten Kernstruktur  
*Rendering of the composite element with thin glass as the top layer, the adhesive bond and an additively manufactured core structure. (© Daniel Pfarr, TU Dresden)*

(2) Links: Dünnglas-Verbundelement mit 3D-gedruckter Sinus-Kernstruktur. Rechts: Auftrag des Schmelzklebstoffes im robotergestützten Herstellungsprozess.  
*Left: Thin glass composite element with 3D-printed sinusoidal core structure. Right: Application of the hot-melt adhesive in the robot-assisted manufacturing process. (Links: © Felix Hegewald, TU Dresden; Rechts: © Daniel Pfarr, TU Dresden)*

(3) 3D-gedruckte Honigwabenstruktur  
*3D-printed honeycomb structure (© Felix Hegewald, TU Dresden)*

Dünnglas wird derzeit hauptsächlich für Displays auf elektronischen Geräten verwendet. Es bietet aber auch interessante Eigenschaften für architektonische Anwendungen. Aufgrund seiner hohen Festigkeit und geringen Dicke von  $\leq 2$  mm kann das Glas leicht in Krümmungen gebogen werden. Zudem ist Dünnglas wesentlich leichter und ermöglicht darüber hinaus eine erhebliche Gewichtsreduzierung gegenüber vergleichbaren Isoliergläsern. Das Forschungsprojekt L3ICHTGLAS des Instituts für Baukonstruktion der TU Dresden in Zusammenarbeit mit den Unternehmen Sollingglas und EurA sowie Innovent nutzt diese Eigenschaften für Fassaden.

Das Verbundelement besteht aus dünnen Deckschichten aus Glas, die mit einem aussteifenden, 3D-gedruckten Polymerkern verklebt sind. Neben der hohen Steifigkeit und dem geringen Gewicht bieten die Verbundelemente die Möglichkeit, den Tageslichteinfall durch die individuelle Gestaltung des Kernmusters zu beeinflussen. Das Exponat zeigt außerdem, dass durch gekrümmt gefertigte Kernstrukturen kaltgebo-

gene Verbundelemente realisiert werden können.

Das Dünnglaselement passt sich der gedruckten Form über eine lastabtragende Klebung an. Leichte und individuell gestaltbare Dünnglas-Verbundelemente sollen die Architektur und deren ökologische Nachhaltigkeit positiv beeinflussen.

*Thin glass is currently mainly used for displays on electronic devices. However, it also offers interesting properties for architectural applications. Due to its high strength and low thickness ( $\leq 2$  mm), the glass can be easily bent into curved shapes and enables a significant weight reduction compared with equivalent insulating glass units. Research at the TU Dresden University of Technology, Institute of Building Construction in the L3ICHTGLAS project, in cooperation with Sollingglas, EurA AG and Innovent e.V., focuses on exploiting these advantageous properties for façades.*

*The composite element consists of thin glass*

*cover layers bonded to a rigid, 3D-printed polymer core. In addition to the advantages of high rigidity and low weight, the composite elements also offer the possibility of influencing the amount of daylight entering the building by customising the core pattern. The exhibit also shows that cold-bent composite elements can be realised using curved core structures. The thin glass adapts to the printed shape and retains it by means of a load-bearing adhesive bond. Lightweight and customisable thin glass composite panels are designed to positively influence architecture and its ecological sustainability.*

## ULTRALEICHTE, HOCHTRANSPARENTE SEKUNDÄRFASSADE

### ULTRA-LIGHT, HIGHLY TRANSPARENT SECONDARY FACADE

Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



Demonstrator einer ultraleichten, hochtransparenten Sekundärfassade.

*Demonstrator of an ultra-light, highly transparent secondary façade. (© Julian Hänig)*

Im Rahmen des Projekts NEERO-Facade haben das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden, KR D Coatings und Priedemann Facade-Lab eine ultraleichte, hochtransparente Sekundärfassade mit filigraner Konstruktion für Doppelfassaden entwickelt. Diese eignet sich ebenso für Neubauten wie für die energetische Ertüchtigung und zum Schutz hochwertiger Bestandsgebäude. Maximale Transparenz entsteht durch die filigrane Gestaltung der Sekundärfassade aus gewichtsoptimierten Dünnglas-Kunststoff-Hybridplatten (NEERO-GLAS®).

Wichtig ist der Einsatz der richtigen Klebetechnik. Dünnglas-Kunststoff-Hybridplatten als innovatives Leichtbauprodukt zeichnen sich durch einen leichten transparenten Kunststoffkern aus Polymethylmethacrylat (PMMA) mit außenliegenden Deckschichten aus kratzfestem Dünnglas aus. Die Bestandteile sind durch direkte Polymerisation im Gießharz-Verbundverfahren miteinander verbunden. Der Demonstrator zeigt die Leichtbauelemente und deren Befestigung an der Unterkonstruktion.

*As part of the NEERO-Façade project, an ultra-light, highly transparent secondary façade with a filigree design for double-skin façades has been developed in collaboration between the Institute of Building Construction at TU Dresden, KR D Coatings GmbH and Priedemann Facade-Lab GmbH. This is suitable for new buildings as well as for energy-efficient upgrades and the protection of high-quality existing buildings. To achieve maximum transparency, the filigree structural design of the secondary façade is made of weight-optimised thin glass-plastic hybrid panels (NEERO-GLAS®). The use of bonding technology is of central importance here.*

*As a lightweight construction product, thin glass-plastic hybrid panels are characterised by a lightweight transparent plastic core made of polymethyl methacrylate (PMMA) with outer cover layers made of scratch-resistant thin glass. These components are bonded by direct polymerisation in a cast resin bonding process. The demonstrator shows the lightweight elements and how they are attached to the substructure.*

