

VISI

---

ONS

---

**GLASS TECHNOLOGY LIVE**

**THE HUB @ GLASSTEC | 23 - 26 OCTOBER 2018**



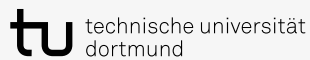
# VISIONS

---

**GLASS TECHNOLOGY LIVE**

THE HUB @ GLASSTEC

23 – 26 OCTOBER 2018



# INHALT

---

<b>VORWORT   FOREWORD</b>	<b>06</b>
<b>TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT:</b> <b>NEUE TECHNOLOGIEN UND DIE ZUKUNFT DES KONSTRUKTIVEN GLASBAUS</b>	<b>10</b>
NEW TECHNOLOGIES AND THE FUTURE OF GLASS IN BUILDING CONSTRUCTIONS	
<b>TECHNISCHE UNIVERSITÄT DELFT:</b> <b>KONSTRUKTIVES GLAS: NEUE GLASARTEN UND GLASBAUTYPOLOGIEN</b>	<b>24</b>
STRUCTURAL GLASS: NOVEL GLASS TYPES AND GLASS CONSTRUCTION TYPOLOGIES	
<b>TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND:</b> <b>INTERAKTIVE FASSADEN UND ENERGETISCHE FUNKTIONEN VON GLÄSERN</b>	<b>42</b>
INTERACTIVE FAÇADES AND ENERGETIC FUNCTIONS OF GLASS	
<b>TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN:</b> <b>VERBINDEN DURCH KLEBEN – POTENTIALE IM GLASBAU</b>	<b>56</b>
JOINING BY ADHESIVE BONDING – POTENTIAL IN GLASS CONSTRUCTIONS	
<b>EXHIBITION</b>	<b>74</b>
<b>AUSSTELLER   EXHIBITORS</b>	<b>146</b>
<b>IMPRESSUM   IMPRINT</b>	<b>152</b>

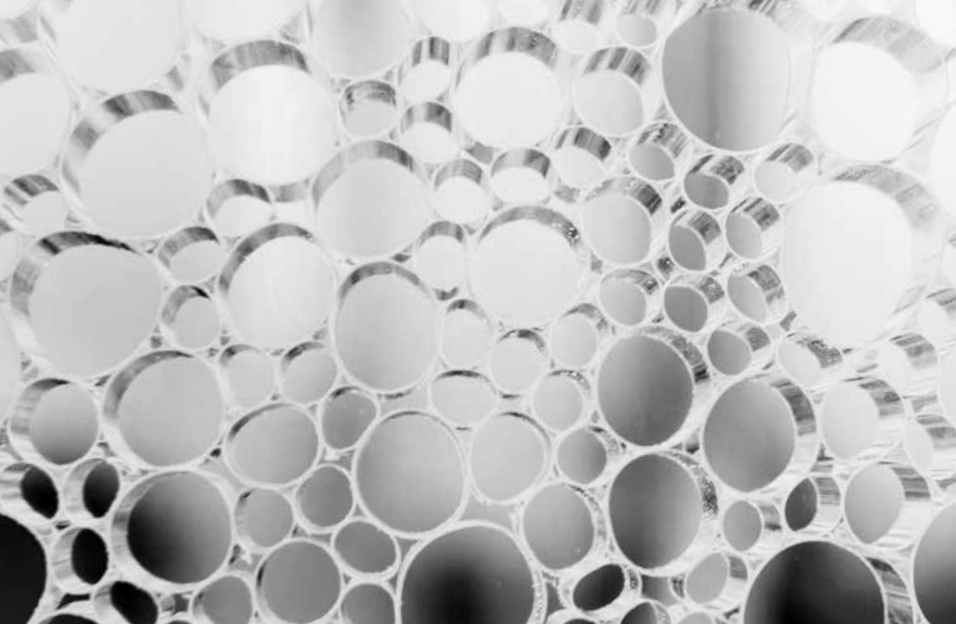
# BAUEN MIT GLAS BLEIBT SPANNEND!

Mit welchem anderen Material kann man besser solare Energiegewinne erzeugen, als mit Glas – und gleichzeitig Transparenz erzeugen? Auch im Bereich der Energieeinsparung ist der Werkstoff Glas mit seinen verschiedenen Lösungen gut positioniert. Erweitern wir diesen Bereich um Wärmedämmung, Licht, Lichtsteuerung sowie Be- und Entlüftung sind beinahe alle Aspekte der Gebäudehülle abgedeckt – und auch hier leistet Glas seinen deutlichen Anteil.

Neben diesen Aspekten entwickelt sich der Werkstoff Glas im Bauwesen hinsichtlich seiner Herstellung, Anwendung und Produkten rapide. Gleiches gilt für die sich entwickelnden Möglichkeiten der interaktiven Fassaden, die nicht nur als Kommunikationsflächen nach außen, sondern auch als aktive Gebäudehülle nach innen fungieren können. Neue Konstruktionen aus massiven Glasstei-

## **BUILDING WITH GLASS REMAINS EXCITING!**

*What other material is better suited to generating energy, while also achieving transparency, than glass? Glass cannot only produce energy; in its various shapes and characteristics, it can also support energy savings. If we expand this to include heat insulation, light, light directing and ventilation, almost all aspects of the building envelope are covered – with glass playing a significant role. Besides these aspects, glass is undergoing enormous changes in terms of manufacturing, products and applications. The same is true for the emerging possibilities of interactive façades since they cannot only function as communication surfaces towards the outside but as active building envelopes as well. New constructions made of massive glass bricks or ultra-thin glass panes, which are even ca-*



nen oder ultradünnen Glasscheiben, die sogar eine sich wiederholende Verformung akzeptieren können, sind Beispiele für mögliche neue Anwendungsfelder im Bauen.

Das 25. Jubiläum der glasstec bringt einige Veränderungen mit sich. Von diesem Wandel profitiert die Weltleitmesse glasstec und mit ihr die glass technology live (gtl). Die Sonderchau ist in den letzten 20 Jahren zu einem der wichtigsten Impulsgeber für die internationale Glasbranche geworden. Dies ist vor allem Herrn Professor Stefan Behling, Senior Executive Partner bei Foster + Partners, und seinem Team des Instituts für Baukonstruktion der Universität Stuttgart zu verdanken. Sie haben zwei Jahrzehnte die gtl konzipiert, organisiert und geprägt.

Neue Impulse setzt ab 2018 ein Hochschulnetzwerk: Dazu gehören die Technische Universität Darmstadt, die Technische Universi-

*pable of withstanding repeated deformation, are examples of new potential applications in the building industry. The 25th anniversary of glasstec brings about several changes. The world's leading trade fair glasstec and with it "glass technology live" (gtl) both profit from these changes. Over the past twenty years, the special exhibit has become an important trendsetter for the international glass industry, owing to Professor Stefan Behling, Senior Executive Partner at Foster + Partners, and his team at the Institute of Building Construction at the University of Stuttgart. For more than twenty years, they have conceptualised, organised and coined gtl. From 2018 onwards, a university network prompts new impulses: amongst others TU Darmstadt, Delft University of Technology, TU Dresden and TU Dortmund University. With regard to the topic of Interactive Façades, Display Glass, Energy and*



tät Delft, die Technische Universität Dresden und die Technische Universität Dortmund. In den Schwerpunktthemen Interaktive Fassaden/Display Glas, Energie und Performance, Konstruktives Glas (massives Glas/Dünnglas) werden hier innovative Lösungen nebst zukunftsgerichteten Technologien vorgestellt. Mehr als 70% der Exponate werden erstmals präsentiert.

Ergänzt wird diese Sonderschau durch die *glasstec conference*, die thematisch und räumlich eine noch stärkere Verbindung zwischen Theorie und Praxis herstellen wird. Die unter der Dachmarke *glasstec conference* zusammengefassten Konferenzen greifen dabei ebenfalls aktuelle Forschungsprojekte aus der Sonderschau auf.

Inhaltliche Partner der *glasstec conference* sind das Forum Glastechnik im VDMA, die Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG),

*Performance, Structural Use of Glass (massive glass/thin glass), innovative solutions in addition to future-oriented technologies are presented. More than 70% of the exhibits are shown for the first time. The special exhibit is complemented by the *glasstec conference*, which, in terms of topics and location, draws an even closer link between theory and practise. The different conferences under the *glasstec conference umbrella* each take up current research projects from the special exhibition. Partners of the *glasstec conference* are Forum Glastechnik at VDMA, Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG), Hütten-technische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), Bundesverband Flachglas e.V. (BF) as well as EuroWindow AISBL.*

*No other expert event presents the material glass in such a comprehensive manner; be it with its diverse general programme or the*



glass  
technology live  
THE HUB @ GLASSTEC

die Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), der Bundesverband Flachglas e.V. (BF) sowie EuroWindow AISBL.

Keine andere Fachveranstaltung präsentiert Glas als Werkstoff in so umfassender Form. Sei es durch das vielfältige Rahmenprogramm oder durch die Bandbreite an Neuheiten und Innovationen. Die glasstec ist nicht nur die größte Fachmesse für die internationale Glasbranche, sondern auch die Leitmesse Nr. 1, an der sich die gesamte Glaswelt orientiert.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Knaack  
und Birgit Horn

*broad scope of novelties and innovations. Not only is glasstec the largest trade fair for the international glass industry, it is also the world's leading trade fair that the entire glass world is guided by.*

*Prof. Dr.-Ing. Ulrich Knaack  
and Birgit Horn*

NEUE

TECHNOLOGIEN

UND DIE

ZUKUNFT DES

KONSTRUKTIVEN

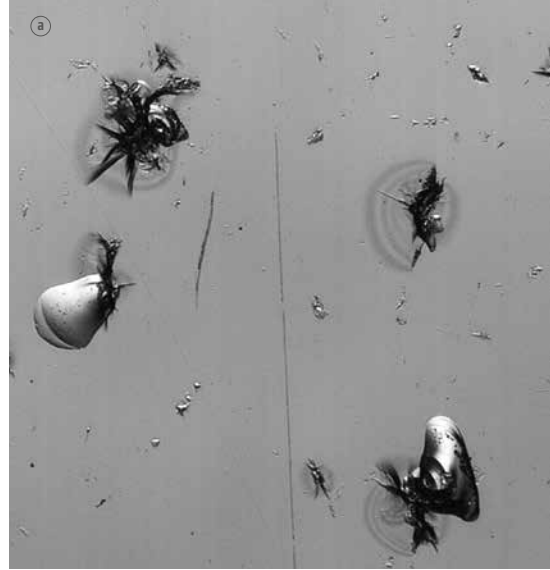
GLASBAUS

Der Werkstoff Glas ist ein beliebter Konstruktionswerkstoff im Bauwesen, mit dem heutzutage monumentale Gebäudestrukturen unter Anwendung von großformatigen Gläsern bei nahezu vollständiger Transparenz geschaffen werden können. Die Erforschung von Glas erstreckt sich dabei über die Analyse der Glasherstellung, -veredlung und des Glasmonitorings, dem Erforschen neuer Anwendungen für Dünnglas sowie deren Untersuchungen im Bereich der Fügetechnik und dem Bruch- und Nachbruchverhalten von Glas und Glaslaminaten. Aktuelle Technologien und Entwicklungen sowie die Zukunft des konstruktiven Glasbaus werden im Folgenden beschrieben.

*Glass is a popular construction material in the building industry that can nowadays be used to create monumental building structures using large-format glass with almost complete transparency. Research into glass covers the analysis of glass production and monitoring, research into new applications for e.g. thin glass, investigations in the field of joining technology and the fracture and post-break behaviour of glass and glass laminates. Current technologies, developments and the future of constructive glass construction are described below.*

Die wesentliche Kenngröße für die sichere Bemessung von Glas ist die Festigkeit. Sie ist wesentlich von mikroskopisch kleinen Schäden (Mikrorisse bzw. Eindrückungen) an der Glasoberfläche und -kante abhängig (Abb. 1). Der Schneidvorgang als erster Prozessschritt bei der Verarbeitung von Flachglas weist im Bereich des Zuschnitts mittels Schneidrädchen Potential auf, die Kantenfestigkeit nachhaltig durch Optimierung der Schneidparameter zu steigern [2]. Zudem zeigen sich hier Möglichkeiten durch Monitoring der geschnittenen Kante während des Produktionsprozesses die gesteigerte Kantenfestigkeit zerstörungsfrei zu bewerten, da sich unterschiedliche Ausprägungen der optischen Merkmale der geschnittenen Kante unterschiedlichen Festigkeitsniveaus zuordnen lassen (Abb. 2).

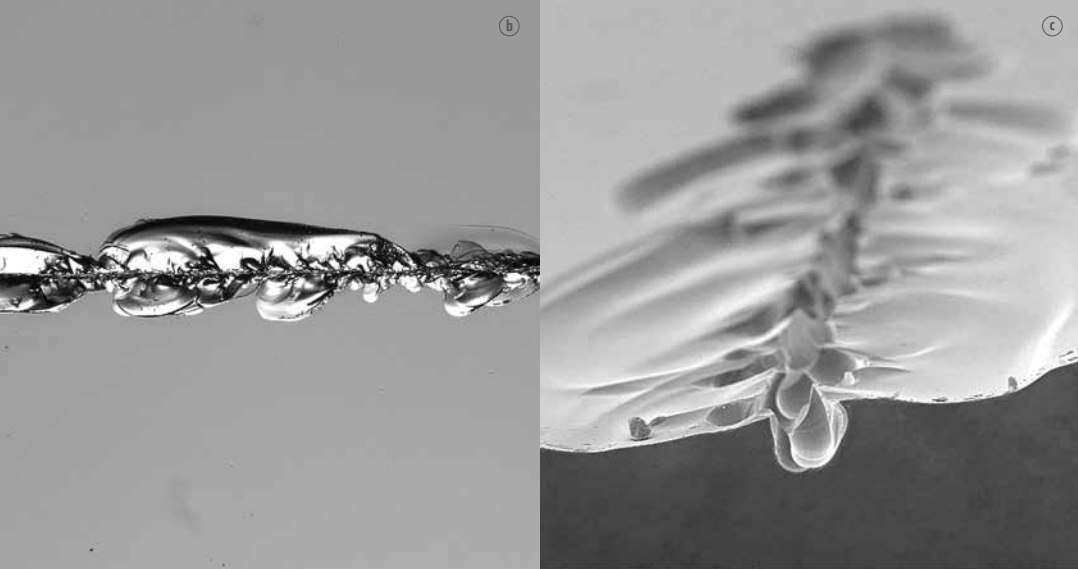
Der Spontanbruch von thermisch vorgespanntem Glas wird häufig durch Einschlüsse von Nickelsulfid (NiS) hervorgerufen. Im Her-



*The essential parameter for the safe design of glass is its strength. It is determined by microscopic damage (microcracks) on the glass surface and along the edge (Fig. 1).*

*The cutting process is the first step in the processing of flat glass that has the potential to sustainably increase the edge strength by optimizing the cutting parameters [2]. In addition, the increased edge strength can be evaluated non-destructively by monitoring the cut edge during the production process as different optical characteristics of it can be assigned to different levels of strength.*

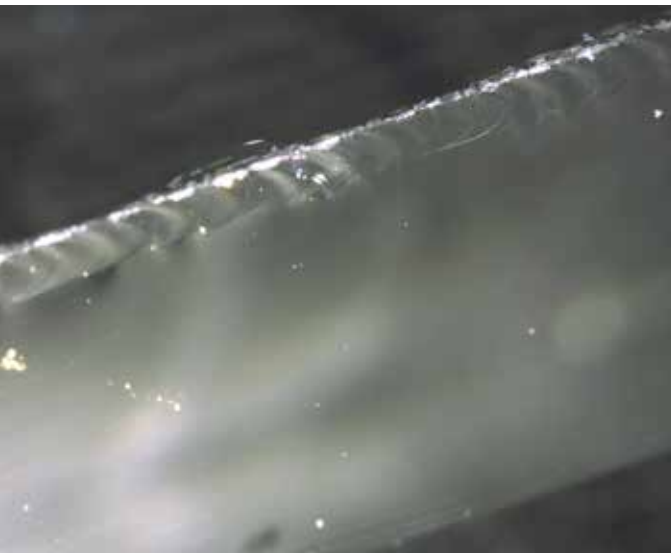
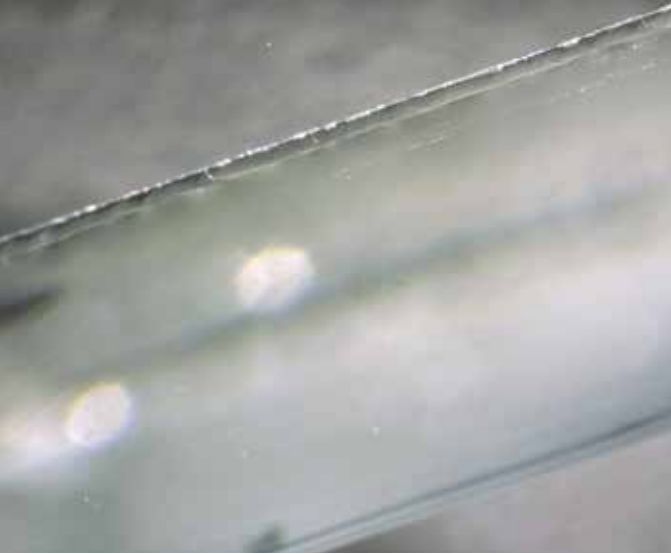
*The spontaneous breakage of thermally toughened glass is often caused by nickel sulphide (NiS) inclusions. In the production process of glass, usually undetected, spontaneous breakage in the glass can occur due to the time-dependent volume expansion of the inclusion. In order to minimise the risk of spontaneous breakage in glass facades, special scanners for NiS detection have been developed. An example of such a scanner is shown in Fig. 3.*



stellungsprozess von Glas meist unerkannt kann es durch die zeitabhängige Volumenexpansion des Einschlusses zum Spontanbruch im Glas kommen. Um das Risiko von Spontanbrüchen in Glasfassaden zu minimieren, werden aktuell spezielle Scanner zur NiS-Detektion entwickelt. Durch den zusätzlichen Prozessschritt in der Glasproduktion können Gläser zusätzlich als NiS-freie Gläser klassifiziert werden. Beispielhaft ist ein solcher Scanner in Abb. 3 abgebildet.

Abb. 1: (a) Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Glaskratzern, (b) Lichtmikroskop-Aufnahme von Eindrückungen infolge Indentationstests und (c) Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Glaskratzern nach Reparatur mit Säure (© Schula [1])

*Fig. 1: (a) Scanning electron microscope image of glass scratches, (b) light microscope image of indentations and (c) scanning electron microscope image glass scratches after repair with acid (© Schula [1])*



&lt;

Abb. 2: Mikroskopische Aufnahmen  
von geschnittenen Glaskanten  
nach dem Brechvorgang an einer  
4 mm starken Glasscheibe  
(© Müller-Braun [2])

*Fig. 2: Microscopic images of cut  
glass edges after the crushing  
process on a 4 mm thick glass pane  
(© Müller-Braun [2])*

Abb. 3: NIS-Scanner zur  
hochauflösenden optischen  
Detektion von Mikropartikeln  
im Glas (© Jonas Hilcken [3])  
*Fig. 3: NIS scanner for high-  
resolution optical detection  
of microparticles in glass  
(© Jonas Hilcken [3])*

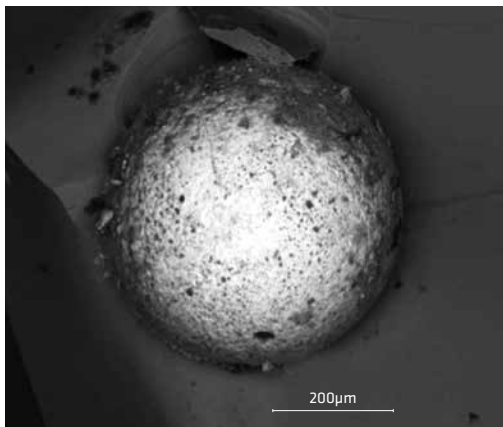
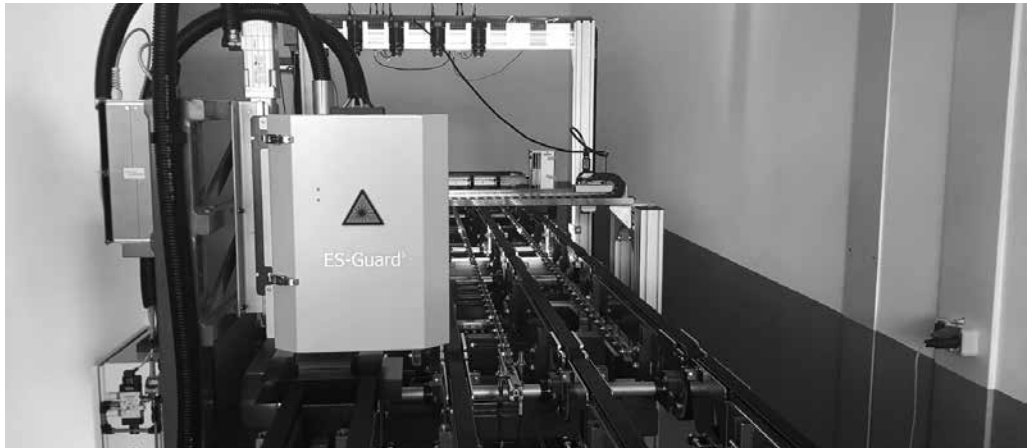




Abb. 4: Apple Park  
Restaurant Doors,  
Cupertino (© seele)  
Fig. 4: Apple Park  
Restaurant Doors,  
Cupertino (© seele)



#### GRÖßER – GLASFORMATE AN DER GRENZE ZUM HOCHHAUS

Glasformate werden heute in Abmessungen produziert, welche an der Grenze zum Hochhaus gemäß deutscher Landesbauverordnungen liegen ( $H > 22$  m). Betrachtet man Bauprojekte weltweit, so wurden in der neuen Apple-Firmenzentrale bewegliche Fassadenelemente mit je 16 m Höhe ausgeführt, die durch ihre Transparenz, ihr Design und ihren Minimalismus bestechen (Abb. 4). Neben der Herausforderung der Verfahrbarkeit musste auch die Standsicherheit bei allen Stellungspositionen im Erdbebengebiet von Kalifornien sichergestellt werden.

Das Ziel in der Entwicklung von großformatigen Glaskonstruktionen ist es eine möglichst transparente Gebäudehülle zu schaffen. Diese Entwicklung wird deutlich am Beispiel des Apple Stores in New York, der 2011 neu errichtet wurde. Unter Einsatz von großformatigen Glasscheiben konnte die Verwendung von visuell störenden Verbindungsmitteln drastisch reduziert werden (Abb. 5).

#### LARGER – GLASS FORMATS AT THE BORDER TO HIGH-RISE BUILDINGS

Today, glass formats are produced in such dimensions that they are close to being classified as high-rise buildings in accordance with German state building regulations ( $H > 22$  m). At the Apple headquarters in California, 16 m tall moveable façade elements were installed. Not only do they impress with their transparency, design and minimalism (Fig. 4), but they also ensure stability in seismic hazard zones. The aim in the development of large-format glass constructions is to create a building that is as transparent as possible. This development is clearly illustrated by the Apple store in New York, which was rebuilt in 2011. The use of large-format glass panes drastically reduced the use of visually disturbing fasteners (Fig. 5). Another example of large-format all-glass façades is being created in the skyline of Bangkok. In the ICONSIAM project, a 750,000 m<sup>2</sup> department store is being built, in which geometrically complex all-glass facades with heights of up to 15.5 m have been erected (Fig. 6).



Abb. 5: Apple Cube 2006  
 (© seele/Andreas Keller);  
 Apple Cube 2011 (© seele)  
 Fig. 5: Apple Cube 2006  
 (© seele/Andreas Keller);  
 Apple Cube 2011 (© seele)



Abb. 6: Errichtung der  
 15,5 m hohen, gezackten  
 Ganzglas-Fassade in Bangkok -  
 ICONSIAM (© seele)  
 Fig. 6: Construction of the 15.5 m  
 high, serrated all-glass facade in  
 Bangkok - ICONSIAM (© seele)



Ein weiteres Beispiel für großformatige Ganzglas-Fassaden entsteht in der Skyline von Bangkok. Im Projekt ICONSIAM wird ein 750.000 m<sup>2</sup> großes Kaufhaus errichtet, bei dem geometrisch komplexe Ganzglas-Fassaden mit einer Höhe von bis zu 15,5 m errichtet werden (Abb. 6).

### **DÜNNER – ANWENDUNGSPOTENTIALE FÜR DÜNNGLAS**

Um Dünnglas im Bauwesen anzuwenden, müssen bisherige Konstruktionsprinzipien grundsätzlich überdacht werden. Die klassische Anwendung von Glas als wichtiges Element der Gebäudehülle wird durch den Einsatz von Dünnglas vor große Herausforderungen gestellt. Dünnglas weist nur ein geringes Maß der Steifigkeit auf, die konventionelle Glasbauteile in der Gebäudehülle besitzen. Jedoch bietet dies gerade eine Chance neuartig zu konstruieren. Infolge verbesserter Produktionsabläufe während des chemischen Vorspannens können weitaus höhere oberflächennahe Druckspannungen im Dünnglas

### **THINNER – APPLICATION POTENTIAL FOR THIN GLASS**

*In order to use thin glass in the building industry, previous design principles must be fundamentally rethought. The classic application of glass as an important element of the building envelope poses a great challenge for thin glass. Thin glass has only a low degree of stiffness that conventional glass components have in the building envelope. However, this is just an opportunity to construct something new. Due to improved production processes during chemical pre-stressing, much higher near-surface compressive stresses can be achieved in thin glass compared to conventional thermally tempered glass. Door hinges made of thin glass could allow for almost completely transparent separation of rooms [4] (Fig. 7). Latest research shows the combination of thin glass as the top-layer material and a castelated beam made of paper as the core material for the realisation of hybrid carrier structures (Fig. 8).*

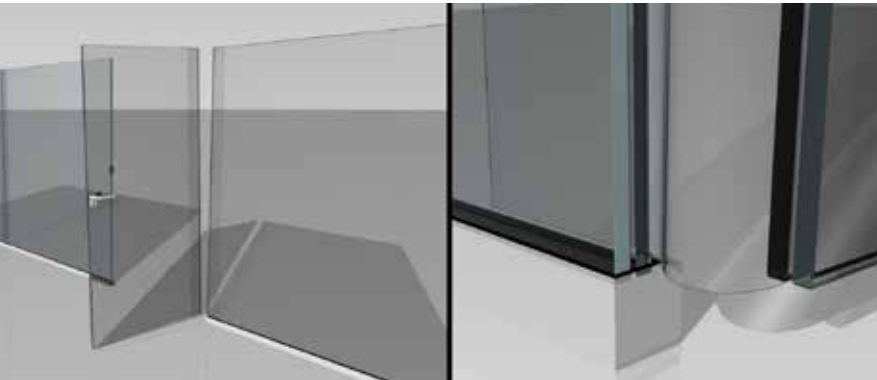


Abb. 7: Konzeptionelles Design eines Dünnglas-Türscharniers (© Peters [4])

*Fig. 7: Conceptual design of a thin glass door hinge (© Peters [4])*



Abb. 8: Konzeptionelles Design eines Besucherpavillons aus zweifach gekrümmten Dünnglas-Papier-Verbundträgern (ISMD, TU Darmstadt, glasstec 2018)

*Fig. 8: Conceptual design of a visitor pavilion made of made of composite girders, consisting of double-curved thin glass and paper (ISMD, TU Darmstadt, glasstec 2018)*

erreicht werden, als im Vergleich zu konventionellen thermisch vorgespannten Gläsern. In [4] wurde die Idee eines Türscharniers aus Dünnglas verfolgt, wodurch eine nahezu durchgängig transparente Trennung von Räumen geschaffen werden kann (Abb. 7). Neuste Forschung zeigt ein „Composite“ aus Dünnglas als Deckschichtmaterial in Kombination mit einem Papierwabenträger als Kernmaterial zur Realisierung hybrider Trägerstrukturen (Abb. 8).