## LAMINIERTES DÜNNGLAS MIT DEFINIERTER FESTIGKEIT

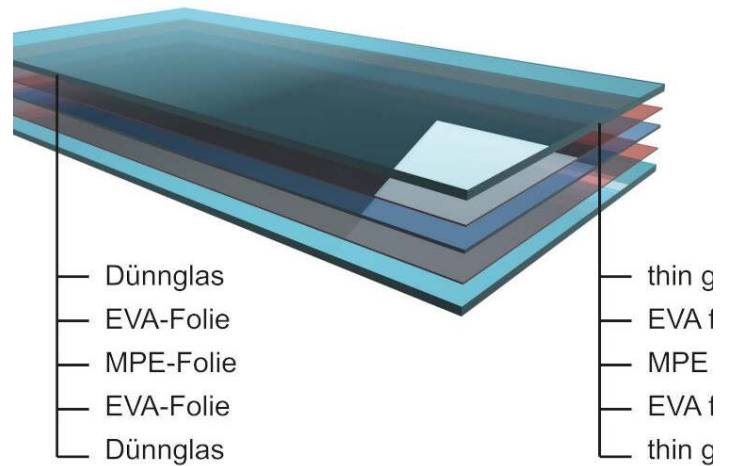
### LAMINATED THIN GLASS WITH DEFINED STRENGTH

Institut für Baukonstruktion  
TU Dresden, Germany  
www.bauko.bau.tu-dresden.de



(1)

(1) Rendering des Demonstrators aus laminiertem Dünnglas  
*Rendering of the demonstrator made of laminated thin glass (© Elena Fleckenstein, TU Dresden)*



(2)

(2) Aufbau des Verbundglases mit mehrlagiger Verbundfolie  
*Composition of the laminated glass with multi-layer laminated film (© Elena Fleckenstein, TU Dresden)*

Dünnglas zeichnet sich durch seine geringe Dicke und hohe Festigkeit aus, wodurch große Verformungen möglich sind. Architekten und Planer profitieren von freieren Formen der Fassade bei gleichzeitig geringem Eigengewicht. Als biegsames, transparentes Material kann Dünnglas auch in adaptiven, beweglichen Fassaden eingesetzt werden. Im Bauwesen werden hohe Sicherheitsanforderungen an Verglasungen gestellt, die derzeit verfügbare monolithische Dünnglasscheiben nicht erfüllen.

Das Forschungsprojekt ThinLam der Partner Folienwerk Wolfen, Schott Technical Glass Solutions und des Instituts für Baukonstruktion der TU Dresden konzentriert sich daher auf die Entwicklung von Verbundgläsern aus Dünnglas. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung einer geeigneten Zwischenschicht. Diese soll nicht nur sicherheitsrelevante Eigenschaften gewährleisten, sondern auch die (zyklische) Kaltverformung der Verbundsicherheitsgläser dauerhaft ermöglichen.

Im Fokus stehen einlagige Zwischenschichten

und mehrlagige Sandwichfolien. Laminierprozesse und Prüfkonzepte müssen angepasst werden, da viele standardisierte Prüfverfahren nicht für Dünnglas ausgelegt sind. Der Demonstrator, den die drei Projektpartner zur glasstec 2024 präsentieren, zeigt chemisch vorgespannte Aluminosilikatgläser mit einer Zwischenschicht aus Ethylvinylacetat (EVA)-Folien und einer steifen Zwischenfolie aus modifiziertem Polyethylenterephthalat (MPE). Diese werden auf Torsion beansprucht.

*Thin glass is characterised by its low thickness and high strength, which allows for large deformations. For architects and designers, this means more individuality and more freedom in façade forms with a low dead weight. As a flexible, transparent material, thin glass can also be used in adaptive and movable façades. However, the construction industry places stringent safety requirements on the glazing, which cannot be met by monolithic thin glass panes.*

*The ThinLam research project from Folienwerk*

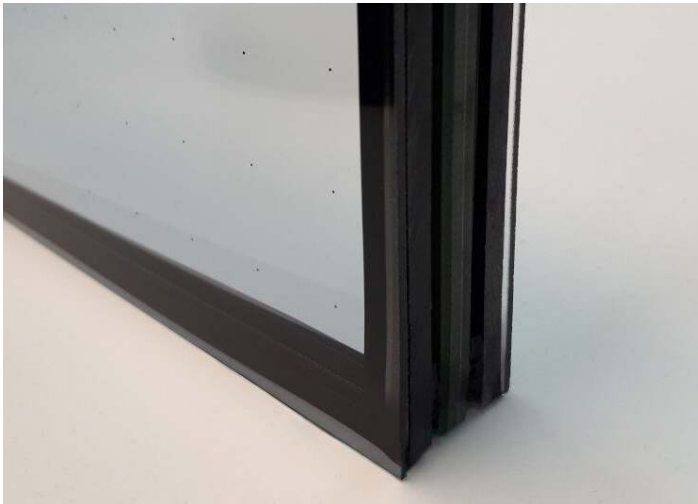
*Wolfen, Schott Technical Glass Solutions and the Institute of Building Construction at the TUD Dresden University of Technology focuses on the development of laminated thin glass with safe fracture behaviour. The main focus is on the development of a suitable interlayer. Not only should this interlayer guarantee safety-relevant properties, but also enable the (cyclic) cold bending of the laminated safety glass in the long term.*

*Both single-layer interlayers and multi-layer sandwich films are being considered. Lamination processes and test concepts have to be adapted as many standardised test methods are not designed for thin glass. The demonstrator that the three project partners are presenting at glasstec 2024, shows chemically toughened aluminosilicate glass with an interlayer of ethylene vinyl acetate (EVA) film and a rigid interlayer of modified polyethylene terephthalate (MPE). These are subjected to torsion. The panes exhibited are suitable as adaptive elements for ventilation or shading, for example.*

## VERBUNDTAFELN AUS DÜNNGLAS UND POLYCARBONAT

### COMPOSITE PANELS OF THIN GLASS AND POLYCARBONATE

Universität Siegen  
Lehrstuhl für Tragkonstruktion  
[www.architektur.uni-siegen.de/tragkonstruktion](http://www.architektur.uni-siegen.de/tragkonstruktion)



(1)

(1) Vakuum-Isolierglas, Polycarbonat und Dünnglas formen ein Verbundsicherheitsglas als Sicherheitssonderverglasung der höchsten Widerstandsklasse P8B gegen manuellen Angriff. *Vacuum insulated glass, polycarbonate and thin glass form a laminated safety glass as security glazing of the highest resistance class P8B against manual attack. (© University of Siegen)*



(2)

(2) Die adaptive Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel (links im opaken Zustand, rechts transparent) verfügt über eine schaltbare Zwischenschicht aus Polymer Dispersed Liquid Crystal (PDLC). *The smart thin glass-polycarbonate composite panels (opaque state on the left, transparent state on the right) have a switchable interlayer of polymer dispersed liquid crystal (PDLC). (© University of Siegen)*

Der Forschungsschwerpunkt am Lehrstuhl für Tragkonstruktion der Universität Siegen liegt im Bereich des Glasbaus, insbesondere in der Entwicklung von multifunktionalen Verglasungen. Eine erste Neuentwicklung des Siegener Forschungsteams ist ein Verbundsicherheitsglas als Sicherheitssonderverglasung der höchsten Widerstandsklasse P8B gegen manuellen Angriff. Es besteht aus Vakuum-Isolierglas als Halbzeug, Polycarbonat und Dünnglas. Das Vakuum-Isolierglas erfüllt passive und aktive Sicherheitsanforderungen und bietet eine schlanke und leichte Alternative zu üblichen Mehrscheiben-Isoliergläsern. Zusätzliche Dünnglastafeln gewährleisten die passive Sicherheit mit Splitterbindung und Resttragfähigkeit. Schlagzähes Polycarbonat ergänzt den Querschnitt für die aktive Sicherheit als einbruchhemmende Verglasung.

Das zweite Exponat verzichtet mit einer speziell entwickelten Zwischenschicht auf die Polycarbonatplatten. Durch den Verbund erweitert sich das Anwendungsspektrum von Vakuum-

Isoliergläsern im Bauwesen auf Bereiche mit sicherheitsrelevanten Anforderungen. Zudem leistet die Entwicklung einen Beitrag zur Optimierung von Verglasungen hinsichtlich Wärme- und Schallschutz.

Das dritte Ausstellungsstück für die glasstec 2024 zeigt ein adaptives Verbundsicherheitsglas aus Dünnglas und Polycarbonat. Die Schaltbarkeit erlaubt die Steuerung des Lichteinfalls sowie des Energiedurchgangs und stellt eine dünne sowie leichte Alternative zu üblichen Verglasungen mit vergleichbaren Funktionen dar.

*The research focus of the Chair of Building Structure at the University of Siegen is in the field of glass construction, particularly in the development of multifunctional glazing.*

*The first new development from the Siegen research team is a laminated safety glass as security glazing of the highest resistance class P8B against manual attack. It consists of vacuum insulated glass, polycarbonate and thin glass. The vacuum insulated glass meets passive and active*

*safety requirements and offers a slim and lightweight alternative to conventional multi-pane insulating glass. Additional thin glass panes guarantee passive safety with splitter bonding and post-breakage behaviour. Impact-resistant polycarbonate complements the cross-section for active security as burglar-resistant glazing.*

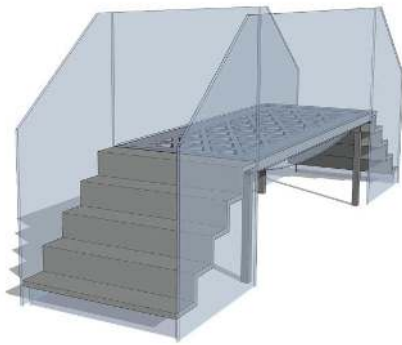
*The second exhibit dispenses with the internal polycarbonate panels thanks to a specially developed interlayer. The composite expands the range of applications for vacuum insulated glass in the construction industry to areas with safety-relevant requirements. The development also contributes to the optimisation of glazing in terms of thermal and sound insulation.*

*The third exhibit for glasstec 2024 is a smart laminated safety glass made of thin glass and polycarbonate. The switchability allows the incidence of light and energy transmission to be controlled and represents a thin and lightweight alternative to conventional laminated safety glass with comparable functions.*

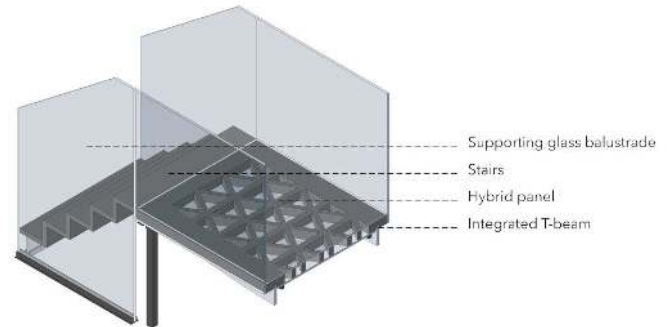
## GLAS-BETON-VERKLEBUNG (G2C)

### GLASS TO CONCRETE (G2C)

Universität Gent  
Gent, Belgien  
ugent.be



(1)

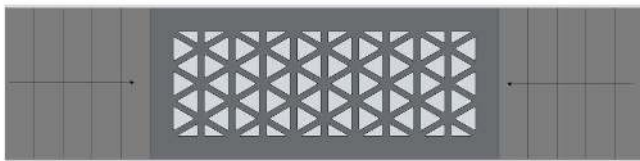


(2)

(1) Die Brücke demonstriert das Potenzial der Verklebung von Glas und Beton als Alternative zu herkömmlichen mechanischen Verbindungen.  
*The bridge demonstrates the potential of bonding glass to concrete as an alternative to conventional mechanical connections. (© Ghent University)*

(2) Glaselemente übernehmen eine statische Funktion.  
*Glass elements play a structural role. (© Ghent University)*

(3) Die Fußgängerbrücke in der Aufsicht: Die Öffnungen in der Betonplatte erhöhen die Transparenz und verringern das Gewicht.  
*Top view of the pedestrian bridge: The openings in the concrete slab add transparency and reduce weight. (© Ghent University)*



(3)

Diese Glas-Beton-Fußgängerbrücke ist ein Projekt der Universität Gent zum Thema „Glas zu Beton“ (G2C). Das Exponat untersucht das Potenzial der Verklebung von Glas an Beton als Alternative zu herkömmlichen mechanischen Verbindungen. Dieser innovative Prototyp demonstriert mehrere Anwendungen der Glas-Beton-Verklebung.