### **FÜGEN – MODERNE VERBINDUNGSTECHNOLOGIEN IM KONSTRUKTIVEN GLASBAU**

Ein wesentliches Element in der Auslegung von Glaskonstruktionen ist die Fügetechnik. Formschlüssige Verbindungen resultieren aus dem Ineinandergreifen von zwei Fügepartnern. Eine besondere Art des Fügens wird durch Klebeverbindungen beschrieben, welche Kräfte an lokalen Lasteinleitungsstellen homogen in das Glas übertragen. Häufig werden für Klebeverbindungen polymere

### **JOINING – MODERN JOINING TECHNOLOGIES IN STRUCTURAL GLASS CONSTRUCTION**

*Joining technology is an essential element when designing glass constructions. Adhesive joints are an interesting method of joining. The joints transfer forces homogeneously into the glass at local load application points, and are typically made of polymer materials with complex behaviours. In order to characterise the material behaviour for a safe design of a bonded joint, complex experimental tests are typically required. In [5] a bulge test was carried out in which a thin silicone adhesive was inflated in the form of a balloon by means of water pressure to analyse the biaxial material behaviour. Using digital image correlation (DIC) and numerical modelling, the structural behaviour of the silicone could be validated (Fig. 9), enabling the structural behaviour of the silicone under any deformation to be calculated and the design of the adhesive joint to be carried out realistically.*

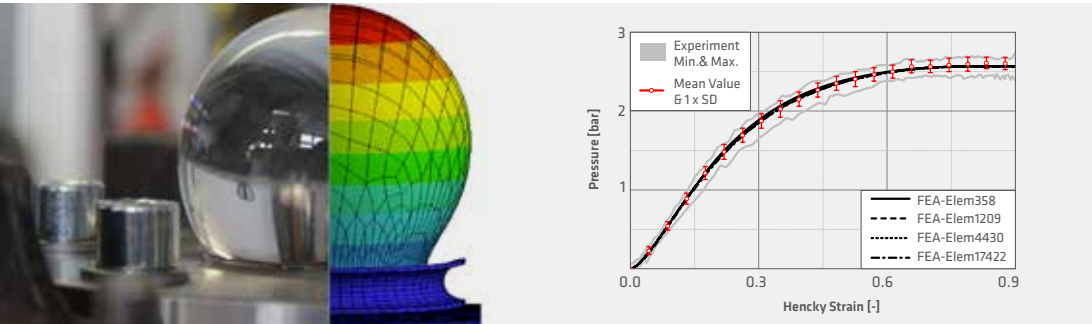


Abb. 9: Vergleich zwischen Experiment und Simulation eines Aufblasversuchs an einem Struktursilikon (© Drass [6])

Fig. 9: Comparison between experiment and simulation of an inflation test on a structural silicone (© Drass [6])

Werkstoffe eingesetzt, welche ein komplexes Materialverhalten aufweisen. Um das Werkstoffverhalten für eine sichere Auslegung der Klebeverbindung zu charakterisieren, erfordert es meist komplexe experimentelle Versuche. In [5] wurde ein Aufblasversuch realisiert, bei dem ein dünner Silikonklebstoff mittels Wasserdruck ballonförmig zur Analyse des biaxialen Materialverhaltens aufgeblasen wurde. Über optische Messverfahren (DIC) und numerische Modellierung konnte das Strukturverhalten des Silikons validiert werden (Abb. 9), wodurch das Strukturverhalten des Silikons unter beliebigen Deformationen berechnet werden kann.

Ein interessantes Beispiel für eine form- und stoffschlüssige Verbindung wurde bei dem Bau der Atocha in Madrid realisiert, bei dem 15.400 formschlüssige Glassblöcke mit einem Acrylatklebstoff verbunden wurden (Abb. 10). Ein sehr modernes Verfahren zur stoffschlüssigen Verbindung von Glasbauteilen ist die Additive Fertigung (AF) [7]. Die AF gewinnt in der industriellen Fertigung zunehmend an

*A special material connection was developed during the construction of the Atocha in Madrid, in which 15,400 interlocking glass blocks were bonded with an acrylic adhesive (Fig. 10). Additive fabrication (AF) [7] is a very modern process to firmly bond glass components. AF is becoming increasingly important in industrial production. In contrast to mechanical engineering, the building industry has a high degree of individual solutions for connections, components and supporting structures. AF shows a great potential for highly technological, individualised solutions for complex structures in construction. The layered application of the material creates an additive component based on a digital model. This technology allows for complex geometries and individual designs to be realised with a recyclability of 100% (Fig. 11).*



Abb. 10: Bahnhof Atocha  
in Madrid (© Akerboom)  
*Fig. 10: Railway station  
Atocha in Madrid  
(© Akerboom)*

Bedeutung. Im Gegensatz zum Maschinenbau weist das Bauwesen einen hohen Grad an individuellen Lösungen für Anschlüsse, Bauteile und Tragkonstruktionen auf. Daher bietet AF gerade im Bauwesen ein großes Potential hoch-technologisierter Individuallösungen bei komplexen Strukturen. Durch den schichtweisen Materialauftrag entsteht auf Basis eines digitalen Modells ein additiv gefertigtes Bauteil. Durch diese Technologie lassen sich komplexe Geometrien und individuelle Konstruktionen bei einer 100%igen Recyclebarkeit realisieren (Abb. 11).

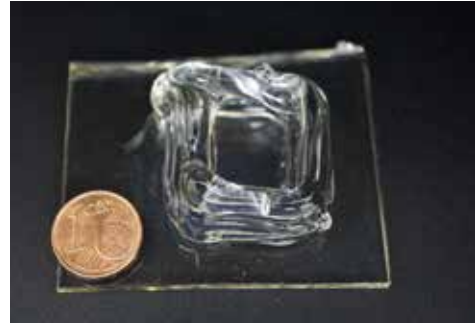


Abb. 11: Additive Herstellung  
von optisch transparentem Glas  
(© Akerboom/Seel [7])  
*Fig. 11: Additive production of opti-  
cally transparent glass  
(© Akerboom/Seel [7])*

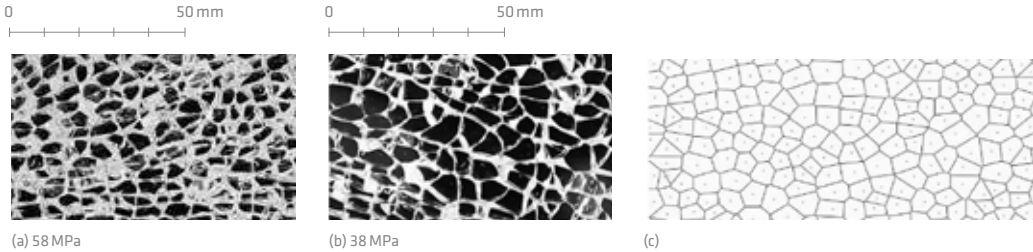


Abb. 12: (a-b) Bruchstückgröße thermisch vorgespannter Gläser in Abhängigkeit der Eigenspannung; (c) Voronoi-Tessellation (© Pourmoghadam [8])

Fig. 12: (a-b) Fragment size of thermally toughened glasses as a function of the residual stress; (c) Voronoi tessellation (© Pourmoghadam [8])

### BRUCH - POSTKRITISCHES VERHALTEN VON GLAS

Die Untersuchung des Bruchverhaltens von Glas in tragenden Strukturen ist bis heute nicht abschließend untersucht und bietet großes Potential für künftige Forschungsprojekte. Die zu klärenden Fragen sind dabei: Warum und wie bricht und fragmentiert das Glas? Die experimentelle Untersuchung des Bruchverhaltens und der Bruchstruktur (Abb. 12) von Glas unter Analyse der Belastungsart, Eigenspannungen, Lagerung und äußeren Umwelteinflüssen ist Gegenstand aktueller Forschung [8]. Zur Vorhersage der Bruchstruktur von Glas wurde in [8] der Ansatz einer Voronoi-Tessellation von in der Ebene verteilten Punkten erfolgreich angewendet. Zur numerischen Beschreibung des Bruchverhaltens von Glas kann die Phasenfeldmethode angewendet werden, bei der diskrete Rissvorgänge simuliert werden können [9]. Ein Beispiel zur lokalen Auflösung von Verzweigungsrisse in Glas ist in Abb. 13 dargestellt.

### BREAKAGE - POST-CRITICAL BEHAVIOUR OF GLASS

The investigation of the fracture behaviour of glass in load-bearing structures has not yet been conclusively investigated and has enormous potential for future research activities. The questions to be answered are: Why and how does the glass break and fragment? The experimental investigation of the fracture behaviour and the fracture structure (Fig. 12) of glass under analysis of the type of load, residual stresses, bearings and external environmental influences is the subject of current research [8].

To predict the fracture structure of glass, the approach of Voronoi tessellation of points distributed in the plane was successfully used in [8].

A physically motivated damage model can be described with the phase field method, in which discrete crack processes can be simulated [9]. An example of the local resolution of branching cracks in glass is shown in Fig. 13.

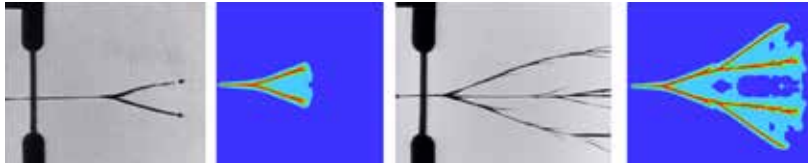


Abb. 13: Simulation multipler Rissverzweigung im Glas mit Phasenfeldmethode (© isd, TU Dresden)

Fig. 13: Simulation of multiple crack branching in glass with phase field method (© isd, TU Dresden)

## AUSBLICK

Die aktuelle Erarbeitung eines eigenen Eurocodes zur Bemessung von Glas beweist, dass der Glasbau heute den gleichen Stellenwert hat wie das Bauen mit klassischen Werkstoffen. Die Vision der konstruktiven Anwendung von Glas liegt in der Realisierung von immer größeren, dünneren oder gar massiven Strukturen sowie die Kombination mit anderen Werkstoffen unter Einhaltung einer maximalen Transparenz. Die nächsten 30 Jahre konstruktiver Glasbau werden sich mit der Funktionalisierung von Gläsern, dem additiven Fertigen von Glaskonstruktionen bzw. -verbindungen und dem Einsatz von Glas als Interface zu virtuellen Realitäten und zur Augmented Reality beschäftigen.

## OUTLOOK

*The current development of a Eurocode for the design of glass proves that glass construction is as important today as building with classic materials. The vision of the constructive application of glass lies in the realisation of ever larger, thinner or even solid structures and the combination with other materials while maintaining maximum transparency. The next 30 years of constructive glass construction will deal with the functionalization of glass, the additive manufacturing of glass constructions and connections, and the use of glass as an interface to virtual and augmented reality.*

KONSTRUKTIVES

GLAS:

NEUE GLASARTEN

UND GLASBAU-

TYPOLOGIEN

Der Einsatz von Glas als Konstruktionswerkstoff in der Architektur nimmt stetig zu. Die Glass & Transparency Research Group an der TU Delft befasst sich mit diesem Bereich und entwickelt neuartige strukturelle Glaslösungen mit verbesserter Leistung. Hauptthemen sind die Entwicklung neuer Glasrezepturen, Gussglaskonstruktionen, Glasbrückenkonstruktionen, Glassäulen und Dünnglaswendungen.

*The application of glass as a structural material in contemporary architecture is ever increasing. The Glass & Transparency Research Group at TU Delft addresses this domain and develops novel structural glass solutions with enhanced performance. Primary topics are the development of new glass recipes, cast glass constructions, glass bridge constructions, glass columns and thin glass applications.*



Neben dem Einsatz als Füllmaterial in Fassaden wird Glas immer häufiger als Konstruktionsmaterial für tragende Bauteile wie Träger, Stützen und Wände eingesetzt. Hierfür wird überwiegend flaches Kalk-Natron-Silikatglas verwendet. Derzeit werden jedoch neue Glastypen und Glaskomponenten-Typologien entwickelt, die ein hohes Potenzial für den Einsatz in Bauwerken und Fassaden bieten.

### NEUE GLASREZEPTE

Neue Glasanwendungen erfordern die Entwicklung neuer Gläser mit optimierten Eigenschaften. Beispielsweise könnten Zusammensetzungen mit einem niedrigeren Schmelzpunkt Energie einsparen und damit der aktuellen Forderung nach einem nachhaltigeren Glasherstellungsprozess gerecht werden [1]. Zusammensetzungen mit niedrigen Ausdehnungskoeffizienten und niedrigen Schmelztemperaturen sind potenzielle Kandidaten für den 3D-Druck. Dieses vieler-

*Besides its use as an infill material in façades, glass is increasingly used as a structural material for load-bearing components such as beams, columns and walls. Flat soda-lime silicate glass is typically used for that. However, new glass types and glass component typologies are currently being developed which show great potential for application in structures and façades.*

### NEW GLASS RECIPES

*New glass applications demand the development of new types of glass with optimised characteristics. For instance, compositions with a lower melting point could save energy and meet the current demand for a more sustainable glass manufacturing process [1]. Compositions with low expansion coefficients and low melting temperatures are potential candidates for 3D printing. This promising process has distinct advantages over traditional methods of fabrication. In particular, 3D printing is capable of producing complex shapes that other manufacturing methods*



Neue Glasrezepturen  
an der TU Delft entwickelt  
*New glass recipes  
developed at TU Delft*

sprechende Verfahren hat deutliche Vorteile gegenüber traditionellen Herstellungsverfahren. Insbesondere ist der 3D-Druck in der Lage, komplexe Formen zu erzeugen, die mit anderen Fertigungsverfahren nicht zu bewältigen sind, was die Herstellung von Bauteilen, wie z.B. Glasverbinder, ermöglicht. Die hohe Schmelztemperatur von Gläsern, wie z.B. Quarzglas, kombiniert mit einer hohen thermischen Ausdehnung, die zu Rissen führen kann, sind Nachteile die Standardglaszusammensetzungen mit dem 3D-Druck unvereinbar gemacht haben. An der TU Delft werden innovative Glasrezepturen entwickelt, die den Anforderungen entsprechen und deren mechanische, thermische und strukturelle Eigenschaften mit Hilfe von Charakterisierungstechniken gemessen werden. Die Entwicklung von Kompositionen mit gestalteten Eigenschaften macht Glas zu einem vielseitigen Werkstoff, der viele verschiedene Anforderungen erfüllen kann.

*cannot handle, allowing the production of components such as glass connectors. The high melting temperature of some types of glass such as fused silica combined with a high thermal expansion, which can lead to cracking, are drawbacks that have made standard glass compositions incompatible with 3D printing. At TU Delft, innovative glass recipes are created, satisfying requirements, and measure their mechanical, thermal and structural properties using characterisation techniques. The development of compositions with designed properties turns glass into a versatile material, able to satisfy many different demands*



Fassade der Crystal Houses  
in Amsterdam (MVRDV, Crystal Houses,  
(c) Daria Scagliola & Stijn Brakkee)

*Façade of the Crystal Houses  
in Amsterdam (MVRDV, Crystal Houses,  
(c) Daria Scagliola & Stijn Brakkee)*

### GEGOSSENES GLAS

Der Einsatz von Gussglasbausteinen bietet neue Gestaltungsmöglichkeiten für die bebaute Umgebung, die sich stark von den eher traditionellen Anwendungen von Flachglas unterscheiden. Im Laufe der Jahre wurden gegossene Glasbauteile in mehreren Bauprojekten, vor allem in Fassaden, mit zusätzlichen Tragkonstruktionen eingesetzt. Aber auch selbsttragende Gussglaskonstruktionen wie das Atocha Memorial in Madrid und die neuere Fassade der Crystal Houses in Amsterdam, die von der TU Delft und Partnern entwickelt wurde, wurden realisiert. Die Fassade der Crystal Houses in Amsterdam ist eine genaue und doch völlig transparente Nachbildung der ursprünglichen Mauerwerksfassade aus dem 19. Jahrhundert. Der Wunsch der MVRDV-Architekten, Transparenz pur zu erreichen, führte zur Wahl eines vollständig selbsttragenden Glasbausteinsystems. Die Materialisierung dieser neuartigen Strukturlösung wurde dem Glaslabor der TU Delft übertragen. Um ein volltransparentes Struktursystem zu

### CAST GLASS

*The application of cast glass components offers new design possibilities for the built environment, which strongly differ from the more traditional applications of flat glass. Over the years, cast glass components have been used in several building projects, most notably in façades, using additional support structures. However, also self-supporting cast glass structures have been realised such as the Atocha Memorial in Madrid and the more recent façade of the Crystal Houses in Amsterdam that was developed by TU Delft and partners. The façade of the Crystal Houses in Amsterdam is an accurate yet entirely transparent reproduction of the building's original 19th century masonry elevation. The desire of MVRDV architects to attain transparency at its purest led to the choice of an entirely self-supporting glass brick system. The materialisation of this novel structural solution was assigned to the TU Delft Glass & Transparency Research Group. To obtain an all transparent structural system, research and testing of different colourless*





Detail der Fassade  
von Crystal Houses

© Faidra Oikonomopoulou  
*Detail of Crystal Houses Façade*  
© Faidra Oikonomopoulou



Knochen-Kapsel: Zweikomponenten-  
Verriegelungssystem aus recyceltem  
Glas Transparente Kapseln: Eisenarmes  
Fensterglas; Undurchsichtiger Knochen:  
Geblasene Glaskunstgegenstände,  
die langsam abgekühlt werden, um  
eine kristalline Struktur zu erhalten;  
Graue Knochen: Kathodenstrahlröhre  
(CRT-Bildschirm) von ausrangiertem  
Fernseher

*Bone Capsule: Two-component interlocking  
system out of recycled glass; Transparent  
capsules: low-iron window glass; Opaque  
bone: blown glass artware, cooled down  
slowly to achieve crystalline structure;  
Grey bones: cathode ray tube (CRT)  
screen from discarded television*

erhalten, wurden verschiedene farblose Klebstoffe erforscht und getestet, was zur Wahl eines lichthärtenden farblosen Klebstoffs führte, der speziell für die Verklebung von Glas auf Glas entwickelt wurde. Dieser Klebstoff erreicht seine optimale Klebkraft, wenn er in einer 0,3 mm dicken Schicht aufgetragen wird. Eine Reihe von 4-Punkt-Biegeversuchen an Glasbalkenproben belegt das monolithische Verhalten des Systems. Die niedrige Viskosität und sehr kleine Dicke des Klebers sowie die unelastische Beschaffenheit des Glases führten zu einer Reihe von Auswirkungen auf seine homogene Anwendung, die zu außergewöhnlich engen zulässigen Toleranzen von 0,25 mm nicht nur bei den Abmessungen des Ziegels, sondern auch bei jeder Schicht der Fassade, führten. Darüber hinaus wurde eine spezielle Klebtechnik für die gleichmäßige Verteilung des Leims entwickelt, um den Verlauf, die Verteilung und die Menge des aufgetragenen Leims zu kontrollieren und Fehler zu minimieren. Zur Simulation des Aufpralls wurden Hartkörper-

*adhesives was conducted, resulting in the choice of a photo-curing colourless adhesive, especially designed for glass-to-glass bonding. This adhesive reaches its optimum bond strength when applied as a 0.3mm thick layer. Series of 4-point bending tests on glass beam specimens proved the monolithic behaviour of the system. The low viscosity and effectively zero ideal thickness of the adhesive, together with the inelastic nature of glass, generated several implications with regard to its homogeneous application, resulting in exceptionally strict allowable tolerances of 0.25mm regarding not only for the dimensions of the brick but also for each layer of the façade. Moreover, a special bonding technique for the uniform distribution of the glue was developed, for controlling the flow, spread and amount of the applied adhesive to minimise defects. Hard body impact and vandalism tests were performed to simulate impact, and a replacement method was conceived [2]. Two TU Delft researchers supervised the construction of the facade by a highly skilled crew to guarantee*



Puzzle-inspirierte Verbundkonstruktion aus recyceltem Glas  
 Transparente Komponenten: ausrangierte Kristallwaren  
 Türkisfarbene Komponente: Altglas aus  
 der Reinigung von Floatglasöfen  
 Dunkelgraue Komponente: CRT-Bildschirm  
 von ausrangiertem Fernseher  
*Puzzle-inspired interlocking structure out of recycled glass*  
*Transparent components: discarded crystalware*  
*Turquoise component: Waste glass retrieved*  
*from float glass furnace cleanup*  
*Dark grey component: CRT screen from discarded television*

und Vandalismusversuche durchgeführt und eine Ersatzmethode konzipiert [2]. Zwei Forscher der TU Delft überwachten den Bau der Fassade durch eine hoch qualifizierte Mannschaft, um die geforderte hohe Genauigkeit und Transparenz zu gewährleisten. Neue und teilweise unkonventionelle Bauweisen wurden eingeführt, von Hightech-Lasern und Labor-UV-Lampen bis hin zu fettarmen Vollmilch- und Fühlerlehren. Die Crystal Houses bewiesen das architektonische und strukturelle Potenzial von Gussglas bei der Schaffung dreidimensionaler, robuster und frei geformter Ganzglasstrukturen. Dennoch wurden die technischen Herausforderungen, die sich aus einer dauerhaften Verbindung von extremer Genauigkeit und akribischer Arbeit ergeben, hervorgehoben. Mit diesem starken Anreiz hat unsere Gruppe „Re<sup>3</sup> Glass“ entwickelt, ein recyclebares, reduzierbares und wiederverwendbares Gussglassystem, das den übermäßigen Materialeinsatz, die dauerhafte Verklebung und die Nicht-Recyclingfähigkeit der verklebten Bauteile vermei-

*the extremely high level of accuracy and transparency demanded. New and sometimes unconventional construction methods were introduced, from high-tech lasers and laboratory UV lamps to low-tech full-fat milk and feeler gauges. The Crystal Houses proved the architectural and structural potential of cast glass in creating three-dimensional, robust and freeform all glass structures. Nonetheless, the engineering challenges stemming from a permanent bonding of extreme accuracy and meticulous labour were highlighted. With this strong incentive in mind, our group developed “Re<sup>3</sup> Glass”, a REcyclable, REduceable and Reusable cast glass system that avoids the excess material use, the permanent bonding and the non recyclability of the glued components. To further enhance the circularity of the proposed system, waste glass is introduced as the raw material source. Despite the common notion that glass is 100% recyclable, the majority of everyday discarded glass objects are neither reused nor recycled due to recipe mismatching or contamination. To address*



det. Um die Zirkularität des vorgeschlagenen Systems weiter zu erhöhen, wird Altglas als Rohstoffquelle eingeführt. Trotz der weit verbreiteten Vorstellung, dass Glas zu 100 % recyclebar ist, wird der Großteil der alltäglichen Altglasgegenstände weder wiederverwendet noch recycelt, da die Rezepturen nicht übereinstimmen oder verunreinigt sind. Um das Problem der anfallenden Glasabfälle zu lösen, untersucht das Projekt die Umnutzung von ausrangierten Pyrex®-Tablets, Kunstgegenständen, Fenstern und sogar Mobiltelefonen und Computerbildschirmen von der Deponie auf den Gebäudebereich [3]. Hohlräume und Kerben werden in die Konstruktion eingebracht, um leichte und dennoch stabile Bauteile zu erhalten [4]. Schließlich führen die entwickelten, ineinandergreifenden Formen zu einem stabilen und steifen System, wobei der Einsatz von Klebstoffen vermieden wird. Dies ermöglicht eine einfache Montage und Demontage und begünstigt die Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit der Komponenten. Die Experimente an der TU Delft

*the problem of accumulated glass waste, the project explores the redirection of discarded PyrexR trays, artware, windows and even mobile phone and computer screens from the landfill to the building sector [3]. Cavities and notches are introduced to the design to achieve lightweight yet strong components [4]. Finally, the developed interlocking shapes result in a stable and stiff system, while circumventing the use of adhesives. This allows for easy assembly and disassembly, and favours the reuse and recyclability of the components. Following this threefold approach, experiments at the TU Delft Glass & Transparency Research Group with different geometries, glasses and cooling techniques have resulted in a wide range of clear, coloured, translucent and opaque, marbled glass elements that can be used to form circular, strong and aesthetically intriguing cast glass structures.*

Glass & Transparency Research Group mit unterschiedlichen Geometrien, Gläsern und Kühltechniken haben zu einem breiten Spektrum an klaren, farbigen, transluzenten und opaken, marmorierten Glaselementen geführt, aus denen sich runde, starke und ästhetisch ansprechende Gussglasstrukturen bilden lassen.

### **GLASBRÜCKEN**

Im Laufe der Jahre wurde Glas als Konstruktionsmaterial für die Herstellung mehrerer (Fußgänger-)Brücken verwendet. Hierfür wurde überwiegend Flachglas verwendet. Zwei neue Brückenkonstruktionen für den Campus der TU Delft zeigen jedoch das Potenzial des Einsatzes von Gussglas und Glasstreben in Brücken.

### **GLASBOGENBRÜCKE**

Glas und Kompression sind Freunde. Deshalb ist eine Bogenbrücke aus Glasbausteinen sowohl in architektonischer als auch in baulicher Hinsicht eine interessante Wahl. Basierend

### **GLASS BRIDGES**

*Over the years, glass has been used as a structural material for the creation of several (pedestrian) bridges. Flat glass has typically been used for that. However, two recent bridge designs for the TU Delft campus demonstrate the potential of using cast glass and glass struts in bridges.*

### **GLASS ARCH BRIDGE**

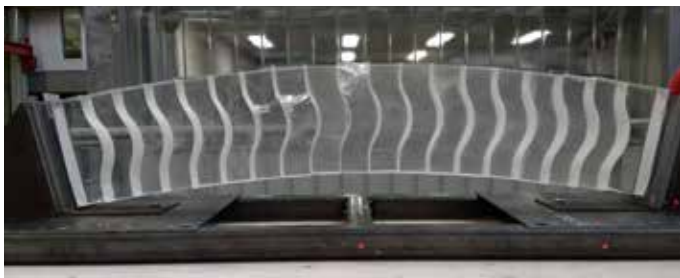
*Glass and compression are friends. As a result, an arch bridge made of glass blocks is an interesting choice with regard to both architectural and structural aspects. Based on the experience of the TU Delft with the realisation of the Chanel façade in Amsterdam, which has a façade made of massive glass bricks, the Glass & Transparency Research Group of the TU Delft proposed an all-glass arch bridge for a bridge design competition on the TU Delft campus [5]. It was also proposed, for reasons of sustainability, not to use an adhesive but a soft, transparent foil on the contact surface between the glass stones of the bridge. Hence,*



Rendering der Glasbogenbrücke  
auf dem Campus der TU Delft  
*Rendering of Glass Arch Bridge  
at TU Delft campus*



Mock-up der Glasbogenbrücke  
*Mock-up of Glass Arch Bridge*



Glasfachwerkbrücke auf  
dem Campus der TU Delft  
*Glass Truss Bridge  
at TU Delft campus*



Detail der Glasfachwerkbrücke  
*Detail of Glass Truss Bridge*





auf den Erfahrungen der TU Delft mit der Realisierung des Chanel-Fassade in Amsterdam, die eine Fassade aus massiven Glasbausteinen aufweist, hat die Glasforschungsgruppe der TU Delft eine Ganzglasbogenbrücke für einen Brückenbauwettbewerb auf dem Campus der TU Delft vorgeschlagen [5]. Nachhaltigkeit wurde vorgeschlagen, in der Kontaktfläche zwischen den Glassteinen der Brücke keinen Klebstoff, sondern eine weiche, transparente Folie zu verwenden. So wurde eine leicht demontierbare und wiederverwendbare Brücke realisiert: Wir haben den Wettbewerb gewonnen.

#### GLASFACHWERKBRÜCKE

Ein Bogen funktioniert nur dann richtig, wenn der letzte Stein an der richtigen Stelle steht. Daher ist eine temporäre Konstruktion erforderlich, um während der Bauphase eine statisch sichere Arbeitsplattform zu schaffen. Es wurde entschieden, auch für diese Plattform eine innovative und recyclebare Struktur zu entwerfen. Die Wahl fiel auf eine linsen-

*an easily demountable, and reusable, bridge was realised: we won the competition.*

#### GLASS TRUSS BRIDGE

*An arch only functions properly when the last stone is put in its correct place. A temporarily structure is required to provide a structurally safe working platform during construction. Therefore, it was decided to design an innovative, and recyclable, structure for this platform as well. The choice was made to use a lenticular shaped truss with a lower and upper chord of steel profiles and all-glass diagonals [6]. For safety reasons, the diagonals were made of a bundle of all-glass bars with a steel bar at the centre. Each diagonal was tested in the TU Delft Stevin Lab with twice the maximum worst case load scenario before it was installed in the bridge. The whole bridge was tested, on site, by a marching group of 60 students.*

#### GLASS COLUMNS

*Free-standing all-glass columns exhibit a vast architectural potential: forming almost*



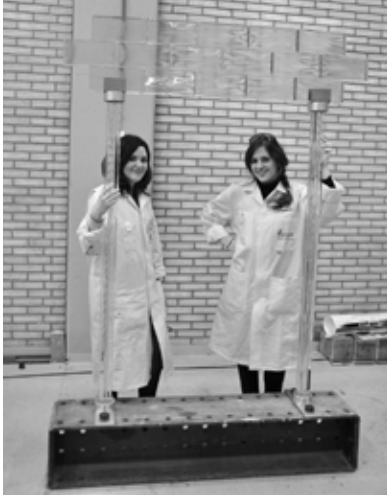
Querschnitt der  
gebündelten Glasstütze  
*Cross section of the glass  
bundle column*

förmige Traverse mit Unter- und Obergurten aus Stahlprofilen und Glasdiagonalen [6]. Aus Sicherheitsgründen wurden die Diagonalen aus einem Bündel aller Glasstäbe mit einem Stahlstab in der Mitte gefertigt. Jede Diagonale wurde im Labor der TU Delft Stevin auf die zweifache Belastung getestet, bevor sie in die Brücke eingebaut wurde. Die gesamte Brücke wurde vor Ort von einer Marschgruppe von 60 Studierenden getestet.

## GLASSTÜTZEN

Freistehende Ganzglasstützen weisen ein enormes architektonisches Potenzial auf: Sie bilden fast unsichtbare vertikale Elemente und bieten eine vielversprechende Lösung für durchgehende, ununterbrochene Räume. An der TU Delft wurden verschiedene Konzeptentwürfe erforscht, von der Herstellungsmethode bis zum Prototypentest im Maßstab 1:1. Diese werden in fünf Kategorien zusammengefasst: Profil, geschichtetes Rohr, gestapelt, gegossen und gebündelt. Die neueste Forschung konzentriert sich auf das Engineering

*invisible vertical members, they provide a promising solution for continuous, uninterrupted spaces. Different conceptual designs have been explored at TU Delft from their fabrication method to full-scale prototype testing. These are summarised in five categories: profile, layered tubular, stacked, cast, and bundled. The most recent research focuses on the engineering and full-scale testing of the bundled glass column. The concept is in itself simple: Multiple glass bars are bonded together by a colourless adhesive, forming a composite yet unified cross section [7]. The load-bearing capacity of the columns is enhanced by the symmetrical cross section of both the individual rods and the final composite section. In this context, solid rods with a circular cross section were selected due to their inherent resistance to both buckling and torsion. To investigate the feasibility of the bundled column for real applications, a production method has been developed for manufacturing specimens in a scale relevant to buildings with guaranteed consistency in their structural and visual*



Kombination gebündelter  
Glasstützen  
*Assembly with bundled  
glass columns*

und die großtechnische Erprobung der gebündelten Glassäule. Das Konzept an sich ist einfach: Mehrere Glasstäbe werden durch einen farblosen Klebstoff miteinander verbunden und bilden einen zusammengesetzten, aber einheitlichen Querschnitt [7]. Die Tragfähigkeit der Säule wird durch den symmetrischen Querschnitt der einzelnen Stäbe und des letzten, zusammengesetzten Profils erhöht. In diesem Zusammenhang werden Vollstäbe mit kreisförmigem Querschnitt gewählt, da sie sowohl Knick- als auch Torsionsfestigkeit aufweisen. Um die Machbarkeit der gebündelten Säule für reale Anwendungen zu untersuchen, wurde ein Produktionsverfahren für die Herstellung von Proben in einem für Gebäude relevanten Maßstab mit garantierter Konsistenz in ihrer strukturellen und optischen Leistung entwickelt. Serien von Prototypen bis zu 2,4 m Höhe wurden hergestellt und unter Druck getestet. Mit dem Ziel eines allmählicheren und damit sichereren Versagens wurde eine vorgespannte Stahlsehe in eine Reihe von 2,4 m langen Proben einge-

*performance. Series of prototypes up to 2.4 m high, have been made and tested in compression. With the aim of more gradual and thus safer failure, a post-tensioned steel tendon has been introduced to a series of 2.4 m long specimens and experimentally evaluated [8]. The developed bundled profile has been first used in the struts of the Glass Truss Bridge on the TU Delft campus.*

### **THIN GLASS**

*Thin glass is currently predominantly used in the electronics industry for displays and touchscreens of devices such as smartphones and tablets. However, this thin, chemically strengthened aluminosilicate glass also offers interesting characteristics for applications in the built environment. For instance, due to its small thickness and high strength, the glass can easily be elastically (cold) bent in relatively tight radii, thereby offering opportunities for the creation of architecturally appealing curved glass surfaces for the building envelope. The creation of such curved glass surfaces can*



Rendering und Mock-up der adaptiven Dünnglassassade von Ribeiro Silveira, Klein und Louter

*Render and mock-up of an adaptive thin glass façade by Ribeiro Silveira, Klein and Louter*



führt und experimentell ausgewertet [8]. Das entwickelte Bündelprofil wurde erstmals in den Streben der Glasfachwerkbrücke auf dem Campus der TU Delft eingesetzt.

### DÜNNGLAS

Dünnglas wird derzeit vorwiegend in der Elektronikindustrie für Displays und Touchscreens von Geräten wie Smartphones und Tablets eingesetzt. Dieses dünne chemisch verstärkte Aluminiumsilikatglas bietet aber auch interessante Eigenschaften für Anwendungen in der gebauten Umgebung. So lässt sich das Glas aufgrund seiner geringen Dicke und hohen Festigkeit in relativ engen Radien leicht elastisch (kalt) biegen und bietet so die Möglichkeit, architektonisch ansprechende gebogene Glasflächen für die Gebäudehülle zu schaffen. Die Herstellung solcher gebogenen Glasflächen kann durch In-Situ-Kaltbiegen oder durch Kaltbiegen und anschließendem Laminierungsprozess erfolgen.

*be done by means of in-situ cold-bending, or through factory coldbent lamination techniques. Furthermore, since the glass can be repetitively elastically bent, it provides an opportunity for creating adaptive glass façades that can change their shape in response to external conditions [9]. Moreover, the small thickness of thin glass also offers opportunities for the greenhouse industry, where a smaller glass thickness provides larger crop yield due to a gain in light transmittance. However, for the majority of glass applications in the built environment, the thin glass is too flexible. Hence, thin glass composite solutions, in which outer facings of thin glass are combined with a stiff core (e.g. polycarbonate), offer interesting opportunities for generating stiff, and yet lightweight, glass panels. Similarly, thin glass could be combined with 3D printed core patterns, offering a fully optimised structural performance and a customised architectural appearance while remaining lightweight.*



Biegeversuch von  
dünnem Glasverbund  
mit 3D gedrucktem  
Kernmuster von  
Neeskens, Turrin und Louter  
*Bending test of thin glass  
composite with 3D printed  
spacer pattern by  
Neeskens, Turrin and Louter*



Da das Glas zudem wiederholt elastisch gebogen werden kann, bietet es die Möglichkeit, adaptive Glasfassaden zu schaffen, die ihre Form je nach äußeren Bedingungen verändern können [9]. Darüber hinaus bietet die geringe Dicke von Dünnglas auch Möglichkeiten für die Gewächshausindustrie, wo eine geringere Glasdicke aufgrund der höheren Lichtdurchlässigkeit für einen höheren Ernteertrag sorgt. Für die meisten Glasanwendungen in der gebauten Umgebung ist das dünne Glas jedoch zu flexibel. Daher bieten dünne Glasverbundlösungen, bei denen dünne Glasaußenschichten mit einem steifen Kern (z.B. Polycarbonat) kombiniert werden, interessante Möglichkeiten, steife und dennoch leichte Glasscheiben zu erzeugen. Ebenso können dünne Gläser mit 3D gedruckten Kernmustern kombiniert werden, die eine vollständig optimierte strukturelle Leistung und ein individuelles architektonisches Erscheinungsbild bei gleichzeitig geringem Gewicht bieten. An der TU Delft werden die oben

*At TU Delft the above thin glass opportunities are being developed. Bringing forward the application of thin glass in the built environment allows for more lightweight components, a reduction in material use and thus contributes to a more sustainable future.*

genannten Dünnglasmöglichkeiten entwickelt. Der Einsatz von Dünnglas in der gebauten Umgebung ermöglicht leichtere Bauteile, reduziert den Materialeinsatz und trägt so zu einer nachhaltigeren Zukunft bei.



Muster von dünnen  
Glaskompositen mit 3D  
gedruckten Kernmustern, von  
Neeskens, Turrin und Louter  
*Samples of thin glass composites  
with 3D printed core patterns, by  
Neeskens, Turrin and Louter*

INTERAKTIVE  
FASSADEN UND  
ENERGETISCHE  
FUNKTIONEN  
VON GLÄSERN

Vor dem Hintergrund des ressourcen-effizienten Bauens stehen die energetischen Anforderungen eines Gebäudes und seiner Bauteile im Vordergrund der Planung. Glas bietet große Potentiale, den vielseitigen Anforderungen heutiger Bauaufgaben gerecht zu werden. Die Juniorprofessur der TU Dortmund unterscheidet je nach Aufgabenfeld Nachhaltigkeitsprinzipien, insbesondere im Hinblick auf eine aktive oder passive Nutzung und entwickelt die Integration von technischen Applikationen weiter. Glas kann unter anderem als Regulator im Bereich der Gebäudehülle eingesetzt werden, um gleichermaßen energetische Einsparungen als auch Gewinne zu erzielen. Ressourceneffizienz zeigt sich in diesem Zusammenhang auch durch Umnutzung und Ergänzung bestehender baulicher Substanz. Die Reaktivierung oder Erneuerung eines Bauwerks und seiner Teilbereiche, wie z.B. der Fassade, bildet einen weiteren Schwerpunkt der Lehre und Forschung der Juniorprofessur. Als zukünftige Architekten und Planer sollen die Studierenden dahingehend sensibilisiert werden, in einem integrativen Entwurfsansatz sowohl gestalterische, konstruktive, funktionale, technische, wirtschaftliche als auch energieeffiziente und nachhaltige Eigenschaften zu berücksichtigen und weiterzuentwickeln.

*Against the background of resource efficient building construction, the energetic requirements of a building and its parts form the focal point of the planning process. Glass shows great potential to comply with the manifold challenges that today's building tasks pose. The junior chair at TU Dortmund differentiates sustainability principles according to areas of research, particularly with regard to active or passive use, and further develops the integration of technical applications. In this manner, glass functions as a control device in the building envelope and enables energy savings as well as gains. In this context, resource efficiency also becomes apparent in the conversion of and supplements to existent buildings. Reactivation or renovation of buildings and/or their components, e.g. the façade, form another focal point of the junior chair's scope of education and research. As future architects and planners, the students are to be sensitised not only to further develop constructional and functional as well as technical and economic properties of glass but also to consider energy efficiency and sustainability in an integrated design approach.*

**G**las wird im Bauen und in der Architektur als Werkstoff verstanden, der analog seiner Eigenschaften so in den Entwurf- und Planungsprozess integriert wird, dass ein optimaler Verbrauch von Energie und Ressourcen erreicht und gewährleistet werden kann. In der Architektur bietet insbesondere der Bereich der Gebäudehülle großes Potenzial für den Einsatz von Glasanwendungen. Durch integrale Planung und die intelligente Einbindung von Glas können sowohl technische und energetische Parameter, und damit das Ressourcenmanagement eines Gebäudes, nachhaltig verbessert werden und dabei gleichzeitig gestalterisch wirken. Durch kontinuierliche Entwicklung von energieeffizienten Anwendungen, sei es durch neuartige Technologien oder industrielle Fertigungsmethoden, wird eine Umsetzung von innovativen Lösungsansätzen möglich. Unabhängig davon, ob es sich um Fassadenelemente, baulich-konstruktive Gebäudeteile oder Komponenten des Innen-

*In the building industry and in architecture, glass is a material that, analogous to its properties, can be integrated in the design and planning process so that optimum use of energy and resources can be achieved and guaranteed. In architecture, it is mainly the building envelope that shows great potential for the application of glass. Integral planning and intelligent integration can sustainably improve technical and energetic parameters as well as advance design ideas. Continuous development of energy-efficient applications, be it with new technologies or industrial manufacturing methods, facilitates the realisation of innovative design approaches. Independent of whether we are talking about façade elements, structural building component or interior components of a building, taking advanced production technologies and new material developments into account is mandatory for planning processes with glass and a prerequisite to realising ambitious architectural concepts.*

ausbaus eines Gebäudes handelt, ist die Berücksichtigung fortschrittlicher Produktionstechniken und neuer Materialentwicklungen für den Planungsprozess mit Glas unabdingbar sowie Voraussetzung, um anspruchsvolle architektonische Konzepte zu realisieren.

### **INTERAKTIVE GLASFUNKTIONEN**

Ein wechselseitiges Reagieren zwischen Nutzer und Medium wird als Interaktion bezeichnet. Interaktivität im Bereich von Glasanwendungen im Bauwesen bezeichnet u.a. lichtaussendende Systeme, schaltbare Gläser oder auch Medien- und Informationsscreens. Ähnlich der in der Elektronik eingesetzten Screens werden Fassadenoberflächen in multifunktionale Gläser für die Applikation von Informationen, Steuerungsfunktionen oder Leuchtfeldern verwandelt. Diese hierfür eingesetzten innovativen Technologien lassen sich auch auf die Gebäudehülle übertragen, indem Technik und Architektur miteinander verschmelzen. Glas kommt in diesem Zusammenhang als Funktionsträger mit unter-

### **INTERACTIVE GLASS FUNCTIONS**

*Reciprocal reacting between user and medium is called interaction. Interactivity as it relates to glass applications in the building industry describes light-emitting systems, switchable glass panes as well as media and information screens etc.*

*Similar to the screens used in electronics, façade surfaces are transformed into multi-functional glass units that display information, have control functions or serve as illuminated panels. These innovative technologies can be transferred to the building envelope by combining architecture with technology. In this context, glass is used as a functional carrier with different properties. It can be used as a material that changes its specific properties (e.g. its translucency), as a protection layer and cover against chemical and mechanical stress or as a direct carrier material for functional layers. Using glass makes it possible to let the technology 'vanish' behind a visible, physical surface. Such so-called 'intelligent glasses' can be differentiated by adaptive and interactive properties [3].*



schiedlichen Eigenschaften zum Einsatz. Es kann als Material, das seine spezifischen Eigenschaften ändert (zum Beispiel die Transparenz), als Schutzschicht und Abdeckung gegenüber chemischen und mechanischen Belastungen oder als direktes Trägermaterial für funktionale Schichten verwendet werden. Der Einsatz von Glas ermöglicht ein „Verschwinden“ der Technologie hinter einer sichtbaren, physischen Oberfläche. Sogenannte „intelligente Gläser“ lassen sich nach adaptiven und interaktiven Eigenschaften unterscheiden [3]. Ein Highlight der Entwicklungen stellt das sog. „Smart Window“ dar. Durch Touch-Bedienfelder bietet das neuartige Fenster die Möglichkeit, kapazitive Funktionen abzurufen sowie einen Einsatz als TV- oder Internet-Screen zu gewährleisten. Während bei (selbst-)leuchtenden Gläsern größtenteils LED-Leisten im Scheibenzwischenraum von Isolierglas eingesetzt werden, findet bei den sog. „intelligenten Gläsern“ die Applikation der Funktionen auf einer zwischen den Gläsern sitzenden Harzschicht statt. Durch

*One highlight of the new developments is the so-called 'Smart Window'. Via control touch panels, the new window offers customers the possibility of accessing capacitive functions as well as ensuring the use as a TV or internet screen. Whereas with self-illuminated glass panes the LEDs are usually installed in the space between the glass panes of the IGUs (insulated glass units), the application of the functions of those so-called 'intelligent glass panes' are installed on a resin layer in-between the glass panes.*

*The use of LEDs allows for large-area effects and dynamic changes. The supplied light energy is reflected to enable almost glare-free lighting with adaptive light throughout the day, and to modify it to changeable media façade lighting in the evening via direct control. A similar arrangement of the technology can be found in the field of multi-touch application, where the information flow is controlled via infrared light inside the glass. The infrared transmitters and receivers running along the edge of the glass direct the light via reflection*



Automotive MultiLight:  
Flexible Lichtleiter für  
Akzente im Innenraum  
(© Schott AG)

Automotive MultiLight:  
flexible optical glass fibres  
for interior accent lighting  
(© Schott AG)

den Einsatz von LEDs können großflächige Effekte und dynamische Veränderungen erzeugt werden. Das eingespeiste Licht wird reflektiert, um tagsüber eine möglichst blendfreie Ausleuchtung mit adaptiver Lichtzufuhr zu ermöglichen und zusätzlich am Abend durch direkte Steuerung in veränderbare Medienfassaden verwandelt zu werden. Eine ähnliche Anordnung der Technologie findet sich im Bereich der „Multi-Touch-Anwendungen“, bei denen der Informationsfluss über Infrarotlicht im Glas gesteuert wird. Die entlang der Glaskante verlaufenden Infrarot-Transmitter und -Empfänger lenken das Licht über Reflexion von oben nach unten quer durch das Glas. Durch Kontakt mit der Oberfläche entsteht eine Unterbrechung, die nach Erkennung weiterverarbeitet wird und das System aktiviert. Wirtschaftliche Größen der Multi-Touch-Screens bewegen sich zwischen 15 bis 120 Zoll. [1].

*from top to bottom through the glass. Contact with the surface causes an interruption which, when recognised, is processed and activates the system. Economic dimensions of the multi-touch screens range between 15 to 120 inches [1].*



### **ENERGIEEFFIZIENTE TECHNOLOGIEN**

Im Gegensatz dazu erzeugen „Smarte Gläser“ den Eindruck einer unsichtbaren, auf Abruf verfügbaren Funktionalität. Veränderbarkeit durch elektrochrome Materialien, die durch das Anlegen einer Gleichspannung den Lichtdurchlass des Glases regeln, sowie durch thermochrome Stoffe, die eine Steuerung des Energiedurchlasses über Temperaturanpassung lenken, werden durch Flüssigkristall-Technologien ergänzt. Bei diesen Anwendungen werden auf der inneren Scheibenoberfläche in gleichmäßigem, je nach Bedarf variablem Abstand, Leuchtdioden montiert. Das Scheibenlaminat ermöglicht eine kabellose Verbindung der Dioden, die durch zweiseitige, entlang des Randverbundes umlaufende Kontaktstreifen gleichmäßig mit Strom versorgt werden. Diese hocheffiziente Lichtverteilung, erzeugt zum einen kaum Wärme und zeichnet sich zum anderen durch einen sehr geringen Stromverbrauch aus. Aufgrund der hohen Flexibilität in der Anordnung der Leiterbahnen können anspruchsvolle architektonische

### **ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES**

*In contrast, Smart Glasses create the impression of invisible functionality available on demand. Changeability through electrochromic materials which control light transmission via direct current and thermochromic materials which control light transmission via temperature adjustment is complemented by anisotropic liquid technologies. With these applications, light diodes are mounted in the inner glass pane surface at regular, if needed variable, distances. The laminated panel allows for a cable-free connection of the diodes which are evenly supplied with electricity via two-sided contact strips running along the outer edge. Such high-efficient light distribution generates hardly any heat and features very low energy consumption. The high flexibility of the arrangement of the conducting paths allows for sophisticated architectural applications.*

*These so-called high-tech compound glass panes can be used in the façade as well as in the interior. The resulting light effects can be*



TIREXtreme: Glas für  
Multi-Touch-Bildschirme  
(© AGC Glass Europe)  
*TIREXtreme: multi-touch  
screen applications in glass*  
(© AGC Glass Europe)

Anwendungen umgesetzt werden.

Diese sogenannten Hightech-Verbundgläser lassen sich im Bereich der Fassade ebenso wie im Innenraum einsetzen. Die erzeugten Lichteffekte sind einerseits abwechslungsreich steuerbar und lassen sich gleichzeitig zu Informationszwecken nutzen. Die durch Leuchtdioden erzeugten Effekte sind darüber hinaus funktional integrierbar und verbrauchen sehr wenig Energie.

Um für die Gebäudehülle energetische Verbesserungen zu erreichen, bietet der Einsatz von veränderbaren Gläsern sowie schaltbaren Systemen attraktive architektonische Möglichkeiten. Durch den Einsatz innovativer Technologien können transparente Oberflächen in semitransparente oder opake Bauteile verwandelt werden, die zur Reduzierung des Energieeintrags am Gebäude führen. Das Aufbringen von „Light-Crystal Beschichtungen“ auf der Innenseite der Scheiben führt dazu, dass Gläser unterschiedliche Transparenz-Grade erreichen, die je nach Bedarf steuerbar sind und entsprechend geregelt werden können.

*controlled in a varied manner and they can be used for information purposes. Furthermore, the effects generated with light diodes can be functionally integrated and consume very little energy.*

*The use of changeable glass and switchable systems improves the energetic performance of the building envelope. With the application of innovative technologies, transparent surfaces can be transformed into semi-transparent or opaque ones which result in reduced energy incidence into the building. By coating the insides of the glass units with light-crystal coatings, the glass panes can feature different degrees of transparency, which are controllable and can be adjusted if needed.*

*The layers consist of a film of liquid crystals, which is embedded between two PVB layers in the space between the glass panes and is operated with a low voltage. This results in a change of the appearance of the glass, for instance from transparent glass into an opaque unit, in a split second. The resulting effects support an adaption of the façade to the sur-*



Dielektrisches Spiegelglas  
 (Guardian Glass Europe S.A.R.L.  
 ©Frank Weber)  
 Dielectric Mirror Glass  
 (Guardian Glass Europe S.A.R.L.  
 ©Frank Weber)

Die Schichten bestehen aus einem Film aus Flüssigkristallen, der eingebettet zwischen zwei PVB-Schichten im Scheibenzwischenraum durch Aufbringen einer geringen elektrischen Spannung in Bewegung gesetzt wird. Dies führt dazu, dass sich das Aussehen der Scheibe in Sekundenschnelle verändert und das zuvor transparente Erscheinungsbild des Glases in eine opake Einheit verwandelt wird. Die erzielten Effekte unterstützen eine Anpassung der Fassade an den Umgebungszustand und kehren entsprechend schnell wieder in den Originalzustand zurück [2].