Die Brückenspannweite von drei Metern wird durch ein hybrides Glas-Beton-Element mit integrierten T-förmigen Trägern erreicht. Der Kern des Elements besteht aus einer Betonschicht mit strategisch platzierten Öffnungen, die das Gewicht reduzieren und die Transparenz erhöhen. Glasplatten sind sowohl an der Ober- als auch an der Unterseite verklebt, was die Steifigkeit des Elements insgesamt verbessert. Die T-förmigen Träger sind über einen Betonflansch mit dem hybriden Element verbunden. In diesem Flansch befindet sich eine Nut mit einer vertikal darin verklebten Glasscheibe, die die Tragstruktur ergänzt. Das Glaselement ist so geformt, dass es der Momentenlinie des Trägers

folgt und so die Lastverteilung optimiert.

Die Glasgeländer sind an den Kanten des hybriden Elements verklebt. Die schlanken Treppen, die aus ultrahochfestem Beton (UHPC) gefertigt sind, werden an den Glas-Seitenpaneelen befestigt, die sowohl als Geländer als auch als Tragwerk dienen. Diese Glasplatten tragen die Last der Treppe und erzeugen eine schwebende Fiktion, wobei das Glaselement darunter nur minimal belastet wird.

*This glass/concrete pedestrian bridge is a project by Ghent University on the subject of 'Glass to Concrete' (G2C). The exhibit explores the potential of adhesively bonding glass to concrete as an alternative to conventional mechanical connections. This innovative prototype demonstrates several applications of glass-to-concrete bonding*

*The three-metre span of the bridge is achieved through a hybrid glass/concrete panel featuring integrated T-shaped beams. The core of the panel consists of a concrete slab with strategi-*

*cally placed openings to reduce weight and increase transparency. Glass plates are adhesively bonded to both the top and bottom surfaces, enhancing the element's overall stiffness. The T-shaped beams have a concrete flange that extends into the hybrid panel. Within this flange, a notch accommodates a vertical glass web, securely bonded to complete the beam's structure. The glass web is shaped to follow the moment line of the beam, optimising load distribution.*

*Glass balustrades are bonded to the edges of the hybrid panel. The slender stairs, crafted from ultra-high-performance concrete (UHPC), are attached to the glass side panels, which serve as both balustrades and structural supports. These glass panels bear the staircase load, creating a floating appearance with minimal dependence on the thin glass plate beneath.*

## GLÄSER MIT LICHTREFLEKTIERENDEN FOLIENBESCHICHTUNGEN

### LIGHT-REFLECTING GLASS FILM COATINGS

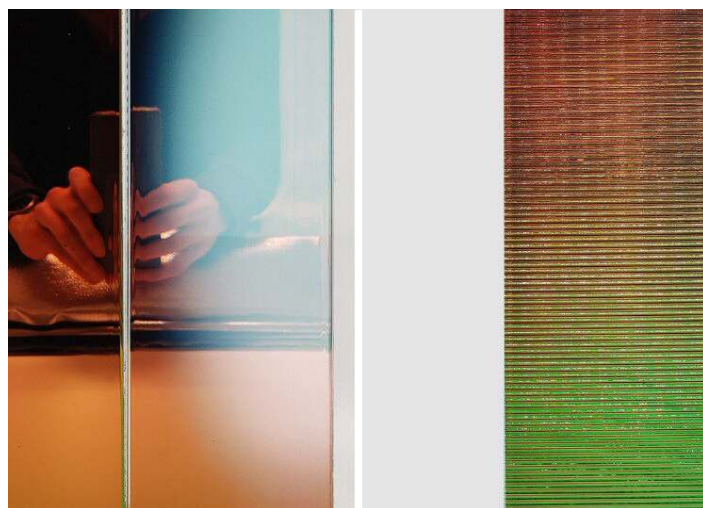
ClimAd Technology  
Eindhoven, Netherlands  
climadtechnology.com



(1)

(1) Die winkelabhängigen roten und grünen Reflexionsfolien von ClimAd Technology sind zwischen zwei Glasscheiben laminiert.

*ClimAd Technology's angular dependent red and green reflective films laminated between two glass panes. (© Max van Dijken)*



(2)

(2) Links: Eine Kombination aus der roten reflektierenden Folie von ClimAd Technology mit dem Farbverlaufdruck von van Dijken. Rechts: Farbverlauf, der durch die Laminierung der Reflexionsfolien von ClimAd Technology mit geripptem Glas entsteht.

*Left: A combination of ClimAd Technology's red reflective film backed with van Dijken's gradient print. Right: Colour gradient created by laminating ClimAd Technology's reflective films with ribbed glass. (© Max van Dijken)*

Im Rahmen der Sonderschau glass technology live zeigt ClimAd Technology eine Kombination aus Flüssigkristallbeschichtungen, hochauflösendem Druck und verschiedenen Glaskombinationen. Die besonderen Eigenschaften der lichtreflektierenden Beschichtung von ClimAd Technology in Verbindung mit der präzisen Drucktechnik von Van Dijken Glas eröffnen neue Horizonte im ästhetischen Glasdesign.

Die von ClimAd Technology entwickelten farbigen Reflexionsfolien basieren auf einer Flüssigkristall-Beschichtungstechnik. Damit reflektieren sie Licht in beliebigen Farben, die sich je nach Blickwinkel einer Person ändern. Bei der Anwendung auf einer Gebäudefassade sind zum Beispiel helle Farben von außen sichtbar, während im Inneren eines Gebäudes subtile Lichtstimmungen entstehen.

Van Dijken Glas erweitert kontinuierlich die Möglichkeiten des Glasdesigns durch einen co-kreativen Ansatz. Im Laufe der Jahre hat die Drucktechnik Color Lam weite Anerkennung gefunden und wird in hochwertigen Innen- und

Außenanwendungen eingesetzt. Color Lam zeichnet sich durch lebendige Farben, hohe Transparenz und gestochen scharfe Bilder aus. Die Folien eignen sich zur Laminierung zwischen zwei oder mehreren Glasscheiben. Sowohl Innen- als auch Außenanwendungen sind möglich.

*At the special glass technology live show, ClimAd Technology is presenting a fusion of liquid crystal coatings, high-resolution printing and various glass combinations. The special properties of the light-reflecting ClimAd Technology coating combined with the precision printing technology by Van Dijken Glas open up new horizons in aesthetic glass design.*

*The coloured reflective films developed by ClimAd Technology are based on liquid crystal coating technology. Therefore, they reflect light in any colour, changing with a person's perspective. When applied to a building's exterior, bright colours are visible from the outside, while subtle light ambiances are left to a building's interior.*

*Van Dijken Glas is always looking to expand the options for glass design with a co-creative approach. Over the years the Color Lam printing technology has become widely recognised and is used in high-end interior and exterior applications. Vibrant colours, high transparency and crisp imaging are what sets Color Lam apart. The films are suitable for lamination between two or more sheets of glass. Both interior and exterior applications are possible.*

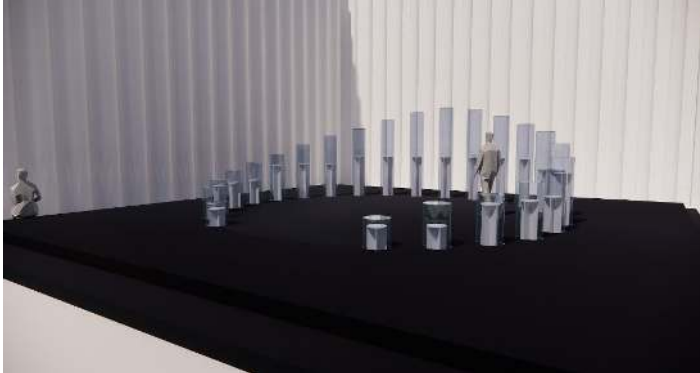
## IDEEN ZUR KLIMA- UND RESSOURCENSCHONUNG IN DER GLASBRANCHE

### IDEAS FOR THE PROTECTION OF CLIMATE AND RESOURCES

CircuClarity

Lisa Rammig, Eckersley O'Callaghan

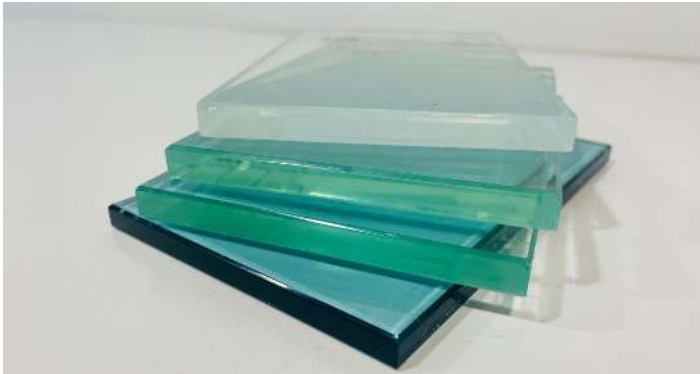
Linda Hildebrand, RWTH Aachen



(1)



(2)



(3)

- (1) Die Visualisierung zeigt das Konzept für die Präsentation der Ausstellungsstücke.  
*The visualisation shows the concept for the presentation of the exhibits. (© CircuClarity)*
- (2) Das Auffinden und die Wiederaufbereitung von geeignetem Glasbruch werden durch die wachsende Leistungsfähigkeit digitaler Werkzeuge erleichtert.  
*Finding and re-processing cullet benefits from the growing performance of digital tools, helping to make recycling easier. (© CircuClarity)*
- (3) Die Sammlung zeigt Wege für den Klima- und Ressourcenschutz in der Glasbranche, soll damit Mut machen und die Notwendigkeit des Hochskalierens verdeutlichen.  
*The collection shows ways to protect the climate and save resources in the glass industry, with the aim of encouraging and highlighting the need to upscale. en. (© CircuClarity)*

Im Bewusstsein der planetaren Grenzen unternimmt die Glasindustrie Schritte, um innovative Produkte anbieten zu können, die gleichzeitig von einem verantwortungsvollen Umgang mit der Umwelt zeugen. Die Kategorien Wiederverwendung und -verwertung werden weiter differenziert und zeigen vielfältige Potenziale, wie zum Beispiel die Weiternutzung von Isoliergläsern im Bestand, oder das maschinenunterstützte Trennen von Glasverbänden, um Glasscheiben wieder nutzen zu können.

CircuClarity zeigt – als Ausstellung in der Ausstellung – verschiedene Exponate zu Prozessen und Produkten, die im Laufe des Lebenszyklus von Gläsern und Verglasungen eine Rolle spielen. Die Sammlung zeigt Wege für den Klima- und Ressourcenschutz und gibt damit einem Momentum in der Branche Raum, das Mut macht und die Notwendigkeit des Hochskalierens verdeutlicht.

Die CircuClarity-Initiative besteht aus einem breit gefächerten Konsortium von Akteurinnen und Akteuren. Die gemeinsame Aufgabe be-

steht darin, Wissen zu verbreiten und den Fortschritt in der Glas- und Fassadenindustrie voranzutreiben, um eine Kreislaufwirtschaft zu fördern.

CircuClarity wurde 2022 auf der Glasstec von Lisa Rammig von Eckersley O'Callaghan und Linda Hildebrand von der RWTH Aachen gegründet. Bei der Umsetzung des Projekts für die glass technology live wirkten Martien Teich von der HS München, Michael Elstner von AGC Glass Europe / Glas Elstner sowie Enrico Cutri und Valérie Hayez von Dow mit. Die Röhren wurden von Schott zur Verfügung gestellt.