#### **ARCHITEKTONISCHE INTEGRATION**

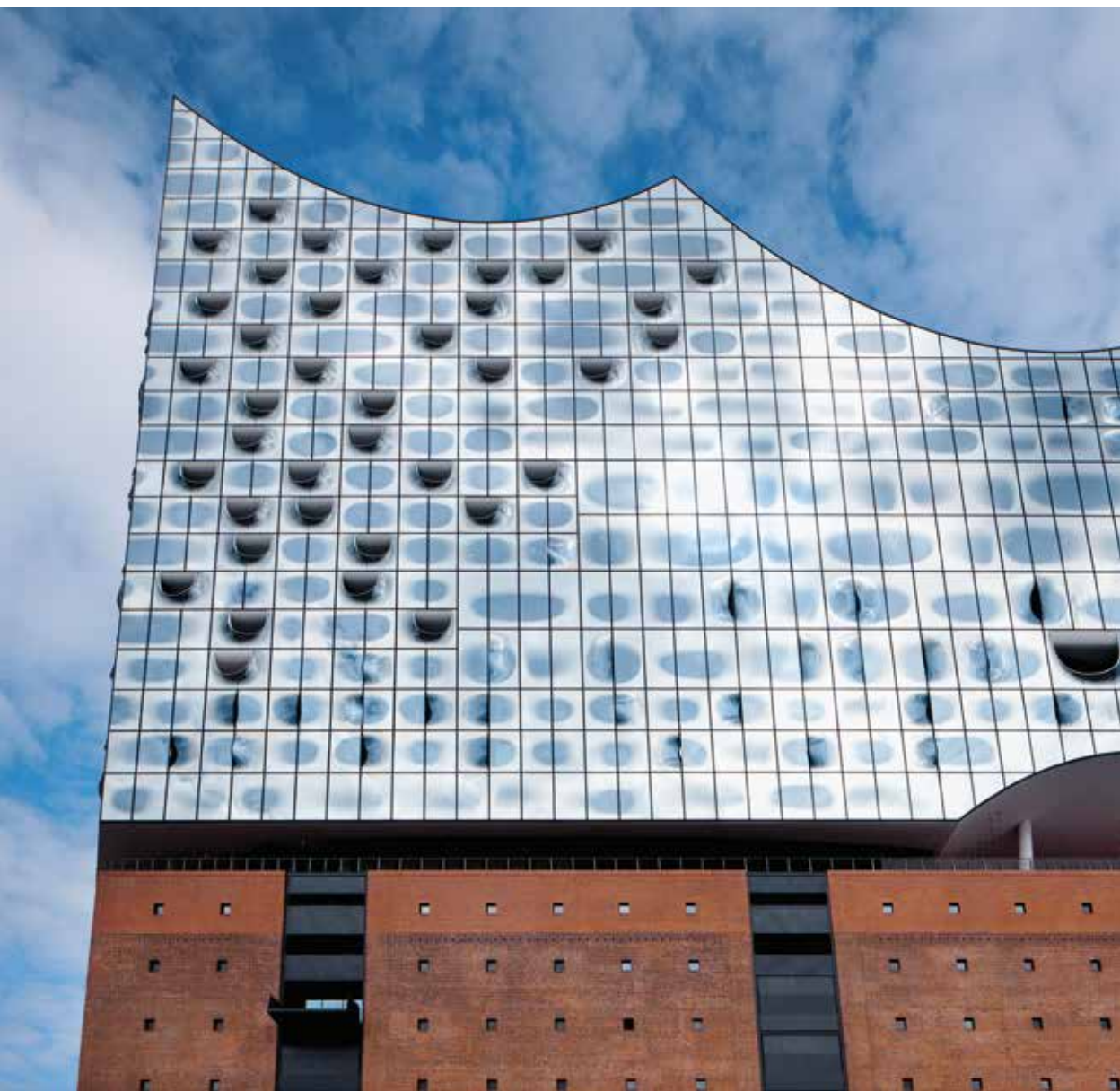
Die Umsetzung einer architektonisch anspruchsvollen und gleichzeitig energiesparenden Verglasung ist beim Projekt der Elbphilharmonie in Hamburg entstanden. Die unterschiedlichen Gläser, die aus flachen und zum Teil gebogenen Isolierverglasungen sowie Mehrfachlaminaten aus Einfachverglasung bestehen, mussten so entwickelt werden, dass während des Herstellungsprozesses die

rounding conditions and can just as quickly be reversed to gain the original state [2].

#### **ARCHITECTURAL INTEGRATION**

*The realisation of an architecturally advanced and simultaneously energy-saving glazing has been achieved with the Elbphilharmonie project in Hamburg, Germany. The different glass panes, consisting of flat and partially curved insulating glass panes as well as multi-laminates from single glazing, had to be so developed that the properties of the energetic intermediate layers had to be maintained during the manufacturing process. In order to ensure optimum functionality for these architecturally demanding geometries of the façade elements, a system composed of a LowE coating, a sun protection coating, chrome reflecting points and a ceramic screen printing pattern was developed in cooperation with various partners. Depending on their function and area of use in the Hamburg façade, the glass units are energetically highly effective and feature a low energy transmittance of less than 36%.*







Fassadenansicht  
Elbphilharmonie Hamburg  
(Guardian Glass Europe S.A.R.L.)  
© Frank Weber

*View of the façade of the  
Elbphilharmonie in Hamburg  
(Guardian Glass Europe S.A.R.L.)  
© Frank Weber*



Fassadenansicht der Elbphilharmonie  
Hamburg mit Detailsicht der komplexen  
Sonnenschutzbeschichtung  
(Josef Gartner GmbH © Cordelia Ewerth)  
*Detailed view of the façade of the  
Elbphilharmonie, including the sun  
protection coating of the glazing  
(Josef Gartner GmbH © Cordelia Ewerth)*

Eigenschaften der energetischen Zwischenschichten bewahrt wurden. Um eine optimale Funktionalität bei architektonisch anspruchsvollen Geometrien der Fassadenelemente zu gewährleisten, wurde in Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Partnern ein System aus LowE-Beschichtung, einer Sonnenschutzbeschichtung, Chromspiegelpunkten und keramischen Siebdruckmustern entwickelt. Die Glaseinheiten sind je nach Funktion und Einsatzbereich in der Hamburger Fassade energetisch hochwirksam und verfügen über einen niedrigen Energiedurchlassgrad von weniger als 36%. Durch einen integrativen Entwurfsansatz überzeugt das Gebäude neben der Reduzierung der Kühllasten und Minimierung der Temperaturen im Inneren (und damit einem geregelten Gesamtenergieaufwand des Gebäudes), insbesondere durch seine architektonische Gestalt und Form. Um einen ganzheitlichen Entwurfsansatz zu gewährleisten, ist eine Unterscheidung von Nachhaltigkeitsprinzipien essentiell. Je nach Planungsaufgabe müssen Abläufe integral

*Due to the integrative design approach, the building not only convinces with the reduced cooling loads and minimalised temperatures in the interior (and thereby a controlled overall energy demand of the building) but also with its architectural design and appearance.*

*In order to ensure a holistic design approach, it is essential to differentiate between sustainability principles. Depending on the planning task, processes must be thought out and developed integrally so that optimal solution is ensured. In this context, resource efficiency also stems from conversion of and supplements to existent building substance. The building envelope offers a broad field of application for reactivation or renewing of a building, for instance by integrating technical applications. Therefore, future architects and planners should employ integrative concepts to develop constructional and functional as well as technical and economic properties of glass but also to consider energy efficiency and sustainability.*



gedacht und weiterentwickelt werden, um eine optimale Umsetzung zu gewährleisten. Ressourceneffizienz zeigt sich in diesem Zusammenhang auch durch Umnutzung und Ergänzung bestehender baulicher Substanz. Die Gebäudehülle bietet ein breites Anwendungsfeld für die Reaktivierung oder Erneuerung eines Bauwerks, beispielsweise durch die Integration von technischen Applikationen. Zukünftige Architekten und Planer sollen daher durch integrative Konzepte sowohl gestalterische, konstruktive, funktionale, technische, wirtschaftliche als auch energieeffiziente und nachhaltige Eigenschaften berücksichtigen und progressiv voranbringen.

VERBINDEN

DURCH KLEBEN –

POTENTIALIALE IM

GLASBAU

Die Dresdner Forschung ist seit zwanzig Jahren getrieben von der steten Fortentwicklung und den steigenden Anforderungen im Fassadenbau. Dabei sind fünf Aspekte zielführend. Glas wird größer – der Trend zu größeren Formaten ist ungebrochen und lässt mit Längen bis zu 18 Metern Formate weit jenseits der bekannten Größen zu. Glas wird dünner – verringerte Glasdicken, in Verbindung mit ausdifferenzierten, leistungsfähigen Zwischenschichten, erlauben eine Einsparung von Gewicht und Material. Glas wird gebogen – heute können freie Fassadenformen auch über die Glasflächen ohne Fugen fortgesetzt werden. Eine Kaltverformung durch das absichtliche Aufpressen einer Verglasung auf die gebogene Unterkonstruktion oder eine Warmverformung im Ofen mit extremen Krümmungen sind möglich und erweitern Spielräume. Glas wird funktionaler – zusätzlich eingebettete Eigenschaften verleihen der Glasfassade neue Funktionen von darstellenden, interaktiven Displays bis hin zu energiegewinnenden Photobioreaktoren.

*Research in Dresden has been driven for twenty years by the constant development and increasing demands in façade construction. Five aspects are crucial in this context. Glass panels are getting bigger and have moved beyond standard sizes - the trend towards larger constructions is continuing, and lengths of up to 18 metres are easily possible. Furthermore, glass is getting thinner - new features such as reduced glass thickness in combination with high-performance layers in-between enable reductions in weight and saving of material. In addition to that, glass is curved. Today, original façade shapes can be realized along the glass surface without joints. Two processes make extreme curvatures possible, thus expanding the scope for creativity: Cold deformation - pressing a glazing onto the curved substructure - and hot deformation in a furnace. All in all, glass is becoming more functional - additionally embedded features endow glass façades with new functions: from interactive displays to energy-generating photobioreactors, possibilities seem endless.*



Flächig transparent geklebte  
Glasrahmenecken  
(© Steffen Spitzner, Gera)  
*transparently bonded corners of  
the glass frame  
(© Steffen Spitzner, Gera)*

**D**ie Anforderungen an Fassaden, tragende Glaskonstruktionen oder Elemente des Ausbaus sind enorm vielfältig – Materialvielfalt in der Gestaltung, maximale Transparenz mit möglichst wenig sichtbaren verbindenden Elementen, Energieeffizienz bis hin zur Energiegewinnung sind fest verknüpft mit dem modernen Bauen. Das Kleben als Verbindungstechnologie kann die Umsetzung dieser vielfältigen Anforderungen in Erscheinung und Funktion gezielt unterstützen, wenn nicht sogar erst ermöglichen [1].

### **HOCHFESTE TRANSPARENTE KLEBSTOFFE**

Klebeverbindungen ermöglichen eine prinzipiell flächenhafte und damit gleichmäßige Krafteinleitung. Die Form der Klebung kann großflächig, linienförmig oder aber punktförmig erfolgen. Beispielhaft für flächige Klebungen sind transparent geklebte Glas-ecken in einer aussteifenden Rahmenkons-

*The requirements for façades, load-bearing glass structures or glass systems for interior constructions are numerous. From free design, the considerable variety of materials used as well as maximum transparency with almost invisible connecting elements to energy efficiency and energy generation – those are all firmly linked to modern construction. Adhesive bonding as a joining technology greatly facilitates the implementation of those requirements for appearance and function – and in some cases makes it possible in the first place [1].*

### **HIGH-STRENGTH TRANSPARENT ADHESIVES**

*Adhesive connections generally allow an evenly distributed application of force. The adhesive can be applied linearly, in a punctual way or on large surfaces. Transparently glued glass corners in a stiffening frame construction are one example of two-dimensional bonding, which contributes to the lightness of the construction – a feature that was previously impossible to implement in this form. Linear bonds along*





Linienförmig geklebte  
Glasschwerter  
(© Friedrich May)  
*Linearly bonded glass fins*  
(© Friedrich May)



Punkt förmig  
transparente Klebung  
(© Jan Wunsch)  
*Punctual, transparent  
bonding* (© Jan Wunsch)

truktions zu nennen, mit denen eine bisher nicht in dieser Form umsetzbare Leichtigkeit in der Konstruktion geschaffen werden kann. Linienförmige Klebungen entlang einer Glasschwertkante ermöglichen die Einbindung in ein herkömmliches Pfosten-Riegel-System und erhöhen zugleich die Resttragfähigkeit der Glasschwerter. Geklebte Punkthalersysteme stellen darüber hinaus eine attraktive punktförmige Variante des Klebens dar [2].

Über die Schichtdicke und den E-Modul des Klebstoffes ist es möglich, den Kraftfluss und das Verformungsverhalten der Klebverbindung zu steuern und Spannungsspitzen zu minimieren. Die Fügeile werden nicht durch Bohrlöcher oder Aussparungen geschwächt. Bei der Herstellung einer Klebverbindung entsteht keine oder eine im Vergleich zum Schweißen nur geringe Temperaturbeanspruchung. Die Klebstoffe reagieren beim Verkleben sehr empfindlich auf Feuchtigkeit und Temperatur. Daher verdient die Ausführung von Klebverbindungen besondere Beachtung und sollte nur unter kontrollierten

*the edge of a glass fin facilitate the integration of it into a conventional mullion-transom system, while at the same time increasing the residual load-bearing capacity of the glass fins. Glued point support systems are also an attractive variant of punctual glueing [2].*

*The thickness of the layer and the Young's modulus of the adhesive help to control the flux of force and the deformation behaviour of the adhesive joint as well as to minimise stress peaks. The glued parts are not weakened by drill holes or cutouts. In comparison to welding, there is no or only low thermal stress during the production of an adhesive connection. The adhesives react unfavourably to humidity and temperature changes during the process of bonding. Therefore, joining adhesive connections requires special attention and should only be carried out under controlled conditions, i.e. in air-conditioned rooms. In addition, temperature fluctuations can lead to considerable stresses in the glass as the adhesive and the glass usually have different coefficients of thermal expansion [3].*



FKV-VH-Fassade  
 (© Jan Wunsch)  
 Ventilated façade with FRP  
 (fibre-reinforced polymer)  
 (© Jan Wunsch)



Bedingungen, d.h. in klimatisierten Räumen durchgeführt werden. Zudem können Temperaturschwankungen zu erheblichen Spannungen im Glas führen, da Klebstoff und Glas meist sehr unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen [3].

Bei der Herstellung sind grundsätzlich zusätzliche Arbeitsschritte für die Oberflächenbehandlung und die Aushärtung einzuplanen. Im Gegensatz zu anderen Werkstoffen ist die Oberflächenvorbereitung der Kontaktflächen bei Glas in der Regel einfach, denn die zu verklebenden Flächen müssen lediglich trocken und fettfrei sein. Weitergehende Oberflächenvorbehandlungen von Füge­teilen zur Optimierung adhäsiver Verbindungen im Konstruktiven Glasbau wurden schon früh untersucht [4].

Ein Großteil der Klebstoffe wird den organischen Polymerverbindungen zugeordnet. Diese Klebstoffe weisen hinsichtlich des chemischen Aufbaus und der Materialeigenschaften starke Parallelen zu Kunststoffen auf. Folglich zeigen sie häufig ein zeit- und

*As a basic principle, additional process steps for surface treatment and hardening should be included in the production process. In contrast to other materials, however, the surface preparation of glass contact surfaces is very simple because the joint surfaces only have to be dry and free of grease. Further surface pre-treatments of joining parts to optimise adhesive joints in structural glass construction were investigated early on [4].*

*Most of the adhesives are classified as organic polymer compounds. Those adhesives have strong parallels to plastic in terms of their chemical structure and material properties. As a result, they often exhibit time-dependent and temperature-dependent material behaviour. Temperature resistance and durability are generally lower than those of metals. Environmental influences can damage the adhesive and boundary layers between the glued parts and reduce the strength of the joint. In addition, different coefficients of thermal expansion of the adhesive and the glass lead to forced stress in the adhesive joint in case of*



FKV-VH-Element  
 (© Alina F. L. Joachim)  
 Sample for ventilated  
 façade with FRP  
 (fibre-reinforced polymer)  
 (© Alina F. L. Joachim)

temperaturabhängiges Materialverhalten. Die Temperaturbeständigkeit und die Dauerhaftigkeit liegen in der Regel unter der von Metallen. Umwelteinflüsse können die Kleb- und Grenzschichten zwischen den Füge-teilen beschädigen und die Festigkeit der Verbindung herabsetzen. Darüber hinaus führen unterschiedliche Temperatúrausdehnungskoeffizienten von Klebstoff und Glas bei Temperaturänderungen zur Zwangsbeanspruchung der Klebverbindung, die grundsätzlich berücksichtigt werden muss. Eine zerstörungsfreie Prüfung der Verbindung ist nur im begrenzten Umfang möglich, entsprechende Prüfverfahren sind aber zunehmend Thema der Forschung [5].

### HYBRIDE LASTABTRAGUNG

Innovative Materialverbunde für Fassaden mit Glasoberflächen ermöglichen eine deutliche Verbesserung von Gebrauchstauglichkeit, Standsicherheit und Resttragfähigkeit. Die sichere stoffschlüssige Verbindung von Glas mit geeigneten Trägermaterialien führt

*temperature changes, which always has to be taken into account. Non-destructive testing of the connection is only possible to a limited extent, but corresponding testing methods are increasingly becoming the subject of research projects [5].*

### HYBRID LOAD TRANSFER

*Innovative material composites for façades with glass surfaces allow a significant improvement in usability, stability and residual load-bearing capacity. The secure material-locking connection between glass and suitable carrier materials leads to a hybrid load transfer with high ductility. Newly developed balustrade components show that, despite the use of glass, failure of plates tending to brittle fractures can be ruled out without prior notice and a high residual load-bearing capacity can be expected [6].*

*For ventilated curtain walls (VCW), an innovative hybrid panel element made of fibre-reinforced polymers and glass has been developed, which has significantly improved performance*



Pilotbau Holz-Glas-  
Verbundfassade  
(© Gump & Maier GmbH)  
*Test construction timber-glass  
composite façade*  
(© Gump & Maier GmbH)

zu einer hybriden Lastabtragung mit hoher Duktilität. Neu vorgestellte, absturzsichernde Brüstungsbauteile zeigen, dass trotz Verwendung der zum Sprödbbruch neigenden Glasplatten ein Versagen ohne Vorankündigung ausgeschlossen und eine hohe Resttragfähigkeit erwartet werden kann [6].

Für vorgehängte hinterlüftete (VH-) Fassaden wurde ein neuartiges hybrides Plattenelement aus Faserkunststoffverbund und Glas entwickelt, das im Vergleich zu gängigen Trägerplattensystemen wesentlich verbesserte Gebrauchseigenschaften aufweist. Die Matrix des Faserkunststoffverbundes wird direkt auf das Glas aufgebracht und ist damit gleichzeitig Harz des Verbundes als auch verbindender Klebstoff zum Glas. Das sprödbrechende Glas fungiert als Witterungsschutz, ist aber durch die volle Verbundwirkung gleichermaßen am Lastabtrag beteiligt. Die farbliche Vielfalt wird über Farbzusätze der Matrix gesteuert. Das Glas selbst muss nicht zwangsläufig farblich gestaltet werden. Während herkömmliche Trägerplattensysteme in

*characteristics compared to conventional carrier panel systems. The matrix of the fibre plastic polymer is directly applied onto the glass and is thus both the resin of the polymer and the bonding adhesive to the glass. The brittle breakable glass acts as weather protection and is equally involved in the load transfer due to its full bonding effect. The wide range of colours is regulated by colour additives in the matrix. The glass itself does not necessarily have to be coloured. While conventional support panel systems in ventilated façades are solely flat, this technology is ideal for curved elements and surfaces of free design [7].*

### **TIMBER-GLASS-FAÇADES**

*In using high-performance bonding applications, engineers and architects are extending the boundaries of feasible projects in structural glass construction. Thus, they are paving the way for new types of glass constructions and structures such as the new generation of timber-glass composite elements [8]. In recent years, intensive research has been carried out*



Holz-Glas-Verbundfassade  
in Fridolfing  
(© OTTO-CHEMIE)  
*Timber-glass composite  
elements in use: façade of  
a logistic centre in Fridolfing  
(© OTTO-CHEMIE)*

VH-Fassaden ausschließlich eben angeboten werden, bietet sich diese Technologie hervorragend für gebogene Elemente und Freiformflächen an [7].

### **HOLZ-GLAS-FASSADEN**

Mit dem Einsatz leistungsfähiger Klebanwendungen verschieben Architekten und Ingenieure die Grenzen umsetzbarer Projekte im Konstruktiven Glasbau immer weiter und bereiten so den Weg für neuartige Glaskonstruktionen und Glastragwerke, wie beispielsweise die neue Generation von Holz-Glas-Verbundelementen [8]. In den letzten Jahren wurde in diesem Bereich intensiv geforscht und versucht, nachvollziehbare Qualitätskriterien und Bemessungsregeln zu entwickeln. So können nach dem heutigen Stand der Technik aussteifende Holz-Glas-Fassaden ökonomisch und ökologisch mit entsprechenden Metall-Glas-Fassaden durchaus konkurrieren. Wesentliche Kriterien der Untersuchungen sind jeweils die Herstellung der Klebverbindung wie auch die Qualität der Lastabtragung

*in this area and attempts have been made to develop comprehensible quality criteria and design rules. Timber-glass façades that are stiffened according to the current state of the art can compete economically and ecologically with corresponding metal-glass façades. Essential criteria of the investigations are the production of the bonded joint as well as the quality of the load transfer under different stresses and ageing scenarios [9, 10].*

### **PHOTOVOLTAIC FAÇADES**

*The requirements for today's façades go beyond the fulfilment of the original protective and room-enclosing function. In addition to the control of air exchange, radiation and sound transmission as well as humidity and heat management, special emphasis is placed on the topics of energy efficiency and energy generation. The evaluation of structural requirements for façade-integrated photovoltaics leads to products that use glass as a carrier material and/or as a top layer. The layered structure of the photovoltaic elements is*



unter verschiedenen Beanspruchungen und Alterungsszenarien [9, 10].

#### **PHOTOVOLTAIK-FASSADEN**

Die Anforderungen an heutige Fassaden gehen über die Erfüllung der ursprünglichen Schutz- und Raumabschlussfunktion hinaus. Neben der Regelung von Luftaustausch, Strahlungs- und Schalldurchgang sowie Feuchte- und Wärmehaushalt stehen Energieeffizienz und Energiegewinnung im Mittelpunkt der Diskussion. Die Wertung bautechnischer Anforderungen an die fassadenintegrierte Photovoltaik führt zu Produkten, die Glas als Trägermaterial und/oder als Deckschicht verwenden. Der geschichtete Aufbau der Photovoltaik-Elemente wird durch Klemmung oder durch Klebung fixiert. Hohe Anforderungen an die Klebschichten, insbesondere hinsichtlich Beanspruchung durch Feuchte und Temperatur, wurden bereits früher umfangreich untersucht [11].

Neuere Entwicklungen kombinieren die Photovoltaik in der Fassade mit Latentwärme-

*fixed by clamping or glueing. High demands on the adhesive layers, especially with regard to exposure to humidity and temperature, have already been extensively investigated [11].*

*Recent developments combine photovoltaics in the façade with phase-change materials or solar thermal elements in order to increase the performance of the systems by dissipating the heat. For a detailed evaluation of the performance of building-integrated photovoltaics, various façade systems were subjected to long-term monitoring resulting in specific planning recommendations [12]. Summarising information on the design, normative and energetic characteristics of energy generation on photovoltaic façades and on the operating behaviour can be found in [13].*

#### **BIOREACTOR FAÇADES**

*In co-operation with several industrial partners, the Institute of Building Construction at the Technische Universität Dresden is implementing the principle of biomass generation using microalgae in the glass building enve-*



Walther-Hempel-Bau  
 (© Stefanie Flohr)  
*Walter Hempel Building*  
 (© Stefanie Flohr)

speichern oder Solarthermie-Elementen, um durch Abführung der Wärme die Leistung der Systeme zu steigern. Für eine detaillierte Bewertung der Leistungsfähigkeit gebäudeintegrierter Photovoltaik wurden verschiedene Fassadensysteme einem Langzeitmonitoring unterzogen mit dem Ergebnis konkreter Planungsempfehlungen [12]. Zusammenfassende Hinweise zu den konstruktiven, normativen und energetischen Besonderheiten der Energieerzeugung an Photovoltaik-Fassaden wie auch zum Betriebsverhalten finden sich in [13].

### **BIOREAKTOR-FASSADEN**

In Zusammenarbeit mit mehreren Industriepartnern implementiert das Dresdner Institut für Baukonstruktion das Prinzip der Biomasseerzeugung durch Mikroalgen in die gläserne Gebäudehülle. Das entwickelte Fassadenmodul ähnelt im Wesentlichen einem Zweischeiben-Isolierglas. In dessen Scheibenzwischenraum befindet sich jedoch kein Gas wie in konventionellen Systemen, sondern ein

*lope. The façade module developed resembles in essence double glazed insulating glass. However, there is no gas in the space between the panes, as found in conventional systems, but a liquid culture medium with microalgae. The photoactive microorganisms grow valuable biomass with the aid of solar energy, which is then harnessed and used via an effective supply and disposal system.*

*From the point of view of structural design, filling the façade module poses a major static challenge. When the element is filled storey-high, the culture medium behaves similarly to water and produces a high hydrostatic pressure at the bottom. In order to remove these specific loads, vertical load-bearing adhesives are arranged in the space between the panes. They connect the front glazing with the back glazing, thus transferring the loads via tensile forces of the adhesive joint. Hence, the load-bearing adhesives reduce the deformations occurring inside the individual biofaçade elements and additionally minimize the tensile stresses in the glass material.*



flüssiges Kulturmedium mit Mikroalgen. Die photoaktiven Mikroorganismen bauen mithilfe der Sonnenenergie wertvolle Biomasse auf, die anschließend über ein effektives Ver- und Entsorgungssystem gewonnen und verwertet wird [14].