*Showing awareness of planetary limitations, the glass industry is taking steps to offer innovative products that also demonstrate a responsible approach to the environment. The categories of reuse and recycling are further differentiated and show diverse potential, such as the reuse of insulating glass in existing buildings or the machine-assisted separation of glass laminates to reuse glass panes.*

*CircuClarity features various processes and products that are created during the life cycle of glasses and glazing. The collection demonstrates ways to protect the climate and save resources, thus providing space for momentum in the industry that encourages and emphasises the need for upscaling.*

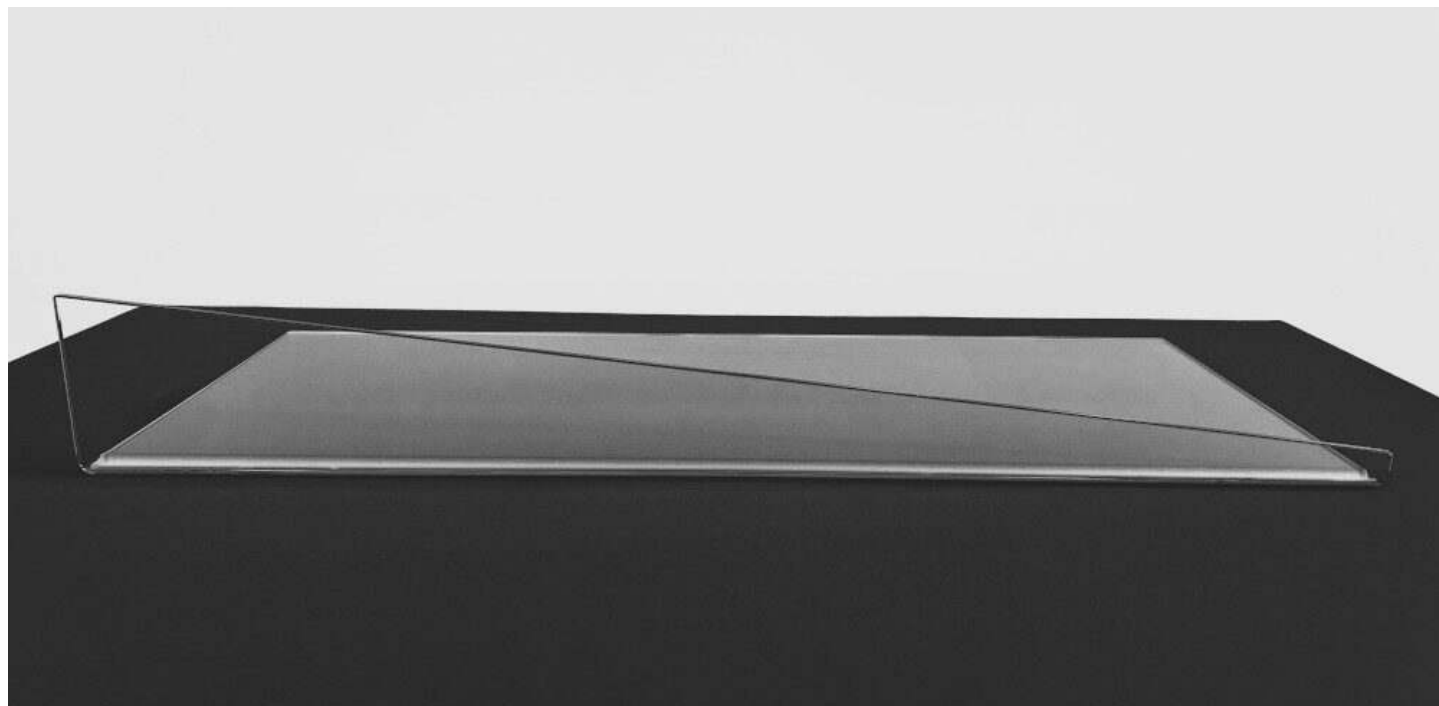
*The CircuClarity initiative consists of a diverse consortium of players. The common mission is to disseminate knowledge and drive progress in the glass and facade industry to promote climate neutrality and circularity.*

*CircuClarity was founded in 2022 at glasstec by Lisa Rammig of Eckersley O'Callaghan and Linda Hildebrand of RWTH Aachen University. Martien Teich of Munich University of Applied Sciences, Michael Elstner of AGC Glass Europe / Glas Elstner and Enrico Cutri and Valérie Hayez of Dow were involved in putting together the project for glass technology live. The tubes were contributed by Schott.*

## GLASSTUFEN, GEFALTET

### GLASS STEPS, FOLDED

Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt, Germany  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



Durch das Falten des Glases kann die Materialstärke der Glasstrukturen beträchtlich reduziert werden, was leichtere, effizientere Konstruktionen erlaubt.

*By folding the glass, the material thickness of the glass structures can be considerably reduced, allowing for lighter, more efficient constructions. (© TU Darmstadt)*

Mit der von Glape entwickelten revolutionären Biegetechnik wird herkömmliches Flachglas zu maßgeschneiderten dreidimensionalen Strukturen umgestaltet. Dieser transformative Prozess erschließt das volle Potenzial von Glas, indem flache Scheiben in komplexe Formen gefaltet werden, die eine hervorragende geometrische Steifigkeit bieten und die Biegetragfähigkeit erheblich verbessern. Durch das Falten des Glases kann die Materialstärke der Glasstrukturen beträchtlich reduziert werden, was zu leichteren, effizienteren Konstruktionen führt sowie zu einem geringeren Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Gefaltete Flachgläser eröffnen spannende Designmöglichkeiten, wie zum Beispiel freitragende Glasstufen, die weitaus weniger Material verbrauchen als herkömmliche mehrschichtige Varianten. Diese Innovation ermöglicht Treppenkonstruktionen, die zu schweben scheinen, und erweitert dadurch die Möglichkeiten der architektonischen Gestaltung. Entwickelt hat die transparenten Glasstufen ein Konsortium, be-

stehend aus Glape, H.B. Fuller, SK Scheidel, Yachtglass, Glas-Lippold, Finiglas, Hölscher und Eckersley O'Callaghan zusammen mit dem Glass Competence Center der TU Darmstadt. Größere Anwendungen sind in Planung. Sie lassen die Vorfremde wachsen auf das, was die Zukunft der Glastechnologie durch die Verbindung von Nachhaltigkeit und außergewöhnlichem Design mit sich bringen wird.