Aus Sicht der Tragwerksplanung ergibt die Befüllung eine große statische Herausforderung, denn das Kulturmedium verhält sich ähnlich wie Wasser und ergibt bei einer Befüllung des geschosshohen Fassadenelements einen hohen hydrostatischen Druck am Fußpunkt. Um diese besonderen Beanspruchungen abzutragen, wurden vertikale lastabtragende Klebungen im Scheibenzwischenraum angeordnet. Sie koppeln die Front- mit der Rückverglasung und tragen die Lasten über Zugkräfte in der Klebfuge ab. Damit reduzieren die lastabtragenden Klebungen die auftretenden Verformungen innerhalb der einzelnen Biofassadenelemente und minimieren zusätzlich die Zugspannungen im Material Glas. Allgemeine Bemessungsgrundlagen für Klebeverbindungen, insbesondere unter Berücksichtigung der Langzeiteffekte, werden zeitnah untersucht [15].

*General design principles for adhesive joints, especially taking into account long-term effects, are investigated in [15].*



**AUTOREN/AUTHORS**

Michael Drass

Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Knaack

- [1] Schula, S., Charakterisierung der Kratzanfälligkeit von Gläsern im Bauwesen: Characterisation of the scratch sensitivity of glasses in civil engineering. Vol. 43. 2015: Springer-Verlag.
  - [2] Ensslen, F. and S. Müller-Braun, Kantenfestigkeit von Floatglas in Abhängigkeit von wesentlichen Schneidprozessparametern. Glasbau 2017. 2017: Ernst & Sohn Verlag.
  - [3] Schneider, J., et al., Entwicklung einer industriell einsetzbaren, energieeffizienten Anlage zur Detektion von Nickelsulfid-Einschlüssen in Glas (DeNiSE). 2015.
  - [4] Schneider, J., et al., Cold-bent thin glass laminates for architectural applications: Computational design and material modeling, in IASS. 2017: Hamburg, Germany.
  - [5] Drass, M., et al., Adhesive connections in glass structures—part I: experiments and analytics on thin structural silicone. Glass Structures & Engineering, 2018. 3(1): p. 39-54.
  - [6] Drass, M., et al., Finite Element Analyses on Thin Silicone Adhesives in Façade Design - A Simple Constitutive Modeling Approach Accounting for Cavitation. Finite Element Analysis and Design, 2018.
  - [7] Seel, M., et al., Additive Manufacturing of Glass Components - Exploring the Potential of Glass Connections by Fused Deposition Modeling, in Challenging Glass 6 - Conference on Architectural and Structural Applications of Glass. 2018, Delft University of Technology: Delft University of Technology. p. 8.
  - [8] Pourmoghaddam, N. and J. Schneider, Experimental investigation into the fragment size of tempered glass. Glass Structures & Engineering, 2018. 3(2): p. 167-181.
  - [9] Steinke, C., I. Zreid, and M. Kaliske, On the relation between phase-field crack approximation and gradient damage modelling. Computational Mechanics, 2017. 59(5): p. 717-735.
-

## AUTOREN/AUTHORS

Dr. ir. Christian Louter

ir. Lida Barou

ir. Telesilla Bristogianni

Clarissa L. Justino de Lima, MSc

ir. Faidra Oikonomopoulou

ir. Ate Snijder

Vis. Prof. James O'Callaghan

Dr. ir. Fred Veer

Prof. ir. Rob Nijssen

- [1] C. Justino de Lima, F. Veer, O. Copuroglu, R. Nijssen. 2018. Innovative Glass Recipes Containing Industrial Waste Materials. Challenging Glass Conference Proceedings, v.6, p.533-542, TU Delft Open, 10.7480/cgc.6.2175
  - [2] Oikonomopoulou, F., Bristogianni, T., Veer, F.A., Nijssen, R.: The construction of the Crystal Houses façade: challenges and innovations. Glass Structures & Engineering, 1-22 (2017). doi:10.1007/s40940-017-0039-4
  - [3] T. Bristogianni, F. Oikonomopoulou, C. Justino de Lima, F. Veer, R. Nijssen, 2018. Cast Glass Components out of Recycled Glass: Potential and Limitations of Upgrading Waste to Load-bearing structures. Challenging Glass 6 Conference Proceedings, v. 6, p. 151-174, TU Delft Open, doi: 10.7480/cgc.6.2130
  - [4] F. Oikonomopoulou, T. Bristogianni, L. Barou, E. Jacobs, G. Frigo, F. Veer, R. Nijssen, 2018. A novel, demountable structural glass system out of dry-assembly, interlocking cast glass components. Challenging Glass 6 Conference Proceedings, v.6, p.71-82, TU Delft Open, doi: 10.7480/cgc.6.2118
  - [5] M. Aurik, A. Snijder, C. Noteboom, R. Nijssen, C. Louter, 2018. Experimental analysis on the glass-interlayer system in glass masonry arches, Glass Structures & Engineering, Volume 3, Issue 2, pp 335-353, doi: 10.1007/s40940-018-0068-7
  - [6] A. Snijder, R. Nijssen, C. Louter, 2018. Building and Testing Lenticular Truss Bridge with Glass-Bundle Diagonals and Cast Glass Connections, Challenging Glass Conference Proceedings, v. 6, p. 647-660, TU Delft Open, doi: 10.7480/cgc.6.2185
  - [7] F. Oikonomopoulou, T. Bristogianni, F. Veer, R. Nijssen, 2016. Developing the bundled glass column. Structures and Architecture - Beyond their limits, Proceedings of the 3rd International Conference on Structures and Architecture (ICSA), Guimaraes
  - [8] F. Oikonomopoulou, E. van den Broek, T. Bristogianni, F. Veer, R. Nijssen, 2017. Design and experimental testing of the bundled glass column. Journal of Glass Structures & Engineering
  - [9] R. Ribeiro Silveira, T. Klein, C. Louter, 2018. Flexible Transparency – a Study on Adaptive Thin Glass Façade Panels. Challenging Glass Conference Proceedings, v. 6, p. 135-148, TU Delft Open, doi: 10.7480/cgc.6.2129
-

**AUTOR/AUTHOR**

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Arch. Jutta Albus

- [1] POWERGLASS® - Hightech laminated glass with integrated light emitting diodes, available from: <http://www.display-glass.com/en/products/en-powerglass.html>
  - [2] Guardian Glass – Reveal. From public view to private space, with a flip of a switch, available from: <https://www.guardianglass.com/GuardianGlass/glassproducts/InGlassInteriorGlass/Reveal/index.html> (2018-0614)
  - [3] Schaltbar, Selbstleuchtend, InteraktivIntelligent Applications in Glass; DAB No. 09/2016, S. 48-51 Albus J, Pellkofer J, Robanus S.
  - [4] Elbphilharmonie – Komplexe gebogene Glasfassade, available from: <https://www.detail.de/blog-artikel/elbphilharmonie-komplexe-gebogene-glasfassade-30892/> (2018-0614)
-

---

**AUTOREN / AUTHORS**

Dr.-Ing. Silke Tasche

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

- [1] [1] Weller, B.; Kothe, M.; Nicklisch, F.; Schadow, T.; Tasche, S.; Vogt, I.; Wünsch, J.: Kleben im konstruktiven Glasbau. In: Stahlbaukalender 2011. Herausgegeben von U. Kuhlmann. Berlin: Ernst & Sohn, 2011. Seite 585-646.
  - [2] Wünsch, J.: Transparente Epoxidharzklebstoffe für Glas-Metall-Verbindungen. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden, 2017.
  - [3] Wünsch, J.; Weller, B.: Transparente Epoxidharze in lastabtragenden Klebungen. In: Glasbau 2018; Herausgegeben von B. Weller und S. Tasche. Berlin: Ernst & Sohn, 2018. Seite 291-312.
  - [4] Kothe, C.: Oberflächenvorbehandlung von Fügeteilen zur Optimierung adhesiver Verbindungen im Konstruktiven Glasbau. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden, 2013.
  - [5] Kryukov, I.; Böhm, S.: Zerstörungsfreie Prüfung von geklebten Strukturbauteilen mittels thermisch und dynamisch angeregter Shearografie. In: Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung, Jahrestagung 2018. Kurzfassung der Vorträge und Posterbeiträge. Seite 82.
  - [6] Giese-Hinz, J.; Weller, B.: Hybrid glass elements for balustrades – experimental analysis and numerical simulation of the load-bearing behavior. In: Engineered Transparency 2018. Herausgegeben von J. Schneider und B. Weller. Berlin: Ernst & Sohn, 2018.
  - [7] Weller, B.; Joachim, A.; Wesner, A.; Wünsch, J.: Neue FKV-Glas-Elemente für die Fassade In: Glasbau 2018; Herausgegeben von B. Weller und S. Tasche. Berlin: Ernst & Sohn, 2018. Seite 267-278.
  - [8] Nicklisch, F.: Ein Beitrag zum Einsatz von höherfesten Klebstoffen bei Holz-Glas-Verbundelementen. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden, 2016.
  - [9] Piculin, S.; Nicklisch, F.; Brank, B.: Numerical and experimental tests on adhesive bond behaviour in timber-glass walls. In: International Journal of Adhesion and Adhesives (IJAA), Volume 70, 2016. Seite 204-217.
  - [10] Nicklisch, F.; Giese-Hinz, J.; Weller, B.: Glued windows and timber-glass-facades – performance of a silicone joint between glass and different types of wood In: Engineered Transparency 2016. Herausgegeben von J. Schneider und B. Weller. Berlin: Ernst & Sohn, 2016. Seite 589-602.
  - [11] Hemmerle, C.: Photovoltaik in der Gebäudehülle – Wertung bautechnischer Anforderungen. Dissertation. Dresden. Technische Universität Dresden, 2015.
  - [12] Horn, S.: Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) – Entwicklung und Bewertung von Fassadensystemen. Dissertation. Dresden. Technische Universität Dresden, 2017.
  - [13] Horn, S.; Bagda, E.; Brandau, K.; Loewenstein, T.; Seibel, M.; Weller, B.: Einfluss der Bauwerkintegrierten Photovoltaik an Fassaden bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden. In: Bauphysik 40 (2018), Heft 2, Seite 68-73 und Heft 3, Seite 143-150.
  - [14] Weller, B.; Aßmus, E.; Kerner, M.: Adhesive joints in Photobiogenerators – Preliminary Studies on Adhesive Materials. In: Engineered Transparency 2016. Herausgegeben von J. Schneider und B. Weller. Berlin: Ernst & Sohn, 2016. Seite 119-128.
  - [15] Aßmus, E.; Weller, B.; Haskell, J.; Sengewald, T.: Intelligent Future Building Skins – Studies on a Flat Plate Photobioreactor Prototype. In: Tagungsband IABSE Symposium Engineering the Future. Vancouver, 2017. Seite 1138-1144.
-

EXHI

---

BITION

---



## NEUES DÜNNGLAS FÜR DEN EXPLOSIONSSCHUTZ

### AGC'S NEW ANTI-EXPLOSION TECHNOLOGY

AGC GLASS EUROPE  
LOUVAIN-LA-NEUVE, BELGIUM  
AGC-YOURGLASS.COM



Weitere Informationen finden Sie unter: Hugues Lefevre, AGC Glass Europe, [hugues.lefevre@eu.agc.com](mailto:hugues.lefevre@eu.agc.com)  
For more information, please contact: Hugues Lefevre, AGC Glass Europe, [hugues.lefevre@eu.agc.com](mailto:hugues.lefevre@eu.agc.com)

#### Das neue Explosionsschutzglas von AGC Glass Europe ist viel dünner, aber genau so stark wie herkömmliches explosionshemmendes Verbundglas.

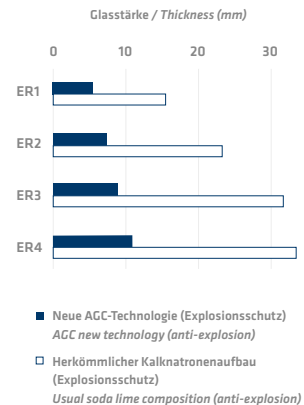
Realisiert wurde diese innovative Verbundglas-Technologie mit Falcon-Glas von AGC, ein für das chemische Vorspannen geeignetes Aluminosilikat-Dünn Glas. Es zeichnet sich durch eine herausragende mechanische Festigkeit aus (fünfmal stärker als herkömmliches, thermisch vorgespanntes Kalknatronglas), erzeugt jedoch keine optische Verzerrung. Anwendungen mit Falcon-Glas bieten zahlreiche Vorteile, z. B.:

- leichte Strukturen;
- ausgezeichnete Sicherheitsleistung;
- neue Möglichkeiten bei Formgebung und Design.

#### AGC Glass Europe presents its new high-performance anti-explosion glass that is much thinner but just as strong as conventional anti-explosion glass.

*This new laminated glass technology incorporates AGC's Falcon glass (aluminosilicate thin glass), which is suitable for chemical toughening. It boasts excellent mechanical strength (five times stronger than conventional thermally toughened soda-lime glass), yet creates no visible distortion. This new solution delivers numerous benefits, including:*

- *lightweight structures;*
- *superb safety and security performance;*
- *new possibilities in terms of shapes and designs.*



AGC GLASS EUROPE  
LOUVAIN-LA-NEUVE, BELGIUM  
AGC-YOURGLASS.COM

## VAKUUM-ISOLIERGLAS

### VACUUM INSULATING GLAZING



#### Die neue Generation von Vakuum-Isoliergläsern für optimalen Wohnkomfort

Es kombiniert Leistung und Design und bietet ohne sichtbare Evakuierungsöffnungen eine uneingeschränkte Sicht. Mit seiner geringen Gesamtdicke lässt es sich nahtlos in bestehende Fensterrahmen oder in neue Gebäude integrieren.

Hauseigentümer und Gebäudenutzer genießen die Ästhetik und den erhöhten Wohnkomfort aufgrund folgender Vorteile:

- einfaches und ästhetisch ansprechendes Design
- „leichtes“ Erscheinungsbild wie bei einer Einfachverglasung
- außergewöhnlich gute Wärmedämmung ( $U_g$ -Wert zwischen 0,4 und 0,7  $W/(m^2K)$ )
- mehr Sichtkomfort durch optimale, um

15% höhere, Tageslichttransmission (\*)

- eine Zunahme des solaren Wärmegewinnns (\*) um 30%
- besseren Schallschutz (um durchschnittlich 3 dB (Rw Ctr) bessere Schalldämmung)

AGC bietet die aktuell fortschrittlichste Vakuum-Isolierverglasungstechnologie und optimiert damit den Wohnkomfort durch eine der herkömmlichen Isolierverglasung überlegene Leistung.

(\*) Verglichen mit einer Dreifachverglasung gleicher Gesamtdicke und zwei Low-E-Beschichtungen

#### AGC's new generation of vacuum insulating glazing for optimal home

*It combines performance and design without visible evacuation port to obstruct the view. With its thin profile it can integrate seamlessly into existing window frames or into*

*new constructions. Homeowners and building users enjoy the aesthetics and enhanced indoor life quality thanks to:*

- a simple, aesthetically pleasing design
- a 'light' appearance as monolithic glass
- outstanding thermal insulation ( $U_{glass}$  of 0.4 to 0.7  $W/m^2.K$ )
- optimal natural light transmission, resulting in 15% more light transmitted (\*)
- increased solar heat gain for the window, by harnessing 30% more free solar heat (\*)
- improved acoustic comfort (on average 3 dB Rw Ctr)

*AGC offers the most advanced vacuum insulating glazing technology, which optimises home comfort by outperforming conventional insulating glazing.*

(\*) Compared to a triple glazing unit with the same total glass thickness and two low-e coatings

## SONNENSCHUTZGLAS ARCON SUNBELT VARIOTRANS

### SOLAR CONTROL GLASS ARCON SUNBELT VARIOTRANS

ARCON FLACHGLAS-VEREDLUNG GMBH & CO. KG  
FEUCHTWANGEN, GERMANY  
ARCON-GLAS.DE



Mit sunbelt variotrans lassen sich innerhalb einer Glasscheibe mehrere Bereichen mit unterschiedlichen g-Werten realisieren.

*With sunbelt variotrans, several areas with different g values can be achieved within one and the same glass pane.*

#### sunbelt variotrans – Sonnenschutzglas um eine Dimension erweitert!

arcon hat mit sunbelt variotrans eine selektive Sonnenschutzverglasung entwickelt, bei der der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) und die Lichttransmission (LT) innerhalb einer (großformatigen) Scheibe räumlich stufenlos variieren. Die Verglasung wird so auf die jeweilige Gebäudesituation bedarfsgerecht abgestimmt.

Bisher konnten Varianzen bei den lichttechnischen Eigenschaften nur über den Einsatz separat hergestellter Scheiben oder opaker Brüstungsverglasungen erreicht werden.

Durch das innovative Herstellungsverfahren von sunbelt variotrans werden stufenlose Übergänge zwischen den jeweiligen Bereichen erreicht, wobei die einzelnen Bereiche farb-

lich aufeinander abgestimmt sind. Durch diese Variation der optischen Eigenschaften innerhalb einer Verglasung ergibt sich für Architekten ein völlig neuer Freiheitsgrad bei den gestalterischen Möglichkeiten, der gleichzeitig einen individuellen und bedarfsgerechten Sonnenschutz ermöglicht.

sunbelt variotrans – eröffnet Ihnen neue Dimensionen in der Gestaltungsfreiheit von Sonnenschutzverglasungen.

#### **sunbelt variotrans adds another dimension to solar control glass!**

*sunbelt variotrans, the selective solar control glass developed by arcon, now offers an entirely new dimension for solar control and design flexibility, as the total energy transmittance (g value) and light transmission*

*(LT) are infinitely variable within one (large) glass pane. This means that the glazing can be adapted to the respective building circumstances according to requirements. Until now, these kinds of variations could only be achieved by using panes manufactured separately or by opaque balustrade panels.*

*Thanks to the innovative manufacturing process for sunbelt variotrans, seamless transitions between the different areas are achieved and the individual areas are colour matched. This variation of optical properties within one piece of glass, gives architects a completely new degree of flexibility in their designs which also facilitates needs-based, customised solar control.*

*sunbelt variotrans offers you more scope when designing solar control glazing.*

CLEARVUE TECHNOLOGIES LTD  
PERTH, AUSTRALIA  
CLEARVUEPV.COM

## CLEARVUE – OUR VISION POWERING THE FUTURE



*ClearVue Solar Window applications:  
Facade, Curtain Wall, Skylight, Window, Awning, Door*

### Our Technology

At ClearVue Technologies, we see a world where consumers are part of the energy solution. We see a world where nearly all buildings and other surfaces become solar PV collection sources and where the ClearVue PV BIPV and glass PV solutions form an integral part of that new future.

ClearVue's patented innovative glazing technology sits within an activated interlayer sandwiched panel consisted by a number of panes of glass.

Through the combination of special compound materials, the interlayer prevents heat and unwanted solar radiation (UV or Infrared) from penetrating the glass pane. This energy is then redirected to the edge of the glass for controlled distribution and har-

vesting through conventional PV solar cells, whilst allowing the natural visible wavelength light to pass through largely unaltered. ClearVue believes its patented deflective technology has the potential to revolutionise the glazing industry globally, and provide a new generation in energy-efficient glazing for commercial buildings, housing, greenhouses and automobiles, Internet of Things applications and mobile device screens.

Currently in final testing of northern and southern hemisphere weather conditions with international accredited laboratories, ClearVue has exceeded all scientific testing requirements and is looking to commercialise a product range suitable for large commercial distribution in late 2018.

### Our Mission

ClearVue Technologies is a disruptive technology where the consumers of energy are both the demand side and the supply side of their energy needs. Our mission is to enable consumers of energy the ability to generate their own electricity to power their own homes, businesses, greenhouses, cars and mobile devices using one of the world's most common building materials, glass.

Our technology presents a paradigm shift in the way glass will be used in building construction, automobiles, agriculture and specialty products. Glass will no longer be just a component of construction but also a renewable energy resource.

## NEUE MÖGLICHKEITEN IM DEKORATIVEN ARCHITEKTURGLAS

### NEW POSSIBILITIES IN DECORATIVE ARCHITECTURAL GLASS

CRICURSA CRISTALES CURVADOS S.A.  
GRANOLLERS, SPAIN  
CRICURSA.COM



Nike Flagship Façade –  
Carved and Slumped Insulating Glass Units

Design: Nike Inc. Global Retail Design  
Architect: CallisonRTKL  
Façade Consultant: Heintges Consulting  
Architects & Engineers PC  
Glass Fabricator: Cricursa  
Façade Contractor: Seele GmbH.

Für den neuen Flagship Store in New York City an der 5<sup>th</sup> Avenue realisiert Nike eine optisch dynamische Fassade mit eingeschnittenen und gebrochenen Isolierglaseinheiten. Für die Realisierung der linsenförmigen Membran erfordert es geeignete Materiallösungen zu entwickeln, welche den ästhetischen Zielen und Leistungsanforderungen des Projekts entsprechen.

Die Glasherstellung der 2,35 m x 4,09 m großen Isolierglaseinheiten beginnt mit dem Schneiden, Fräsen und anschließenden Polieren der 20 mm breiten, eingeschnittenen Linienelementen, bei der eine high-speed CNC-Polierstation zum Einsatz kommt.

Anschließend werden die beiden Schichten durch Schwerkraftbiegen in die gewünschte Form gebracht und danach in einem Auto-

klaven laminiert. Schließlich werden das äußere laminierte Lite und das innere Lite zu einer Isolierglaseinheit mit einem Edgetch Triseal-Abstandhalter montiert und so in die gewünschte Fassade eingebracht.

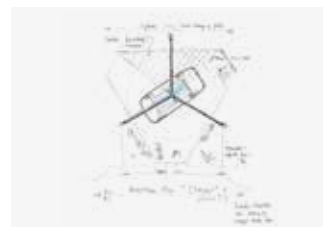
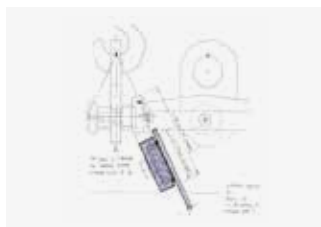
*For their flagship store in New York City on 5<sup>th</sup> Avenue, Nike is realizing a visually dynamic façade incorporating carved and slumped insulating glass units. Their concept for a lenticular membrane required research and development of a suitable material solution, followed by a rigorous verification process to confirm the custom carved and slumped glass product would meet the project's aesthetic goals and performance requirements. Glass fabrication of the 2.35 m by 4.09 m in-*

*slating glass units begins with milling and then polishing the 115 linear meters of 20mm wide carved lines into the number one surface of the outer lite at high speed in a CNC polishing station. Next, the two layers of the outer lite are gravity slump formed in the bending kiln, and then laminated together in an autoclave. Finally, the outer laminated lite and inner lite are assembled into an insulating glass unit with an Edgetch Triseal spacer, ready for assembly into the curtain wall frame.*

DEFINE ENGINEERS; CARPENTER LOWINGS  
LONDON, UNITED KINGDOM  
DEFINEENGINEERS.COM

## GRAVITY

### GRAVITY



Ein auf den Kopf gedrehtes Auto, das nur an zwei super dünnen Glasscheiben hängt: „Gravity“ ist eine Zusammenarbeit zwischen Define Engineers, Carpenter | Lowings und seele, die technologische Fortschritte in der Glasverarbeitung, Klebstoffentwicklung, Hochpräzisionstechnik und Fertigung präsentiert. Zwei Dünnglaslamine hängen an einem dreibeinigen Stahlgestell. Verbunden durch Edelstahl-Flachs schwingt das Fahrzeug erstaunlich dicht über dem Podest. Die Verbundscheiben sind 1m x 2,20m groß und bestehen je aus zwei von Glaston zur Verfügung gestellten 2mm teilvorgespannten und von sedak mit SentryGlas® laminierten Glasscheiben. Die primäre Verbindung zu dem Glas wird mit transparenten Silikonfolien TSSA von Dow realisiert. Diese

sowohl optisch als auch physisch leichte Struktur ohne mechanische Verbindungen besticht durch ihre Belastbarkeit. „Gravity“ ist das Ergebnis eines kollaborativen Prozesses: Ingenieure, Architekten, Verarbeiter und Zulieferer verschieben die Grenzen des Machbaren, indem sie ein ästhetisches Design in einer hochinnovativen und effizienten Konstruktion umsetzen.

*A car swinging upside down suspended only on two sheets of super-thin glass: 'Gravity' is a collaboration between Define Engineers, Carpenter | Lowings and seele to showcase the technological advances in glass processing, adhesives, high precision engineering and manufacturing. Two sheets of thin*

*glass elegantly bonded to stainless-steel edge strips are suspended from a tripod structure which holds the swinging car tantalizingly close over a podium. The glass sheets are 1m x 2.20m, composed of two 2mm heat-strengthened glass panes provided by Glaston and laminated with SentryGlas® at sedak. The primary connections to the glass are via TSSA adhesive made by Dow. This visually and physically light structure without mechanical fixings impresses with its load bearing capacity. 'Gravity' is the result of a collaborative process: engineers, architects, fabricators and suppliers pushing the limits of standard applications to demonstrate a highly innovative, efficient and aesthetic design.*

## FUTURISTISCH BEDRUCKTE GLASGEBÄUDE VON FERRO UND DIP-TECH

### FERRO AND DIP-TECH'S FUTURISTIC PRINTED GLASS BUILDING

DIP-TECH  
K FAR SABA, ISRAEL  
DIP-TECH.COM



**Ferro Corporation** und **Dip-Tech** haben ein maßstabsgetreues Modell eines Geschäftsgebäudes mit Dip-Tech-Digitaldruckglas und Ferro-Glasemaille geschaffen. Diese Kombination ermöglicht die maximale Verwendung von Glas als Primärmaterial. Das Modell besteht aus zwei Haupttürmen mit jeweils 13 Stockwerken und die Böden werden von 107 maßgefertigten Glasstücken getrennt. Das Projekt integriert Glas, um eine funktionale und umweltfreundliche Konstruktion zu demonstrieren und gleichzeitig Ziele für Nachhaltigkeit und einen saubereren Bauprozess zu erreichen. Es berücksichtigt die Auswirkungen auf die Umgebung und die wirtschaftlichen, visuellen und kulturellen Auswirkungen. Das Licht wird durch innovative Tinten und Muster

gefiltert, um eine innere Schattierung zu erzeugen und gleichzeitig Vogelkollisionen zu verhindern. Innenanwendungen aus Glas schaffen private Räume. Der Konstruktionsprozess wurde von ALUMESHET, einem führenden Anbieter von Fassadenlösungen, unterstützt. Dieses futuristische Gebäudekonzept von Ferro und Dip-Tech kombiniert Bildschirm- und Digitaldruck mit verschiedenen innovativen und funktionalen Tinten.

**Ferro Corporation** and **Dip-Tech** have created a scaled model of a concept commercial building using Dip-Tech digitally printed glass and Ferro glass enamels. This combination enables the maximal use of glass as a primary material.

*The model comprises two main towers, each representing 13 floors; 107 custom-made glass pieces separate the floors. The project incorporates glass to demonstrate functional, eco-friendly construction while achieving goals for sustainability, and a cleaner building process. It considers the effects on the surroundings and the economic, visual, and cultural impact. Light filters in through innovative inks and patterns to create interior shading, while also preventing bird collision. Interior glass applications create private spaces. The construction design process was supported by ALUMESHET, a leader in façade solutions. This futuristic building concept by Ferro and Dip-Tech combines both screen and digital printing, with different innovative and functional inks.*

---

DREAM GLASS GROUP  
MADRID, SPAIN  
DREAMGLASSGROUP.COM

---



---

**DREAMGLASS® DYNAMIC SHUTTER™**  
DREAMGLASS® DYNAMIC SHUTTER™

---



Entdecken Sie ein einzigartiges interaktives Smart Glass Erlebnis mit DreamGlass® Dynamic Shutter™. Wechseln Sie zwischen Designs, die direkt über Ihr Bluetooth-fähiges Gerät hochgeladen und gesteuert werden. Wählen Sie aus unseren Entwürfen oder erstellen Sie Ihre eigenen Muster, und verwalten Sie mühelos die Reihenfolge und Wechselzeiten.

#### **UNTERNEHMEN**

Seit 2005 ist die Dream Glass Group führend in der Smart-Glass-Industrie. Wir sind ein völlig unabhängiger Hersteller und Händler, der Formeln entwickelt und testet, um optimale Eigenschaften zu erreichen. geringe Trübung, hohe Transparenz (Gesamttrans-

missionsgrad:  $\geq 91\%$ ), hohe Opazität und niedrige Arbeitsspannung.

Ein eigenes Labor macht uns einzigartig und ermöglicht es uns, die gesamte Produktion und Qualität unserer Produkte zu kontrollieren, von der ersten Technologie (Liquid Crystal, Polymer Matrix, Formulierung usw.) bis hin zur endgültigen Glaslieferung.

*Discover a uniquely interactive smart glass experience with DreamGlass® Dynamic Shutter™. Alternate between designs uploaded & controlled directly through your Bluetooth capable device. Choose from our designs or create your own patterns, and effortlessly manage the sequence & switch times.*

#### **COMPANY**

*Ever since 2005, Dream Glass Group has been a leader in the smart glass industry. We are a fully independent manufacturer and distributor, developing and testing formulas to achieve optimal characteristics; low haze, high transparency (Total Transmittance ON state:  $\geq 91\%$ ), high opacity and low working voltage.*

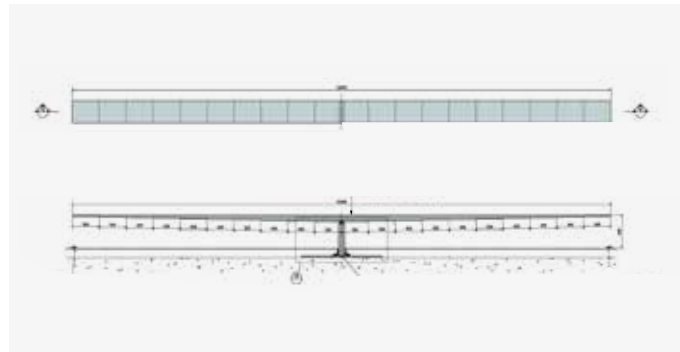
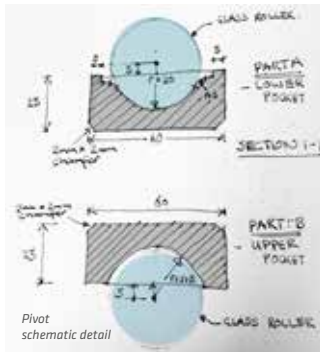
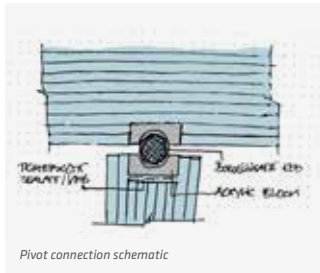
*Having our own lab is what makes us completely unique, allowing us to control the full production and quality of our products, from initial technology (Liquid Crystal, Polymer Matrix, formulation etc.) to final glass delivery.*

## GLASWIPPE

### GLASS SEESAW

ECKERSLEY O'CALLAGHAN  
LONDON, UK  
ECCENGINEERS.COM

SEDAK GMBH & CO. KG  
GERSTHOFEN, GERMANY  
SEDAK.COM



The seesaw exemplifies a collaborative approach between engineers and fabricators that tests the practical application of emerging glass technologies.

Dieses Ausstellungsstück entstand aus einer Kollaboration zwischen sedak und Eckersley O'Callaghan.

Es zeigt den Stand der Technik in Bezug auf innovative Glasbearbeitung, angewendet in einer schlanken, 10m langen Glasscheibe, bestehend aus 11 Schichten Weissglas, das ausschließlich auf einem zentrierten Drehgelenk aufgelagert ist, und sich um die Achse eines einzigen Borosilikatstabes dreht.

Die ‚Wippe‘ stellt ein massives, schweres Bauteil auf leichte, spielerische Weise dar. Der 10m lange Glasträger, wiegt 1,3 Tonnen, dreht sich jedoch wie schwerelos um seine zentrale Achse. Um die Bewegung der Wippe zu ermöglichen, wurden in Form

gefärbte Acrylblöcke in die Glasfläche eingelassen. Silikonöl reduziert die Reibung im Lager ohne die Transparenz der Verbindung zu beeinträchtigen.

Beide Bauteile bestehen aus Mehrfachlaminierten, die mit Sentry Glas der Firma Kuraray laminiert sind.

Die Wippe repräsentiert die Kooperation zwischen Ingenieur und Hersteller und erprobt die praktische Anwendbarkeit neuester Technologie.

*This exhibit is a collaboration between sedak and Eckersley O'Callaghan. The exhibit showcases the latest in innovative glass processing applied in the form of a slender*

*10m long glass plane consisting of 11 layers of low iron glass, that is supported solely on a central pivot, rotating around a single borosilicate rod.*

*The 'seesaw' exhibits a solid and heavy piece of glass in a lightweight, and playful way. The 10m long glass beam weighs 1.3 tons and yet moves weightlessly on its central pivot. To allow the see-saw to move, acrylic blocks machined to form bearings are fixed into the laminated glass assembly with a clear adhesive. Silicone oil reduces friction within the bearing while achieving a fully transparent construction.*

*Both components of the assembly consist of multi-ply laminates bonded with Sentry Glas, a product by Kuraray.*

EPFL - LGG  
LAUSANNE, SWITZERLAND  
LGG.EPFL.CH/CAUSTICS

## KAUSTIKEN CAUSTICS



Kaustiken sind faszinierende Lichtmuster, die durch Materialien erzeugt werden, die Licht durch Brechung oder Reflexion fokussieren oder ablenken. Kaustiken treten häufig auf, zum Beispiel am Boden eines Schwimmbeckens oder neben einem Glas Wasser in der Sonne auftreten. An der Schweizer Universität EPFL haben Forscher des Computer Graphics and Geometry Laboratory eine Technologie entwickelt, um diesen einzigartigen Lichteffekt präzise zu steuern. Diese Erfindung ermöglicht die Projektion eines beliebigen gewünschten Bildes durch eine spezielle berechnete Form des optischen Materials.

Die EPFL Spinoff Rayform ([www.rayform.ch](http://www.rayform.ch)) vermarktet die Technologie für die Luxusindustrie (Schmuck, Uhren, Flaschen usw.) und Designer als Designelement oder zur Fälschungssicherung.

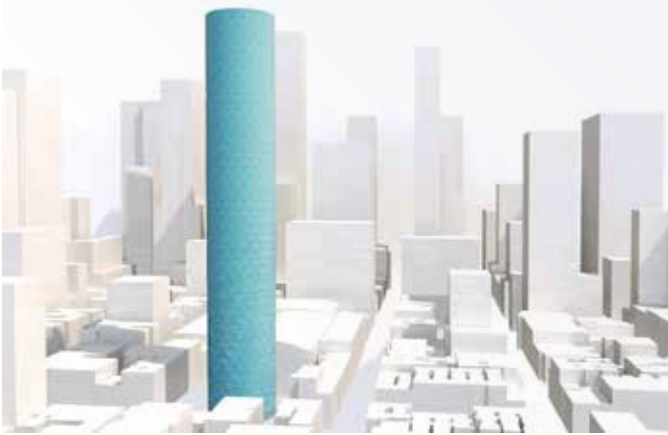
*Caustics are captivating light patterns created by materials focusing or diverting light by refraction or reflection. We experience caustics frequently in our daily life, appearing, for example, at the bottom of a swimming pool or next to a glass of water in the sun. At the Swiss university EPFL, researchers of the Computer Graphics and Geometry*

*Laboratory have developed a technology to precisely control this unique light effect. This invention enables the projection of any desired image by shaping the optical material. The EPFL spinoff Rayform ([www.rayform.ch](http://www.rayform.ch)), commercializes the technology for the luxury industry (jewelry, watches, bottles, etc...) and designers, as a design and anti-counterfeiting element.*

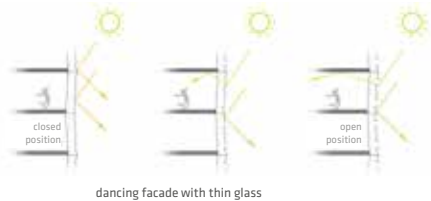
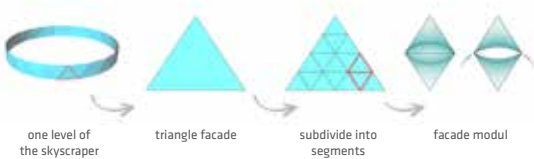
## DANCING FAÇADE

### DANCING FAÇADE

FH JOANNEUM – JOSEF RESEL ZENTRUM  
FÜR DÜNNGLASTECHNOLOGIE  
GRAZ, AUSTRIA | FH-JOANNEUM.AT



Vertical city  
in Manhattan  
Vertical city  
in Manhattan



### Dancing Façade

Eine innovative Dünnglassfassade entwickelt aus der Origami Falztechnik strukturiert die Fassade des Hochhauses in den einzelnen Geschoßen in alternierend aufeinanderfolgenden gleichschenklige Dreiecke. Bei näherer Betrachtung werden diese gleichschenkligen Dreiecke weiter segmentiert und es entsteht ein Raster aus feinteiligen Dreiecks-Geometrien die das innovative Stahlgrundgerüst für die einzelnen Dünnglas Module definiert. Das einzelne Modul wurde wiederum von Origami Falztechniken abgeleitet und mit der Prämisse der „abwickelbaren Flächen“ in die Dünnglastechnologie übersetzt. Es dient für den Blend- und Sonnenschutz und wird darüber hinaus auch zur Tageslichtlenkung

eingesetzt. Das Modul setzt sich aus zwei Teilflächen zusammen, und ist durch die „curved folding“ Technik definiert. Über eine lineare Ansteuerung durch Aktuatoren können spezielle Geometrien der einzelnen Teilflächen, bestehend aus Verbundsicherheitsglas aus Dünnglas, eingestellt werden. Damit verändert sich auch das optische Erscheinungsbild in der Fassade.

#### Dancing Façade

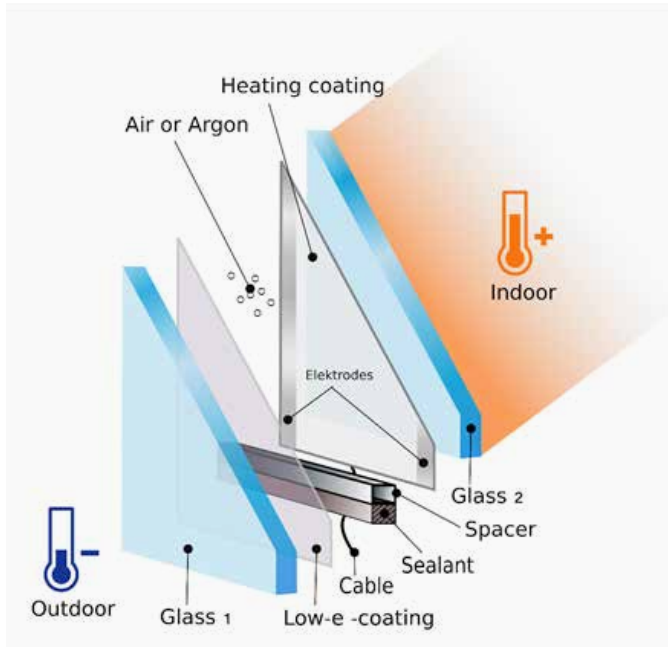
*This envelope is a development of origami folding techniques and it structures the façade of the high-rise building on the individual floors in alternating isosceles triangles. On closer examination, this isosceles triangle is further segmented and this creates a grid*

*of finely divided triangular geometries which defines the innovative basic steel framework for the individual thin-glass modules. The shaping of this thin glass façade module was also created using origami folding techniques and was rendered using thin glass technology based on “developable surfaces technology”. It is used for glare or sun protection and especially for daylight control. The module consists of two partial surfaces and is defined by the principle of so-called “curved folding”. With linear actuators it is also possible to modify the geometry of the surfaces, which consist of laminated safety glass made from thin glass, in specific directions. This also changes the visual appearance of the facade.*

## ELEKTRISCH BEHEIZBARES GLAS UND KALTES KLIMA

### ELECTRICALLY HEATABLE GLASS AND COLD CLIMATE

FINNGLASS OY  
ALAVUS, FINLAND  
FINNGLASS.COM



In glass technology live 2018 wird eine Veranschaulichung gezeigt, die die Funktionen elektrisch beheizbarer Glaswände und die Herausforderungen, die kalte Klimabedingungen für die Glasgestaltung mit sich bringen, veranschaulicht. Das Exponat besteht aus einer 3m hohen Glassäule mit -20...-30°C Innentemperatur. Künstliche Kältezustände innerhalb des Gerüsts zeigen, wie das Glas auf den Temperaturunterschied zwischen der kalten Innentemperatur und der warmen Raumtemperatur außen reagiert. An der Seite der Glasoberfläche wird künstlicher Rauch sein, um die natürliche Konvektion zu visualisieren. Auf einer Seite der Säule befindet sich ein elektrisch beheiztes Glas, das seine Funktion unter thermischen Bedingungen zeigt und welche

Vorteile es in die Praxis bringt. Elektrisch beheiztes Glas kann in verschiedenen Situationen verwendet werden, um den Komfort innerhalb und in der Nähe der Fenster zu erhöhen. In der Praxis soll elektrisch beheizbares Glas die Konvektion und die damit einhergehenden unangenehmen Kältegefühle verhindern. Es kann eine effiziente Lösung für die Probleme des kalten Wetters sein: im besten Fall schafft es Wohlbefinden und spart sowohl Energie als auch Baukosten.

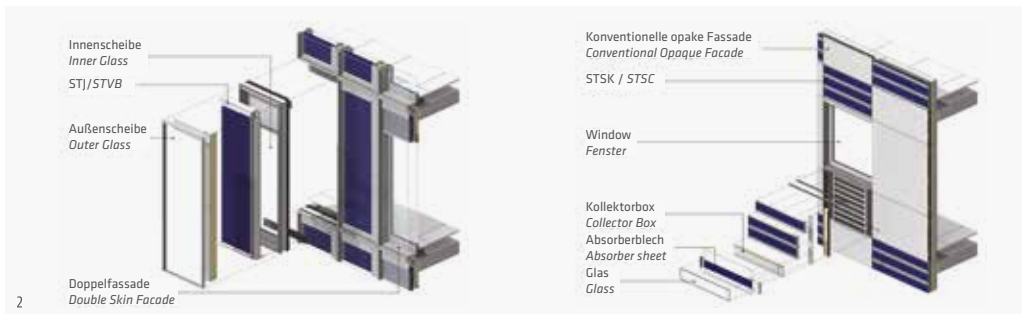
*In glass technology live 2018 will be seen a demonstration that explains the functions of electrically heatable glass wall and the challenges that cold climate conditions bring to glass design. The presentation contains a 3m tall glass column with -20...-30°C tem-*

*perature inside. Artificial cold conditions inside the framework show how the glass reacts to temperature difference between the cold inside and room temperature outside. There will be artificial smoke on the side of glass surface in order to visualize the natural convection. On one side of the column there is electrically heated glass showing its functions with thermal conditions and what benefits it brings to practice. Electrically heated glass can be used in various situations to increase comfort inside and close to the windows. In practice, electrically heatable glass aims to prevent the convection and thus the uncomfortable cold feelings. It can be efficient solution to the problems of cold weather: at its best, it creates well-being and saves both energy and building costs.*

## ARKOL – SOLARTHERMIE

### ARKOL – SOLAR THERMAL ENERGY

FRAUNHOFER-INSTITUT  
FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE  
FREIBURG, GERMANY | ISE.FRAUNHOFER.DE



(1) Fassadenvisualisierung STJ (links) und STSK (rechts) | *Facade visualisation STVB (left) and STSC (right)*  
(2) Explosionszeichnung mit relevanten Komponenten der STJ (links) und des STSK (rechts) | *Explosion drawing showing relevant components of STVB (left) and STSC (right)*

#### Arkol – Solarthermie in opaken und transparenten Fassaden

In dem FuE Projekt Arkol entwickeln Fraunhofer ISE, Priedemann Facade-Lab, DAW S.E., IBK2, Borderstep und KomZet zwei solarthermische Fassadensysteme basierend auf neuen Heat-Pipe Lösungen. Beide werden für die architektonische Integration optimiert. Die Solarthermische Jalousie (STJ) ermöglicht eine Jalousie die thermische Energie gewinnt bei gleichzeitig steuerbarem g-Wert. Absorbierende Lamellen mit integrierten Heat-Pipes führen die Wärme der Solarstrahlung ab. In Doppelfassaden kann die STJ so Überhitzung vermeiden. Gleichzeitig ermöglicht die STJ die thermische Energieerzeugung in Glasfassaden. Der Solarthermische Streifenkollektor (STSK)

besteht aus Heat-Pipes mit flexibler Länge, die stufenlos entlang des Sammelkanals fixierbar sind. Dadurch ist eine flexible Anordnung der Kollektoren von horizontal bis vertikal möglich. Der STSK ist für opake Fassaden, wie vorgehängte hinterlüftete oder Putz-Fassaden geeignet. Der STSK besteht aus einem Aluminiumgehäuse, einer integrierten Heat-Pipe und einer vorderseitigen Glasabdeckung.

#### Arkol – Solar thermal energy from opaque and transparent façades

At the R&D project Fraunhofer ISE, Priedemann Facade-Lab, DAW S.E., IBK2, Borderstep and KomZet develop two solar thermal façade systems based on new Heat-Pipe solutions. Both being optimized for architec-

tural integration. The Solar Thermal Venetian Blind (STVB) enables a blind generating thermal energy and controlling the g-value. Absorbing slats with integrated Heat-Pipes lead away heat from solar radiation. Within the cavity of double skin facades the STVB can be used to counteract overheating of the cavity while harvesting thermal energy within glass façades. The Solar Thermal Strip Collector (STSC) consists of Heat-Pipes with flexible length and stepless positioning along the collecting duct. Thus enabling flexible layout of collectors from horizontal to vertical orientation. The STSK is used for opaque façades such as rear ventilated or plaster façades. The strip collector itself consists of an aluminium case, an integrated Heat-Pipe and a glass front cover.

JOSEF GARTNER GMBH  
GUNDELFINGEN GERMANY  
JOSEF-GARTNER.DE

**ELBPILHARMONIE HAMBURG**  
ELBPILHARMONIE HAMBURG



### **Gewölbte Gläser und Stimmgabeln aus Glasfaserkunststoff**

Die Josef Gartner GmbH, ein Unternehmen der Permasteelisa-Gruppe, verkleidete das neue Wahrzeichen der Hansestadt. Nie zuvor wurden multifunktionale Isoliergläser mit einer Wölbung entlang nur einer Glas-kante hergestellt.

Die zwei Standardelementgrößen der Fassade sind  $4,30 \times 3,33$  m beziehungsweise  $5,00 \times 3,33$  m und wiegen circa 1.500 kg. Von den circa 2.200 eingesetzten Glasscheiben sind etwa 500 Stück sphärisch gebogen. Beide Elementgrößen gibt es mit einer Biegung nach außen und umgekehrt mit einem Versatzmaß von 350 mm nach innen. Über ovale Wendeflügel können die Räume natürlich belüftet werden.

5 m hohe und 6,45 m breite sogenannte Stimmgabeln aus Glasfaserkunststoff nehmen im Bereich der Konzertsäle je drei sphärisch gebogene Scheiben auf und öffnen die Fassade zur dahinter liegenden Loggia. Bei den Wohnungen sind diese Stimmgabelelemente 5 m breit und 3,33 m hoch.

### **Curved glass panels and tuning forks made of fibreglass reinforced plastic**

The German facade manufacturer Josef Gartner GmbH, member of the Permasteelisa Group, has clad the new landmark of the Hanseatic city. For the first time, multifunctional double glazing with a curvature only along one glass edge has been produced. The two standard unit sizes of the façade,

*4.30 m x 3.33 m and 5.00 m x 3.33 m respectively, have an approximate weight of 1,500 kg each. 500 glass panels out of the total 2,200 units have been spherically shaped. Both unit sizes have been manufactured as an outwardly curved version and as an inwardly curved version with an offset of 350 mm to the inside. Oval vertically pivoted windows allow for natural ventilation of the rooms.*

*So-called tuning forks made of fibreglass reinforced plastic (5 m high and 6.45 m wide) accommodate three spherically formed glass panels and open the façade towards the loggia. Residential tuning fork sizes are 5 m wide and 3.33 m high.*

## LIGHTGLASS

LIGHTGLASS

GLASS TECHNOLOGY GMBH  
VIENNA, AUSTRIA  
GLASSTECHNOLOGY.NET



(1) LightGlass Rainbow, (2) LightGlass LED Platine, (3) LightGlass Brilliant White

### LightGlass das selbstleuchtende Glas nun industriell herstellbar

Eine lichtleitende Ebene im Isolierglasverbund macht jedes Glas zur Lichtquelle. Erstmals konnte der Herstellungsprozess für LightGlass industrialisiert werden. Für die technischen Herausforderungen wurden patentierte Lösungen entwickelt: Die LEDs des neuen „LightGlass“ können im entwickelten Spacer bei Bedarf einfach gewartet werden und das System ist erstmals auch im gasgefüllten Isolierglas nutzbar. Ein Temperatur-Management-System sichert Energieeffizienz und eine lange Lebensdauer der entwickelten LED Platinen.

Die Technologie erlaubt völlige Transparenz wie bei herkömmlichen Glasflächen, als auch die homogene und blendfreie Beleuch-

tung von Glas. Gesteuert wird das Ganze über eine App oder über gängige Gebäudesteuerungen. Glass Technology zeigt auf der Sonderschau die Version „LightGlass Brilliant White“ und „LightGlass Rainbow“ – Licht im vollen RGB Spektrum.

### LightGlass luminous glass now able to be manufactured industrially

*A light-conducting layer in insulating glass can turn any IGU into a light source.*

*For the first time ever, a way has been found to industrialize the manufacturing process. In order to meet the technical challenges involved in the integration of LED lighting into modern IGUs, patented solutions were developed: in specially-designed spacers,*

*LightGlass's LEDs are easily maintained, and the system is available for use for the first time ever in gas-filled insulating glass. A temperature management system ensures energy efficiency and the particularly long life of the LED boards specially-developed by the company itself.*

*This technology enables not only the full transparency that comes with conventional glass surfaces, but also totally homogenous and glare-free illumination of glass. It is controlled and programmed via app or via conventional building control systems. At the expo "glass technology live", Glass Technology will be presenting the models "LightGlass Brilliant White" and "LightGlass Rainbow" – light on the full RGB spectrum.*

GLASSBEL BALTIC  
KLAIPEDA, LITHUANIA  
GLASSBEL.COM

## INSULATED GLASS LAMINATED IN 90° ANGLE

INSULATED GLASS LAMINATED IN 90° ANGLE



Erst kürzlich wurde Glas in der Architektur ausschließlich für Fenster und Trennwände genutzt – heutzutage erweist sich Glas jedoch als ein stark belastbares Material. Glas glänzt und stützt, gebogenes und ultra-dünnes Glas haben sich bereits einen Platz in der Architektur verdient, doch wir gehen noch einen Schritt weiter und fügen eine weitere Dimension zu Verbundglas hinzu.

Dieses 3D-Verbundglas gibt uns einen neuen Spielraum an Möglichkeiten - unter der Verwendung von strukturierten Zwischenschichten kreieren wir eine dreidimensionale Struktur mit „unsichtbaren“ Verbindungen.

Ein Produkt nach den Anforderungen des Marktes entwickelt, in diesem Fall der

Wunsch nach „Eck-Glas“: Ein schöner Ausblick aus dem Fenster wird meistens durch vertikale Stützen gestört. Um dieses Problem zu beheben, haben wir eine Glasverbindung durch Beschichtung entwickelt. Jedes Glas hat eine Kante mit einer 45° Schräge, welche zusammen einen perfekten 90° Winkel ergeben. Die Beschichtung wird nicht in der Ecke verbunden, sondern geht von einer Kante zur anderen und bietet Steifigkeit und Festigkeit.