*With the innovative bending technique developed by Glape, traditional flat glass is reimaged into custom three-dimensional structures. This transformative process unlocks the full potential of glass, folding flat sheets into complex shapes that offer superior geometric stiffness and significantly enhance bending capacity. By folding the glass, material thickness can be drastically reduced, leading to lighter, more efficient designs that lower CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption.*

*Folded plates open up exciting design opportunities, such as cantilevered glass steps that use far*

*less material than traditional multi-laminate options. This innovation allows for the creation of weightless, elegant staircases that appear to float, redefining what's possible in architectural design. The transparent glass steps were developed by a consortium consisting of Glape, H.B. Fuller, SK Scheidel, Yachtglass, Glas-Lippold, Finiglas, Hölscher and Eckersley O'Callaghan in collaboration with the Glass Competence Center of the Technical University of Darmstadt. Larger applications are in the planning stage. They are fuelling anticipation of what the future of glass technology will bring - by combining sustainability and exceptional design.*

## PV-MODULE MIT VERSCHIEDENEN GLASRÜCKSEITEN IM TEST

### TESTING OF PV MODULES WITH DIFFERENT GLASS BACKSHEETS

LandGlass Technology Co. Ltd  
Luoyang, China  
www.landglass.net



(1)

(1) Das Exponat besteht aus verschiedenen Photovoltaikmodulen, die auf einer Unterkonstruktion montiert sind. Die verglichenen Module sind mit 3,2 mm Cadmiumtellurid-Photovoltaikzellen und 1,14 mm PVB ausgestattet.  
*The exhibit consists of various photovoltaic modules mounted on a substructure. The modules compared are equipped with 3.2-mm cadmium telluride photovoltaic cells and 1.14-mm PVB. (© LandGlass Technology Co. Ltd)*



(2)

(2) Die Messungen zeigen, dass sich Photovoltaikmodule aus Vakuumisoliertglas insbesondere für gebäudeintegrierte Lösungen eignen.  
*The measurements show that photovoltaic modules made of vacuum-insulating glass are particularly suitable for building-integrated solutions. (© LandGlass Technology Co. Ltd)*

Photovoltaikmodule generieren bei der Stromerzeugung Wärme. Werden die BIPV-Module in die Gebäudehülle integriert, kann das nicht nur die Effizienz der Stromerzeugung verringern, sondern auch den Komfort in Innenräumen beeinflussen. Wenn dadurch zusätzliche Kühlung benötigt wird, steigert das den Energieverbrauch. Die verglichenen Module sind mit 3,2 mm Cadmiumtellurid-Photovoltaikzellen und 1,14 mm PVB ausgestattet. Das erste Photovoltaikmodul (#1) liegt auf 4 mm gehärtetem Glas, das zweite (#2) auf 8,3 mm Vakuumisoliertglas und das dritte (#3) ist mit 20 mm Isolierglas ausgestattet. Über dem Stand befindet sich eine Lichtquelle aus 9 Sätzen Jod-Wolfram-Lampen mit einer Leistung von je 1000 W. Die Temperatur der oberen und unteren Oberflächen der PV-Module wird im Vergleich gemessen, während gleichzeitig die Stromerzeugung überwacht wird. Dadurch lässt sich ermitteln, wie die PV-Module für die Gebäudeintegration konfiguriert sein müssen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Ausgehend von den Werten der unteren Oberflächentemperatur ergibt sich die folgende Temperaturrangfolge der drei Module: 2#<#3<#1. Die niedrigere Oberflächentemperatur steht in positiver Korrelation mit dem U-Wert der PV-Module. Das Photovoltaik-Vakuumisoliertglas-Modul (#2) hat den niedrigsten U-Wert, was zu der niedrigsten Temperatur auf der Unterseite führt. Bei diesem Modul ist die an den Raum übertragene Wärmemenge in Relation zum erzeugten Strom also am geringsten.

*Photovoltaic modules generate heat while generating electricity. If the BIPV modules are integrated into the building envelope, this may not only reduce the efficiency of electricity generation, but also affect indoor comfort. Should additional cooling be required as a result, this will increase energy consumption. The compared modules are equipped with 3.2-mm cadmium telluride photovoltaic cells and 1.14-mm PVB. The first photovoltaic module (#1) is on 4-mm tempered glass, the second (#2) on*

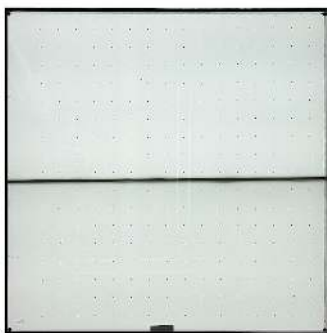
*8.3-mm vacuum-insulated glass and the third (#3) 20-mm insulated glass. Above the stand is a light source consisting of nine sets of iodine-tungsten lamps, each with a power of 1000 W. The temperature of the upper and lower surfaces of the PV modules is measured in comparison, while simultaneously monitoring the power generation. This makes it possible to determine how the PV modules for building integration should be configured in order to achieve an optimal result.*

*Based on the values of the lower surface temperature, the following temperature ranking of the three modules results: 2#<#3<#1. The lower surface temperature is positively correlated with the U-value of the PV modules. The photovoltaic vacuum-insulating glass module (#2) has the lowest U-value, which results in the lowest temperature on the lower surface. When using this module, the amount of heat transferred to the room in relation to the electricity generated is therefore the lowest.*

## VAKUUMISOLIERGLAS MIT INTEGRIERTEM VOGELSCHUTZ

### VACUUM INSULATING GLASS UNIT FOR BIRD PROTECTION

Glass Competence Center (GCC)  
TU Darmstadt  
[www.tu-darmstadt.de/glass-cc/](http://www.tu-darmstadt.de/glass-cc/)



(1)



(2)



(3)