*It looks like just recently glass in architecture was exceptionally used for windows and partitions - nowadays glass is proving itself as a load bearing material. Glass beams and columns, curved glass and ultra-thin glass already deserved its place in architecture but*

*we are stepping one step further and adding one more dimension for the laminated glass. As we call it 3D lamination gives us another level of freedom - by using structural interlayer we create three-dimensional structures with “invisible” connections.*

*New product comes from demand in the market - in this case high end residential buildings have great demand for “corner glass”. Great view through the windows is often disturbed by the vertical frame members to solve this issue we made glass to glass connection in lamination process. Each glass has one edge with 45° bevel which creates perfect 90° angle, interlayer however is not connected in the corner it runs through from one edge to another providing rigidity and strength for the structure.*

---

**GUARDIAN DYNAMIC SHADE**

 GUARDIAN DYNAMIC SHADE
 

---

 GUARDIAN EUROPE SARL  
 BERTRANGE, LUXEMBOURG  
 GUARDIAN.COM
 

---



Guardian Dynamic Shade von Guardian Glass ist eine neue, kostengünstige, zuverlässige und integrierte dynamische Beschattungslösung für Fenster, Trennwand-Verglasungen und Türen.

Die patentierte Lösung unterscheidet sich von allen anderen derzeit erhältlichen Beschattungsprodukten. Ursprünglich für Wohnungsfenster und Türen sowie für kommerzielle Anwendungen wie z.B. Innenwände und Türen gedacht, wird Guardian Dynamic Shade zunächst in einer vollständig integrierten Verdunkelungsvariante erhältlich sein.

Der Lichtschutz wird in Sekundenschnelle aktiviert, indem ein schwacher elektrostatischer Strom durch eine ultradünne, opake Kunststoffbeschichtung geleitet wird, die

auf der Innenseite der IGE aufgerollt wird. Durch den extrem niedrigen Energiebedarf benötigt diese Technologie keine fest verdrahtete Stromversorgung, sondern kann batteriebetrieben werden.

Guardian Dynamic Shade kann beinahe eine hundertprozentige Verdunkelung herbeiführen und durch einen manuellen Schalter, eine Fernbedienung oder eine automatische Aktivierung bei Änderungen der äußeren Lichtverhältnisse aktiviert werden.

*Guardian Dynamic Shade from Guardian Glass is a new, cost effective, reliable, integrated dynamic shading solution for windows, partition glazing and doors.*

*The patented solution is unlike any other shading product currently available. Initially*

*targeted for residential windows and doors, as well as commercial applications such as interior wall partitions and doors, Guardian Dynamic Shade will initially be available in a fully integrated 'blackout' shade version.*

*The shade is activated in seconds by passing a small electrostatic current through an ultra-thin, opaque plastic coating, which is rolled up on the inside surface of the IGU. With extremely low power demands, the technology does not require a hard-wired power supply but can be battery-powered.*

*Guardian Dynamic Shade offers nearly 100% blackout functionality and can be activated by a manual switch, remote control or automatic activation triggered by changes in external lighting conditions.*

HAFENCITY UNIVERSITY HAMBURG  
HAMBURG, GERMANY  
HCU-HAMBURG.DE

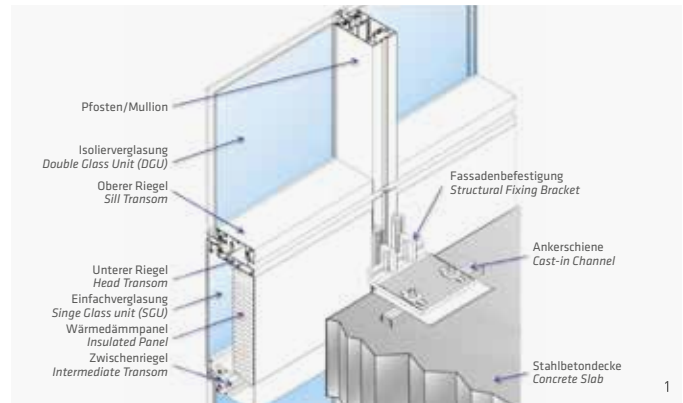
## ENERGIEDISSIPIERENDE FASSADENBEFESTIGUNG

### DISSIPATIVE FAÇADE CONNECTION

(1) Herkömmliche Fassadenbefestigung einer Elementfassade (© Permasteelisa Gruppe)  
*Standard connection of unitized curtain wall element (© Permasteelisa Group)*

(2) Freifeldversuch einer Fassade unter Explosionsbelastung (© Permasteelisa Gruppe)  
*Full size mock-up response under shock wave reflection (© Permasteelisa Gruppe)*

(3+4) Energiedissipierende Fassadenbefestigung a) intakt b) nach Stoßbeanspruchung (© HCU)  
*Dissipative bracket a) undamaged b) crashed after blast test (© HCU)*



### Energiedissipierende Fassadenbefestigung zum Explosionsschutz

Bauausschreibungen in Metropolregionen beinhalten vermehrt Explosionsschutzanforderungen für Gebäude und Fassaden. Treffen Explosionsdruckwellen auf Gebäude, so entstehen extreme Drücke (Abbildung 2). Fassadenelemente werden in der Regel über eine Schraubverbindung, welche die Fassadenbefestigung mit einer im Stahlbeton vergossenen Ankerschiene verbindet, an der Oberfläche der Stahlbetondecke befestigt (Abbildung 1). Im Zuge einer Forschungs Kooperation mit den Partnern Permasteelisa Gruppe, Hilti AG und Hafencity

University Hamburg wurde eine energiedissipierende Fassadenbefestigung für Explosionsschutzanforderungen entwickelt (Abbildung 3). Die beiden Hauptvorteile der energiedissipierenden Fassadenbefestigung sind der Schutz von Menschen und die Minimierung wirtschaftlicher Verluste.

### Dissipative Façade Connection for Blast Enhancement

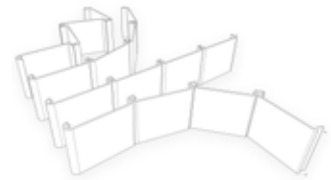
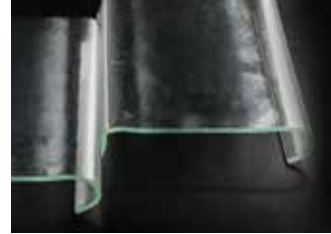
Nowadays bomb blast requirements are more and more relevant for the design of façades in exposed metropolitan regions. As blast waves encounter buildings, they

generate an extremely high pressure (Figure 2). Unitized curtain wall systems are usually attached to the main structure of the building by bolted connection between façade brackets and cast in channels, which are embedded into the concrete slabs (Figure 1). A new blast enhanced connection has been developed in a joint research project partnering Permasteelisa Group, Hilti Corporation and Hafencity University Hamburg (Figure 3). The two main advantages of blast enhanced brackets are mitigation of human injuries and mitigation of monetary loss.

C--C

C--C

HOLGER JAHNS PRODUKTENTWICKLUNG  
BERLIN, GERMANY  
C--C.NET



„c--c“ ist ein Konzept für Profilbauglas-Elemente mit neuartiger Geometrie. Das gewählte Kupplungs-Prinzip ermöglicht im Gegensatz zu herkömmlichem Profilbauglas beliebiges Verschwenken von angrenzenden Glaselementen zueinander – ohne dass Fugen oder sonstige Störungen im Rapport auftreten.

Mit einem einzigen Bauteil kann man somit bogenförmig verlaufende Glaswände mit beliebigen engen oder weiten Radien stellen – geradläufige Verbände sind gleichfalls möglich. Ohne zusätzliche Bauteile lassen sich darüber hinaus elegante wie verletzungssichere Innen- und Außenecken in frei wählbaren Winkeln konstruieren.

c--c Profile sollen ähnlich wie konventionelles Profilbauglas urformend aus der Glas-

schmelze, in einem durchlaufenden industriellen Prozess hergestellt werden.

Das Resultat ist ein etwa gegenüber auftragsbezogenem hergestelltem Biegeglas vielfach preiswerterer Werkstoff für vielfältige komplexe Verglasungsaufgaben in der Architektur. Anwendungsbereiche sind u. a. Fassaden, Innenwände, transparente Einhausungen, Messestände, sowie weitere temporäre Bauten.

„c--c“ is a concept for channel glass elements with a novel cross section geometry. The chosen coupling principle, in contrast to conventional channel glass allows to arbitrarily pivot adjacent glass elements towards each other – without gaps or other disturbances appearing in the repeat.

*A single component thus is enough to set up arcuate glass walls with arbitrary narrow or wide radii. Straight sections are equally possible. Elegant inner and outer corners may get constructed as well. Corners again do not require auxiliary components, they are always round edged and therefore injury-safe. c--c profiles are planned to be produced directly from the furnace molten glass in a continuous industrial process – similar to the process used to create conventional channel glass. The innovation may turn out as a very economic alternative to e.g. project specific warm bent glass for a great variety of complex glazing tasks in architecture.*

*Areas of application are i.a. facades, interior walls, transparent enclosures, exhibition stands, as well as other temporary buildings.*

MERCK KGAA  
DARMSTADT, GERMANY  
MERCKGROUP.COM

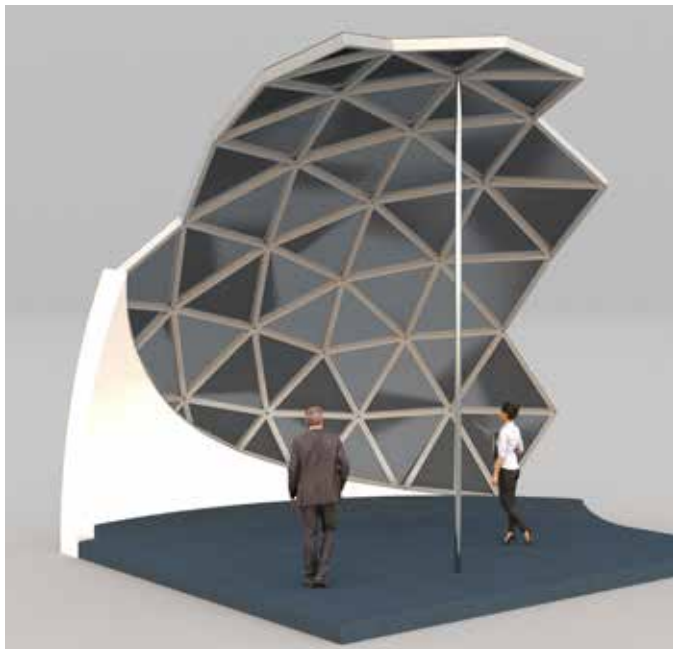
## NIEMEYER XS

### NIEMEYER XS



Niemeier XS macht neugierig auf eine vom brasilianischen Star-Architekten Oscar Niemeyer entworfene, außergewöhnliche Erweiterung der Kantine der Kirow-Werke in Leipzig.

*Niemeier XS makes you curious about an extraordinary canteen extension of the Kirow company in Leipzig designed by the brazilian star architect Oscar Niemeyer.*



#### Niemeier XS - Ein 1:1-Modell der Kirow-Kantine Erweiterung

Als eines der ersten kommerziellen Projekte wird die Fassade eines anspruchsvollen Architekturprojekts von Oscar Niemeyer in Leipzig mit Flüssigkristallgläser (LCW) ausgestattet. Das Projekt ist Teil der Erweiterung der bestehenden Kantine der Firma Kirow.

Das ausgestellte Modell ist ein 1:1 Teilnachbau des Originalbauwerks, das derzeit gebaut und in Kürze fertiggestellt wird.

Der Demonstrator besteht aus 50 verschiedenen Dreiecksgläsern, ca. 1,4 x 1,4 m, getragen durch eine Stahlkonstruktion.

Der untere Teil stellt Betonelemente dar, die auch Teil des Kirow Kantinegebäudes sein werden. Alle Flüssigkristallgläser sind einzeln schaltbar und werden von speziellen Steuergeräten betrieben, um das Potenzial der Flüssigkristallglas-Technologie zu demonstrieren.

#### Niemeier XS – A 1:1 mock-up of the Kirow canteen extension

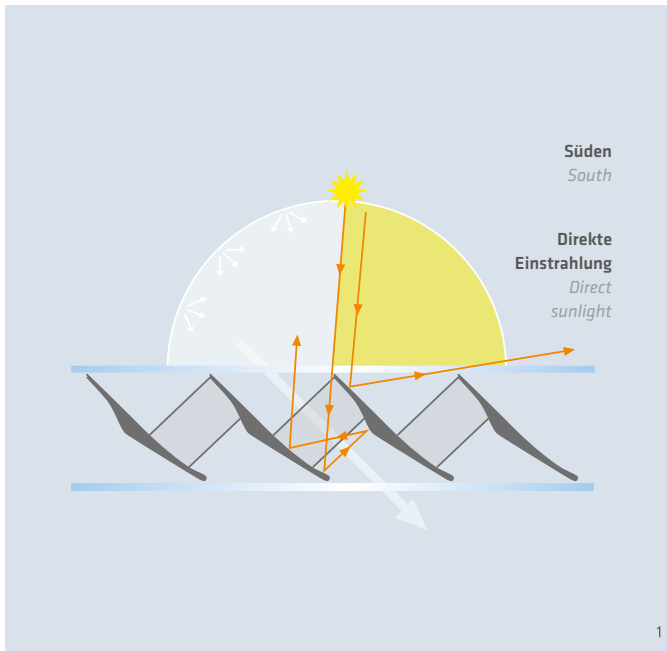
*As one of the 1st commercial projects the façade of a high sophisticated architectural project in Leipzig designed by Oscar Niemeyer will fitted with Liquid-Crystal-Windows*

*(LCW). The project is part of an extension to the existing canteen of the Kirow company. This 1:1 mock-up of the original structure which is currently under construction and will be finished soon.*

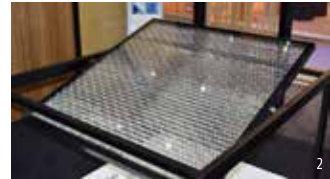
*The demonstrator consists of 50 different triangle LCWs, approx. 1.4 x 1.4m, support by a steel structure. The lower part is reflecting concrete elements which is also part of the Kirow canteen building. All Liquid-Crystal-Windows are individually switchable and are run by special controllers to demonstrate the potential of the Liquid-Crystal Window technology.*

## OKASOLAR 3D SONNENSCHUTZRASTER

### OKASOLAR 3D SUN PROTECTION GRID



OKALUX GMBH  
MARKTHEIDENFELD-ALTFELD, GERMANY  
OKALUX.DE



(1) Funktionsprinzip OKASOLAR 3D  
(nördliche Hemisphäre)  
Principles of Function OKASOLAR 3D  
(northern hemisphere)  
Grafik: OKALUX GmbH

(2) OKASOLAR 3D – Premiere auf der BAU 2017 in München  
OKASOLAR 3D – Premier at the trade fair BAU 2017 Munich  
(Foto: OKALUX GmbH)

(3) Close-up OKASOLAR 3D  
(Foto: OKALUX GmbH)

OKASOLAR 3D vereint vermeintliche Gegensätze: wirkungsvollen Sonnenschutz und effektive Tageslichtnutzung. Hochreflektierende, dreidimensionale Raster verhindert zu jeder Tages- und Jahreszeit, dass direktes Sonnenlicht in den Innenraum gelangt. Gleichzeitig ist OKASOLAR 3D aufgrund der Rastergeometrie maximal durchlässig für diffuses Tageslicht und sorgt für eine gleichmäßige Beleuchtungsstärke, unabhängig von den Witterungsbedingungen. Ein weiteres Plus: Durch die geschützte Lage im Scheibenzwischenraum ist das Tageslichtsystem wartungsfrei und besticht durch ein einheitliches Erscheinungsbild ohne Stöße und Fugen.

Die Werte der Testmessungen bestätigen die leistungsstarke Kombination aus ma-

ximaler Reflexion der direkten Einstrahlung und optimaler Durchlässigkeit für diffuses Tageslicht. Je nach Aufbau liefert OKASOLAR 3D bei horizontalem Einbau überzeugende U-Werte von 0,9 bis 1,6 W/(m<sup>2</sup>K). Die direkte Lichttransmission liegt bei 76% im Durchlassbereich, die diffuse Lichttransmission bei 27%. Der g-Wert liegt im Sperrbereich bei max. 0,12.

*OKASOLAR 3D unites apparent opposites: effective sun protection with effective exploitation of daylight. Highly reflective, three-dimensional grid keeps direct sunlight from entering the interior at any time of day or year. Thanks to its geometry, the grid allows a maximum penetration of diffuse day-*

*light and ensures an even degree of illumination, regardless of how weather conditions may be. A further advantage: the daylight system is maintenance-free due to its protected position in the cavity. And, without seams or joints giving the sun protection grid a captivating, uniform appearance.*

*The values of the test measurements confirm the efficient combination of a maximum reflection of the direct irradiation and optimum permeability to diffuse daylight. OKASOLAR 3D shows convincing U-values of 0.9 to 1.6 W/(m<sup>2</sup>K) when mounted horizontally. The direct light transmission of OKASOLAR 3D lies at 76% in the area of permeability, the diffuse light transmission is 27%. The TSET lies within the lock-out area at a maximum of 0.12.*

PETER PLATZ SPEZIALGLAS GMBH  
WIEHL, GERMANY  
POWERGLASS.DE

**POWERGLASS® RGB MEDIA**  
POWERGLASS® RGB MEDIA



powerglass® Medienscheiben sind transparente digitale Displays mit integrierten RGB-Leuchtdioden, die sich wie herkömmliches Glas in Gebäude integrieren lassen. Transparente Flächen verwandeln sich so in großflächige LED Bildschirme!

Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen wurde die nötige Ansteuerelektronik so weit reduziert, dass sie nicht mehr aufwendig im Rahmen integriert werden muss. Dies ermöglicht eine einfache Montage und Integration in Standardsysteme. Jedes Glas hat nur noch eine Stromversorgung und ein WLAN Modul um Content aufzuspielen. So eröffnen sich bisher noch nicht dagewesene Möglichkeiten im Bereich Architektur und Werbung!

powerglass® ist leicht zu reinigen, hat einen geringen Stromverbrauch und ist wetterbeständig. Die LED lassen sich individuell ansteuern, dimmen oder können z.B. durch Bewegungssensoren mit Passanten interagieren. Das derzeitige Maximalmaß beträgt 1200 mm x 3200 mm.

*powerglass® media is a transparent digital display with integrated RGB-LED. It can be integrated in buildings just like standard glass. Transparent façades are transformed into large screens!*

*We reduced the amount of the necessary controllers, to the point where it can be easily*

*integrated into the framing system. This allows for quick installation and integration in standard systems. Each glass just requires a WLAN controller and a power supply wire. This opens up new opportunities in architecture and advertising!*

*powerglass® is easy to clean, has a low power consumption and is weather resistant. The LED can be dimmed individually or allow functions like interactions with passing pedestrians through sensors. The current maximum size is 1200 mm x 3200 mm.*

---

**PILKINGTON PROFILIT™**

 CREATED TO DESIGN
 

---

 PILKINGTON BAUGLASINDUSTRIE GMBH  
 SCHMELZ, GERMANY  
 PILKINGTON.DE/PROFILIT
 

---




---

**Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten bei großflächigen Fassadenverglasungen – Sicherheit und Design, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit**

Pilkington Profilit™ bringt natürliches Tageslicht in Gebäude und bietet gleichzeitig vielfältige und interessante optische Gestaltungsmöglichkeiten.

Ab sofort bieten wir mit Pilkington Profilit™ T Color Design Decor Produkte an, die architektonisch völlig neue, sogar fast uneingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. Durch die Veredlung mit keramischen Pigmenten ist es möglich, die Profilglas-Elemente nicht mehr nur einfarbig – vollflächig oder partiell – zu gestalten, sondern sie außerdem mit exklusiven Dekoren oder individuellen Icons, Bildern oder Schriftzügen

zu versehen. Dabei kann die Gestaltung sowohl lediglich eine Einzelscheibe umfassen, als auch über mehrere Glasbahnen hinweg appliziert und eingebrannt werden. So sind die Profilbaugläser nicht mehr nur architektonisches Stilmittel für lichtdurchflutete Fassaden- oder Industrieverglasungen, sondern wahre Designelemente, die auch im Innenraum überzeugen.

**Versatile design possibilities in large facade glazing – safety and design, energy efficiency and sustainability**

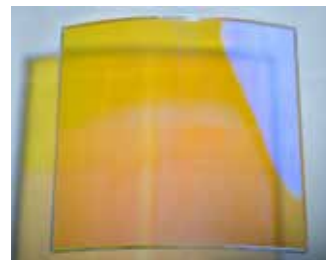
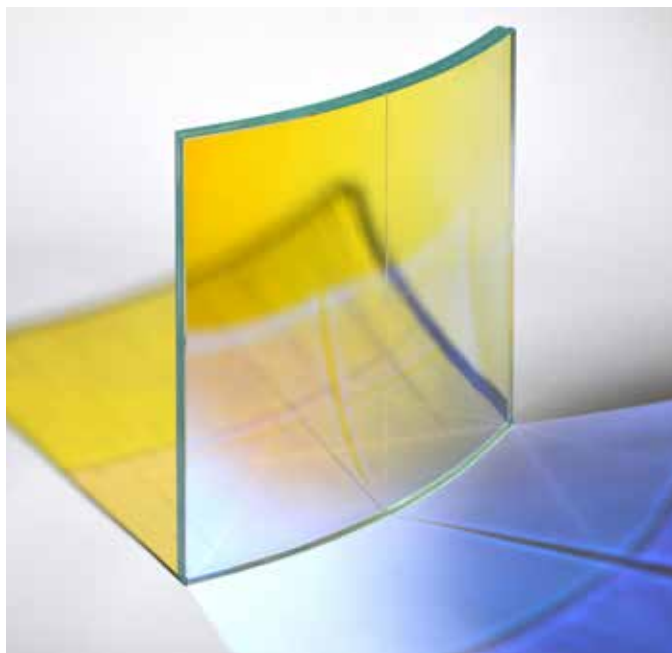
*Pilkington Profilit™ is increasingly being used in modern design-focused architecture where its application provides natural daylight to the interior and contributes to the visual design.*

*Pilkington Profilit™ T Color Design Decor is a product development which offers architecturally new and almost unlimited design options. By processing with ceramic pigments it is now possible to design the channel glass not only - completely or partly colored coated - in one color but in addition to apply opaque or translucent exclusive decors or individual icons, pictures or slogans. In addition the design can either be applied on a single piece of glass or several Pilkington Profilit™ T Color design panels can create a complete picture. Consequently the channel glass is no longer "only" an architectural element for backlit facades or industrial and commercial glazing but as well a real design element for exterior and interior use.*

PRINZ OPTICS GMBH  
STROMBERG, GERMANY  
PRINZOPTICS.DE

## DICHROIISCHES GLAS ALS 3-FACH-VERBUND

DICHROIC GLASS AS 3-FOLD LAMINATION



### **Klarsichtiges Farbeffekt-Glas im Dreifachverbund, gebogen und gestoßen: Weißes Licht wird farbig.**

Die gebogene Fläche aus farblosem, dichroitisch beschichtetem Glas verwandelt künstliche oder natürliche Lichtstrahlung in die gewünschten Spektralfarben. Faszinierende Farbeffekte entstehen. Die Veredelung des Glases durch eine von Prinz Optics aufgebraute farblose Nanobeschichtung verleiht dem Glas erstaunliche Eigenschaften. Die farbigen Effekte werden dabei – wie bei einem Prisma – durch die unterschiedliche Reflexion bzw. Transmission von Spektralfarben an den hauchdünnen Grenzschichten generiert. Die Farbeffekte sind dabei nicht nur von der Art und Anzahl der Schichten, sondern auch vom Blickwinkel und der Be-

leuchtung abhängig. Jede Winkelveränderung führt zu einem Farbwechsel. Weil diese dichroitische Glasfläche gebogen ist, geschieht das auch, wenn sich der Standpunkt nicht verändert. Die Herausforderung bei diesem Objekt war es, eine gleichmäßige Beschichtung auch bei einer gebogenen Fläche sicherzustellen. Zahlreiche Biegeversuche wurden unternommen, bevor es gelang, einen optimalen Prozess zu entwickeln.