(1) Das Vogelschutz-Vakuumisolierglas-Hybrid (BPVIG-H) hat einen niedrigen U-Wert von  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .  
*The bird protection vacuum insulating glass hybrid (BPVIG-H) has a low U-value of  $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . (© Glass Competence Center (GCC) der TU Darmstadt)*

(2) Die Anordnung der Punkte entspricht dem Raster der Abstandhalter des VIG und macht das Glas für Vögel sichtbar.  
*Dots, with the same spacing as the supports of the VIG, make the glass visible to birds. (© Glass Competence Center (GCC) der TU Darmstadt)*

(3) Der Druck im Vakuumpalt liegt bei unter  $0,1 \text{ Pa}$ , was nahezu keine Wärmeleitung zulässt.  
*The pressure in the vacuum gap is less than  $0.1 \text{ Pa}$ , which allows virtually no heat conduction. (© Glass Competence Center (GCC) der TU Darmstadt)*

Das Vogelschutz-Vakuumisolierglas-Hybrid (BPVIG-H) vereint eine herausragende thermische Isolierung mit Vorkehrungen zur Vermeidung von Vogelkollisionen. Der niedrige U-Wert von  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sorgt für hohe Energieeffizienz, während das sichtbare Design auf der Glasoberfläche das Risiko von Vogelschlägen minimiert.

Das Vakuumisolierglas (VIG) besteht aus zwei 5 mm dicken, thermisch vorgespannten Glasscheiben, getrennt durch einen Vakuumpaltenraum von  $0,1 \text{ mm}$ . Der Druck im Vakuumpalt liegt bei unter  $0,1 \text{ Pa}$ , was nahezu keine Wärmeleitung zulässt. Der Stützenabstand von  $50 \text{ mm}$  sichert die Stabilität der Einheit, während eine Low-E-Beschichtung (Position 5) auf der inneren Scheibe die Wärmeabstrahlung reduziert.

Die Vogelschutzfunktion wird durch Reflexionspunkte, hergestellt von der SEEN Group, realisiert. Sie befinden sich im Scheibenzwischenraum und sind dadurch vor Witterung geschützt. Die Punkte, die denselben Abstand wie die Stüt-

zen des VIG haben, machen das Glas für Vögel sichtbar und bieten eine optimale Kombination aus Funktionalität und dem vermeintlichen ästhetischen Nachteil eines VIG. Eine zusätzliche 4 mm dicke Außenscheibe aus gehärtetem Floatglas erhöht die Stabilität.

Mit einer Gesamtdicke von  $26 \text{ mm}$  und einem U-Wert von  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erfüllt das BPVIG-H strenge energetische und umweltschutztechnische Anforderungen und könnte eine Schlüsseltechnologie im Fassadenbau werden, um regulatorische Vorgaben zu erfüllen.

*The bird protection vacuum insulating glass hybrid (BPVIG-H) combines outstanding thermal insulation with measures to prevent bird collisions. The low U-value of  $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ensures high energy efficiency, while the visible design of the glass surface minimises the risk of bird strikes.*

*The vacuum insulating glass (VIG) consists of two 5-mm thick, thermally toughened glass panes, separated by a vacuum gap of  $0.1 \text{ mm}$ .*

*The pressure in the vacuum gap is less than  $0.1 \text{ Pa}$ , which allows virtually no heat conduction. The support spacing of  $50 \text{ mm}$  ensures the stability of the unit, while a low-E coating on the inner pane (position 5) reduces heat radiation.*

*The bird protection function is achieved by the reflective spacers manufactured by the SEEN Group. They are located in the vacuum gap between the panes and are therefore protected from the weather. These spacers, which have the same grid as the supports of the VIG, make the glass visible to birds and offer an optimum combination of functionality and the supposed aesthetic disadvantage of a VIG. An additional 4-mm thick outer pane of toughened float glass increases stability.*

*With a total thickness of  $26 \text{ mm}$  and a U-value of  $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , the BPVIG-H fulfils strict energy and environmental protection requirements and could become a key technology in facade construction in order to meet regulatory requirements.*

# IMPRESSUM

---

# IMPRINT

---

## TEAM

### **Projektleitung / Project management**

Lars Wismer

### **Ausstellungsdesign / Exhibition design**

Prof. Dr.-Ing. Jutta Albus

### **Leitung Netzwerk / Chair Network**

Prof. Dr. Ing. Ulrich Knaack

### **Redaktion / Editorial work**

DETAIL Architecture GmbH

Dipl.-Ing. Claudia Hildner

Dipl.-Ing. Jakob Schoof

### **Abbildungsnachweis:**

Alle Foto- und Textrechte liegen bei den jeweiligen Copyrightinhabern, Büros und Fotografen.

© 2024 Messe Düsseldorf

© 2024 für die Abbildungen und Texte bei den Autoren, ihren Erben oder Rechtsnachfolgern.

Abdruck oder Vervielfältigung (auch elektronisch) bedarf der schriftlichen Zustimmung der Rechthehalter.

Stand: April 2025

## HOCHSCHULNETZWERK / UNIVERSITY NETWORK

### **TU Darmstadt**

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Knaack

Dr.-Ing. Miriam Schuster

Dr.-Ing. Matthias Seel

Hans Ignacio Scholz Campos, M.Sc.

### **TU Delft**

Ass. Prof. Dr. Telesilla Bristogianni

Ass. Prof. Dr. Faidra Oikonomopoulou

### **Hochschule Bochum**

Prof. Dr.-Ing. Jutta Albus

### **TU Dresden**

Prof. Dr.-Ing. Michael Engelmann

### **Photo credits:**

*All photograph and text rights are held by the respective copyright holders, offices and photographers.*

© 2024 Messe Düsseldorf

© 2024 of works written and illustrated by the authors, their heirs or legal successors.

*Reproduction (including electronic) without written permission of the copyright holders is prohibited.*

Status: April 2025

Messe Düsseldorf GmbH  
Postfach 10 10 06 \_ 40001 Düsseldorf \_ Germany  
Tel. +49 211 4560-01 \_ E-Mail: SeltmannA@messe-duesseldorf.de

[www.messe-duesseldorf.de](http://www.messe-duesseldorf.de)