### **Transparent colour effect glass in triple laminate, curved and butt-joined: White Light Turns Colourful.**

*The curved surface of colourless dichroic-coated glass transforms artificial or natural light radiation into the desired spectral*

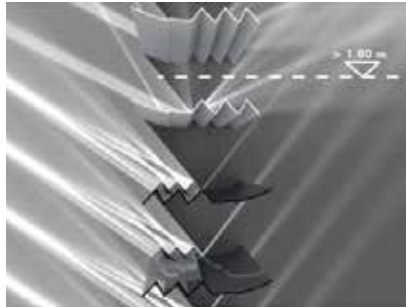
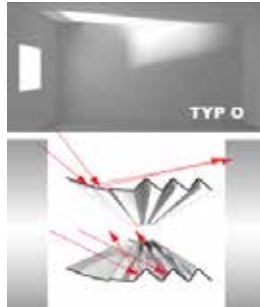
*colours, thus creating fascinating colour effects. The glass is refined by a colourless nanocoating applied by Prinz Optics, which gives the glass astonishing properties. As with a prism, the colour effects are generated by the different reflection or transmission of spectral colours at the wafer-thin boundary layers. The colour effects depend not only on the type and number of layers, but also on the viewer's perspective and the lighting. Each change in the angle leads to a change in colour. This happens, however, even without changing position because the surface of this dichroic glass is curved. The challenge with this object was to ensure an even coating on a curved surface. Numerous glass bending tests were carried out before an optimum process could be developed.*

## ISOLIERGLAS MIT TAGESLICHTLENKUNG

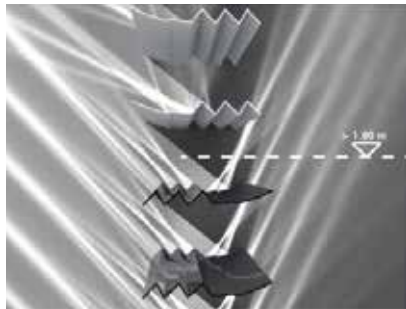
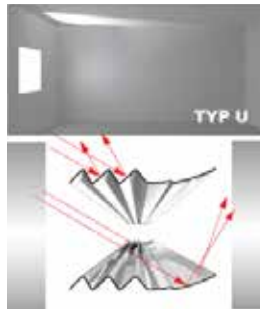
### DOUBLE GLAZING WITH DAYLIGHT REDIRECTION

RETROSOLAR GESELLSCHAFT FÜR  
TAGESLICHTSYSTEME MBH | KIRN, GERMANY  
RETROSOLAR.DE

**Typ O Lichtmanagement im Isolierglas – Photonen Mapping für Sonneneinfall 55° ohne diffusen Himmel**  
Die hochstehende Sommersonne wird im unteren Fensterbereich in den Himmel zurückgespiegelt (Schutzfunktion vor Überhitzung). Um eine sehr gute Raumbtiefausleuchtung zu gewährleisten, wird jedoch das Zenitlicht an den RETROLuxTherm-Lamellen Typ O primär horizontal in die Innenraumtiefe eingelenkt (Versorgungsfunktion mit Tageslicht).  
*The high summer sun is reflected in the lower window part back into the sky (protection against overheating). To ensure a very good room depth illumination, however, the zenith light impinging RETROLuxTherm louvers is primarily redirected horizontally into the depth of the interior (supply function for daylight).*



**Typ U Energiemanagement im Isolierglas – Photonen Mapping für Sonneneinfall 35° ohne diffusen Himmel**  
Ein kleiner Teil der flach einfallenden Sonne wird im unteren Fensterbereich an den RETROLuxTherm Lamellen steil an die Innenraumdecke umgelenkt. Ein größerer Teil wird in den Himmel zurückreflektiert, sodass es nicht zu Überhitzung der Innenräume kommt. Die Raumausleuchtung mit Tageslicht ist auch bei bewölktem Himmel gesichert.  
*A small part of the lower sun is redirected steeply towards the interior ceiling by the RETROLuxTherm slats in a lower window part. A larger part is reflected back into the sky, to avoid an overheating of the interior. The room lighting with natural daylight is secured even during a cloudy sky.*



#### Dichotome Lamellenstrukturen mit bifokaler Lamellenoptik

Die Beispiele zeigen eine bifokale Spiegeloptik, die als Lichtlenksystem in Isolierglas eingesetzt ist. Die Spiegellamellen bestehen aus zwei verschiedenen Spiegelhälften: Die eine Hälfte reflektiert die Sonnenstrahlen zurück in den Himmel, die andere Hälfte in die Tiefen des Innenraums. Hierdurch entsteht ein winkelselektives Lichtlenksystem: Die überhitzende, hohe Sommersonne wird nach außen, die flachere Sonne nach innen gelenkt. Ohne die Lamellen nachzuführen, passen diese sich im Winter wie im Sommer den klimatischen Bedingungen an.

g-Werte von 0,07 sind realistisch, bei low-e auf Pos. 3 und Dreifachverglasung. Die

Schlantheit der Lamellen ermöglicht einen perfekten Blick nach draußen. Die Distanz zwischen den Lamellen beträgt 80 % bei einer gleichzeitigen Schattenlinie von 30°. Ab einer Entfernung von > 4 m können die Lamellen nicht mehr wahrgenommen werden.

Das System O im oberen Fenster teil lenkt das Zenitlicht horizontal in große Raumtiefe um, das System U im unteren Fenster an die Decke. Die Lichtumlenkung ist blendfrei. PCT-Patent angemeldet

#### Dichotomous louver structures with bifocal louver optics

*The samples present a bifocal mirror optic for light redirection installed within insulation glass. The mirror system is made up*

*by louvers with two different mirrors in the cross-section: One half reflects the sunrays back into the sky, the other half into the room depth. An angle selective system is created: The overheating summer sun is reflected back to outside; the lower sun to inside. The systems accommodate in winter and in summer without tilting.*

*g-values of 0,07 are realistic with low-e on Pos. 3 and triple glazing. The slimness allows a perfect view out between the louvers of 80% for a cut-off angle of 30°. From a distance > 4 m the louvers cannot be perceived anymore.*

*The system O in the upper window redirects the light in large room depths, the system U steeply onto the ceiling without glare.*

*PCT-patent pending*

RISE RESEARCH INSTITUTES OF SWEDEN  
VÄXJÖ, SWEDEN  
RI.SE

## INTERAKTIVES FENSTER INTERACTIVE WINDOW



### **Touchwindow, das Musik steuert, Privacy-Glas und LED-Licht fungiert**

Ein Touchwindow wurde entwickelt, um zu inspirieren und zu demonstrieren, wie Features auf vorhandenen Glasoberflächen im Haus integriert werden können. Das Fenster kann Musik abspielen, eine Lampe ein- und ausschalten und die Transparenz des Glases wechseln. Falls gewünscht, können Sie andere Produkte aktivieren und deaktivieren. Symbole auf einer Lampe und einem Ventilator wurden auf das Glas gedrückt. Diese dienen als Netzschalter: drücken, um zum Beispiel an der Lampe ein- / auszuschalten. Zwei WiFi-gesteuerte Steckdosen (siehe Abbildung unten) sind an diesen Punkten angeschlossen und programmiert, so dass die Stromversorgung der WLAN-Steckdose

ein- oder ausgeschaltet wird. Der Stecker, den Sie steuern möchten (z. B. die Lampe), wird an die WiFi-gesteuerte Steckdose angeschlossen.

Eine Berührung mit dem Finger überall im Fenster schaltet die Musik ein und aus (Play / Pause-Modus). Sie fegen, um den Song zu wechseln. Heben Sie die Lautstärke an, indem Sie mit zwei Fingern auf das Touchwindow zeigen und diese verteilen („verkleinern“). Senken Sie, indem Sie Ihre Finger aufeinander zu bewegen („hineinzoomen“).

### **Touchwindow that controls music with privacy glass and LED-light**

A touchwindow has been developed to inspire and demonstrate how to integrate features on existing glass surfaces in the home.

*The window can play music, turn on and off a lamp and switch the transparency of the glass. If desired, you can enable and activate other products. Symbols of a lamp and fan have been glued to the glass. These act as a power switch; press to turn on or off a lamp, for example. Two wifi-controlled power outlets are connected and programmed so that the power in the wifi wall socket turns on or off. In this way you can control the LED-light and the transparency of the glass. With a touch of your finger anywhere on the window you can turn music on or off (play or pause mode). You sweep to change song. Turn the volume up by touching the window with two fingers and spread them ("zoom out"). Turn it down by moving your fingers towards each other again ("zoom in").*

## DUSCHWAND

### SHOWER WALL

RISE RESEARCH INSTITUTES OF SWEDEN  
VÄXJÖ, SWEDEN  
RI.SE



#### Integrierter Sound in der Duschkabine

Immer mehr Menschen verlangen Technik im Bad und jetzt kann man endlich Musik hören, wenn man unter der Dusche singt! In der Smart-Housing Småland Studie „Integrierter Sound in Duschwänden“ wurde untersucht, ob eine Möglichkeit besteht, eine Duschwand als Lautsprecher zu nutzen und diese z.B. mit einem Mobiltelefon zu steuern.

Ein Duschwand-Prototyp aus Glas, der in Anbetracht der Verwendung von Elektronik in einem feuchten Raum gut und sicher ist, wurde mit einem guten Klang entwickelt. Die Duschwand, die aus Verbundglas (2 x 3 mm Glas + zwei PVB-Folien) besteht, dient als Lautsprechermembran, die mit einer Schwingspule in Schwingung versetzt wird.

Dies wird dann von einem Mobiltelefon via Bluetooth gesteuert.

Die Elektronik selbst befindet sich an der Außenseite der Wand und ist durch einen Handtuchhalter verborgen. Das Gerät wird durch einen Akku betrieben und kann auch durch eine Steckdose gespeist werden. Von der Innenseite der Duschwand aus können die Lautstärke und die Lieder mit den Touch-Tasten geregelt werden.

#### Shower glass acting as a speaker

*More and more people demand technology in the bathroom and now you can finally get music when you are singing in the shower! In the Smart Housing Småland study "Integrated Sound in Shower Wall", we examined*

*the possibility of using the shower wall glass as a carrier of sound, and if this could be controlled from, for example, a mobile phone.*

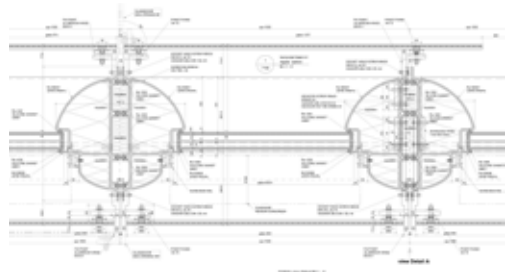
*A shower wall prototype of glass was developed with good sound that is nice, and safe considering the use of electronics in a wet space.*

*The shower wall, which consists of laminated glass (2 x 3 mm glass + two PVB films), serves as a speaker membrane that is set to vibrate with a voice coil. This is then controlled by a mobile phone using Bluetooth.*

*The electronics are on the outside of the wall and hidden by a towel hanger. A rechargeable battery drives the device and can also be powered from a wall outlet. From the inside of the shower wall you can change the volume and songs with touch buttons.*

ROSCHMANN KONSTRUKTIONEN AUS STAHL  
UND GLAS GMBH | GERSTHOFEN, GERMANY  
ROSCHMANN.GROUP

## GLAS UND GLASFASERVERSTÄRKTER KUNSTSTOFF GLASS AND GLASS-FIBRE REINFORCED PLASTIC



Das Exponat stellt einen repräsentativen Teilbereich der als Unikat entwickelten Fassade der „Deichmanske Bibliothek“ in Oslo, Norwegen dar. Es zeigt eine elementierte Fassade mit Tragprofilen aus glasfaserverstärktem Kunststoff, Füllelementen aus 3-fach Isolierverglasung und zusätzlichen Verglasungsebenen im innen- wie auch im außen liegenden Bereich der Fassade.

Massive Fassadenpfosten mit annähernd ½ m Durchmesser nehmen mittels Haltekonstruktion innen- und außenseitig unterschiedlich gestaltete Verbundsicherheitsgläser auf. Die Fassadenpfosten stehen im Abstand von 1 m und erzeugen nicht nur Beschattung bei tief stehender Sonne, sondern sind gleichzeitig die Basis für die gewünschte Grundstruktur des einfallenden

Lichts. Das Erreichen höchstmöglicher Wärmedämmung sowie spezieller Lichtverhältnisse im Gebäudeinneren als auch in der Außenwirkung war das primäre Ziel in der Entwicklung. Die Bibliothek wird aufgrund des neuartigen Fassadenkonzepts hinsichtlich Energieeffizienz und Treibhausgasemission eine herausragende Stellung einnehmen.

*The exhibit depicts a typical section of the unique facade developed specially for the “Deichman Library” in Oslo, Norway. It shows a unitized facade with support profiles made of glass-fibre reinforced plastic, fill elements made of triple glazing, and additional glazing layers in the interior and exterior areas of the facade.*

*Laminated safety glass panels with a different design are attached inside and outside via a mounting system to solid posts that measure almost half a meter in diameter. The facade posts that are spaced one meter apart, form the basis for the desired incident light pattern and provide shade when the sun is low. The design’s primary objective was to achieve the best possible thermal insulation as well as special lighting effects in the interior of the building and for its external appearance. Thanks to the innovative facade concept, the library will have an outstanding energy efficiency and greenhouse gas emissions profile.*

**Architect:** Lund Hagem Arkitekter & AtelierOslo / **Facade engineer:** Bollinger + Grohmann Ingenieure

## DAS FUTURIUM IN BERLIN

THE FUTURIUM IN BERLIN

SAINT-GOBAIN GLASS  
STOLLBERG, GERMANY  
SAINT-GOBAIN-GLASS.COM



### Die Wolke, die vom Himmel fiel Das Futurium in Berlin

Das Futurium liegt vis-à-vis des Spreebogenparks. Der Grundriss ist fünfeckig und leicht asymmetrisch. Die Ost- und Westfassade sowie die Eingangsuntersichten sind von einer rund 4.000 m<sup>2</sup> großen, hinterlüfteten, rautenförmigen Kassettenschicht umhüllt, die sich aus 70 x 70 cm großen Elementen zusammensetzt. Drei Viertel davon bestehen aus 12 cm tiefen, unterschiedlich gefalteten Metallreflektoren und in der äußeren Ebene aus keramisch bedrucktem, 6 mm starkem Gussglas SGG SR LISTRAL® L. Das sich reflektierte Licht erzeugt ein mit der Tageszeit beständig sich änderndes Erscheinungsbild der Fassade - ein grafischer Wolkenabdruck.

### The cloud that fell from the sky The Futurium in Berlin

The Futurium is located vis-à-vis the Spreebogenpark. The floor plan is pentagonal and slightly asymmetrical. The east and west façades as well as the entrance soffits are surrounded by a roughly 4,000 m<sup>2</sup>, ventilated, diamond-shaped cassette layer, which is made up of 70 x 70 cm elements. Three quarters of them consist of 12 cm deep, differently folded metal reflectors and on the outer level of ceramic-printed, 6 mm thick cast glass SGG SR LISTRAL® L. The reflected light creates a constantly changing appearance of the façade with the time of day - a graphic cloud print.

**Architekt, Fassadenplaner/  
architect, façade consultant**  
Richter Musikowski and Arup Deutschland, Berlin

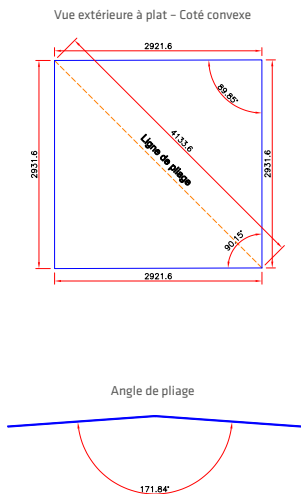
**Fassadenbauer/façade builder**  
AL PROMT Metallbau, Constanta;  
Ferrolight SG, Kevelaer; Metallbau  
Windeck, Kloster Lehnin-Rietz

**Glasverarbeiter/glass processor**  
Glas Expert SRL, Bukarest;  
Flachglaswerk Radeburg

**Verwendete Produkte/used products**  
SGG SR LISTRAL® L  
SGG PLANICLEAR®

SAINT-GOBAIN GLASSOLUTIONS  
OBJEKT-CENTER GMBH, STANDORT DÖRING  
BERLIN, GERMANY | GLASSOLUTIONS.DE

## „GEKNICKTES“ VERBUNDSICHERHEITSGLAS “KINKED“ LAMINATED SAFETY GLASS



Photos: ©Stefan Tuchila/Saint-Gobain Glassolutions



### Jewel on the Seine – „Geknicktes“ Verbundsicherheitsglas am Quai Ouest

Die 150 Meter lange, nach Süden und Westen zur Seine hin orientierte Ansicht des Quai Ouest wurde als hinterlüftete Elementfassade entworfen. Insgesamt 188, ca. 3 x 3 m große vorgehängte Fensterelemente alternieren im Raster von 4,05 Metern mit eloxierten Aluminiumkassetten. Zentrale Idee war es, dass sich in den transparenten Flächen sowohl der Himmel als auch die Umgebung spiegeln sollen. Als beste Lösung, um dies zu erreichen, stellte sich das diagonal gebogene STADIP CONTOUR aus zwei 8-mm-Floatglas PLANICLEAR heraus. Die unterschiedlichen Spiegelungen, aber auch die Dreidimensionalität verleihen der Fassade ein lebendiges Erscheinungsbild:

So lassen sich hinter den Vorsatzelementen feststehende Fenster mit beweglichen Sonnenschutzlamellen erkennen.

### Jewel on the Seine – „Kinked“ laminated safety glass at the Quai Ouest

The 150-meter-long view of the Quai Ouest, oriented to the south and west of the Seine, was designed as a ventilated elemental façade. A total of 188, approx. 3 x 3 m curtain elements alternate with anodised aluminum cassettes. The central idea was that both the sky and the surroundings should reflect in the transparent areas. The best solution to achieve this was the diagonally curved STADIP CONTOUR which was made of two 8 mm float

glass PLANICLEAR. The different reflections as well as the three-dimensionality give the façade a lively appearance. For example, fixed windows with movable sunblinds can be seen behind the attachment elements.

#### Bauherr/client

Emerige, Paris

#### Architekt/architect

Atelier d'Architecture Brenac & Gonzalez et Associés, Paris

#### Fassadenbauer/façade builder

Rinaldi Structural, Colmar

#### Glasverarbeiter/glass processor

Saint-Gobain GLASSOLUTIONS

Objekt-Center Standort Döring Berlin

#### Verwendete Produkte/used products

STADIP CONTOUR aus/with PLANICLEAR

## GLAS ALS DATENTRÄGER

### GLASS AS A DATA CARRIER

SAINT-GOBAIN GLASS  
STOLBERG, GERMANY  
SAINT-GOBAIN-GLASS.COM



#### Saint-Gobains Vision für Glas als Datenträger

Saint-Gobain erforscht einen neuen digitalen Service, der es seinen Kunden ermöglicht sowohl ihre Verglasungseinheiten vor Anlieferung, auf der Baustelle und nach ihrer Installation zu verfolgen als auch alle das Produkt beschreibenden Daten der Leistungserklärung jederzeit abzurufen. Die Verglasungseinheit wird dabei mit einem RFID Transponder versehen, der mit einer Identifikationsnummer (ID) beschrieben ist, die wiederum mit kommerziellen RFID Lesegeräten ausgelesen werden kann. Diese ID ist in einer zentralen Saint-Gobain-Datenbank hinterlegt, in der Kunden weitere Informationen zum Produkt abrufen können; z.B. die Zusammensetzung oder Bestell-

und Versanddetails.

Gläser mit der Möglichkeit zu versehen Daten indirekt zu speichern und die Bereitstellung einer Datenbank, die mit den Glaseinheiten verknüpft ist, sind die entscheidenden Puzzleteile hin zur Digitalisierung des Baugewerbes. Dadurch wird die Interaktion zwischen Saint-Gobain und seinen Kunden vereinfacht.

#### Saint-Gobain's Vision for Glass as a Data Carrier

Saint-Gobain is exploring a new digital service that will allow its customers to track their glazing units before delivery, on-site and after installation, as well as retrieve all data of the declaration of performance de-

scribing the product at any time. The glazing unit is provided with an RFID transponder, which is described with an identification number (ID), which in turn can be read out with commercial RFID readers. This ID is stored in a central Saint-Gobain database, where customers can get more information about the product; e.g. the composition or order and shipping details.

Glasses with the ability to store data indirectly and the provision of a database associated with the glass units are the key pieces of the puzzle to the digitization of the construction industry. This simplifies the interaction between Saint-Gobain and its customers.

SAINT-GOBAIN GLASSOLUTIONS  
OBJEKT-CENTER GMBH, STANDORT DÖRING  
BERLIN, GERMANY | GLASSOLUTIONS.DE

## GEBOGENE ÜBERLÄNGE – 8 METER GLASTUNNEL STADIP CONTOUR BEND OVERLENGTH – 8 METERS GLASS TUNNEL STADIP CONTOUR



### Gebogenes Glas nun auch bis zu 8 Metern Überlänge

Als international tätiger Hersteller von gebogenem Glas, kann die Firma Döring hierbei vielfältige Erfolge im internationalen Objektgeschäft in Zusammenarbeit mit namhaften europäischen Metallbauern verzeichnen.

Die Produktpalette von Döring Glas umfasst alle gebogenen Gläser für die Anwendungsbereiche Architektur und Interior:

- CONTOUR - gebogenes Floatglas
- STADIP CONTOUR - gebogenes Verbundsicherheitsglas
- CLIMAPLUS/CLIMATOP CONTOUR - gebogenes Zweifach-/Dreifach-Isolierglas
- SECURIT CONTOUR - gebogenes Einscheibensicherheitsglas

Und dieses Angebotsspektrum nun bis zu einer Überlänge von 8 x 3,21 m!

Selbstverständlich bietet der Standort Döring Berlin die gesamte Produktpalette von GLASSOLUTIONS an, unter anderem ESG, VSG, Isolierglas, Gussglas, Verbundglas, farbiges Glas und bedrucktes Glas (Digitaldruck und Siebdruck).

### Curved glass now up to 8 meters overlength

As an internationally active manufacturer of bent glass, Döring can achieve a variety of successes in international contract business in cooperation with well-known European metalworkers.

*The product range of Döring Glas includes all bent glasses for the application areas architecture and interior:*

- CONTOUR - curved float glass
- STADIP CONTOUR - curved laminated safety glass
- CLIMAPLUS/CLIMATOP CONTOUR - double or triple insulated double glazed glass
- SECURIT CONTOUR - curved toughened safety glass

*And this offer spectrum now up to an excess length of 8 x 3.21 m!*

*Of course, the location Döring Berlin offers the entire product range of GLASSOLUTIONS, including ESG, LSG, insulating glass, cast glass, laminated glass, colored glass and printed*

## DYNAMISCHE VERGLASUNG VON SAINT-GOBAIN

### DYNAMIC GLASS OF SAINT-GOBAIN

SAGEGLASS – VETROTECH SAINT-GOBAIN  
INTERNATIONAL | FLAMATT, SWITZERLAND  
SAGEGLASS.COM



Damit sich die Verbindung zwischen Innen und Außen so natürlich wie möglich anfühlt, können bereits die elektrochromen Glasprodukte von SageGlass auf störende Beschattungsvorrichtungen verzichten. SageGlass Harmony geht sogar noch einen Schritt weiter: Die sanften Tönungsübergänge lassen sowohl direktes als auch indirektes Sonnenlicht in den Raum und ahmen die natürliche Tageshelligkeit nach. Das Fehlen von künstlichen Linien und rechten Winkeln entfernt störende sichtbare Elemente. Das Ergebnis: Eine umfassende Sonnenschutzlösung, die die natürlichste Verbindung zur Aussenwelt schafft!

#### Vorteile

- Präziser Sonnenschutz
- Elegantes visuelles Erlebnis mit stufenlosen Tönungsübergängen
- Blendschutz ohne Beschattungsvorrichtungen
- Intelligentes Tageslichtmanagement
- Hervorragende Innenfarbwiedergabe
- Automatische und manuelle Steuerung
- Verbesserte biophile Gestaltungsmöglichkeiten

*To make the connection between inside and outside feel as natural as possible, SageGlass's electrochromic glass products can dispense with annoying shading devices. SageGlass Harmony goes one step further:*

*The gentle tint transitions allow both direct and indirect sunlight to enter and fill the space after. The absence of artificial lines and right angles removes annoying visible elements. The result: A comprehensive sunscreen solution that creates the most natural connection to the outside world!*

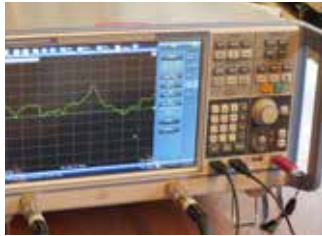
#### Advantages

- Targeted solar control
- Elegant visual experience with gradual in-pane tint transitions
- Glare control without shading devices
- Intelligent daylight management
- Excellent interior color rendering
- Automatic and manual control
- Enhanced biophilic design features

SCHOLLGLAS GMBH  
BARSINGHAUSEN, GERMANY  
SCHOLLGLAS.COM

## GEWE-COM® CONNECT

### GEWE-COM® CONNECT



(Foto: marvent/Shutterstock.com)

#### **GEWE-com® connect – Funktionsglas mit verringerter Dämpfung von Mobilfunksignalen**

Die im Isolierglas eingesetzten Low-E-Beschichtungen schirmen Hochfrequenzsignale, wie sie zum Beispiel von den Mobilfunkanbietern ausgestrahlt werden, nahezu vollständig ab. Hinter einer modernen Ganzglasfassade ist mobiles Telefonieren oder mobiler Datentransfer vielfach nicht mehr möglich.

SCHOLLGLAS bearbeitet die Funktionsschichten, wodurch die ungewünschte Dämpfung der Mobilfunksignale wesentlich verringert wird. Die klassischen technischen Daten des Isolierglases verändern sich durch die Veredelung zu GEWE-com® connect nur marginal.

#### **Produkteigenschaften**

- Durchlass von Mobilfunksignalen
- Verringerung der persönlichen Strahlungsbelastung
- Optisch kaum wahrnehmbar, wartungsfrei und mobilfunkanbieterunabhängig

#### **GEWE-com® connect – Functional glass with reduced attenuation of mobile service signals**

The low-E coatings used in insulating glass units shield the high-frequency signals, as emitted for example by the mobile service providers, almost completely. Behind a modern all-glass façade, mobile telephoning or mobile data transfer is often no longer possible.

*SCHOLLGLAS processes the functional coatings which significantly reduces the unwanted attenuation of the mobile radio signals. The classic technical data of the insulating glass changes only marginally by upgrading to GEWE-com® connect.*

#### **Product features**

- Transmission of mobile service signals
- Reduction of personal radiation exposure
- Visibly barely perceptible, maintenance-free and independent from mobile service providers

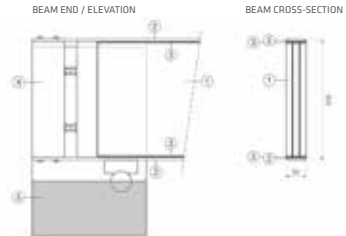
## PROJEKT ATLAS

### PROJECT ATLAS

SCHOOL OF ARCHITECTURE, CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING (ENAC)  
 ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE (EPFL) | LAUSANNE, SWITZERLAND  
 ENAC.EPFL.CH | ATLASPROJECT2017.TUMBLR.COM



(1) Laminated glass beam, (2) Stainless steel tendon, (3) Adhesive, (4) Anchorage, (5) UHPFRC Support Block



Projekt ATLAS ist eine 6 Meter lange Bank aus vorgespannten Glasbalken, die von den EPFL-Laboratorien ALICE, RESSLab und MCS gebaut wurde. Das angewandte System wurde von Dr. J. Cupać im Rahmen einer Doktorarbeit am RESSLab unter der Leitung von Prof. A. Nussbaumer und Dr. C. Louter entwickelt. Die Leistung des Glases wird durch die Anwendung von Druckspannung durch Edelstahlspannglieder verbessert, was zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit und Redundanz führt. In Zusammenarbeit mit dem Architekten A. Wolhoff wurde diese technische Innovation in einen architektonischen Kontext gestellt. Die Bank spielt mit der Wahrnehmung von Materialien: Man sitzt auf Glas, das im Bauwesen gemeinhin als zerbrechlich und

unsicher gilt, während die Betonstützen mit ihrem keramischen Aussehen weder Festigkeit noch Stabilität suggerieren. Die Verankerung ist in den dünnen Rippen der Stützblöcke verborgen, die die Lasten in den Boden leiten. Die Bank wurde 2017 im Rolex Learning Center in Lausanne ausgestellt. Das Projekt wurde unterstützt von Félix Constructions, Huntsman, AGC und BBR Network.

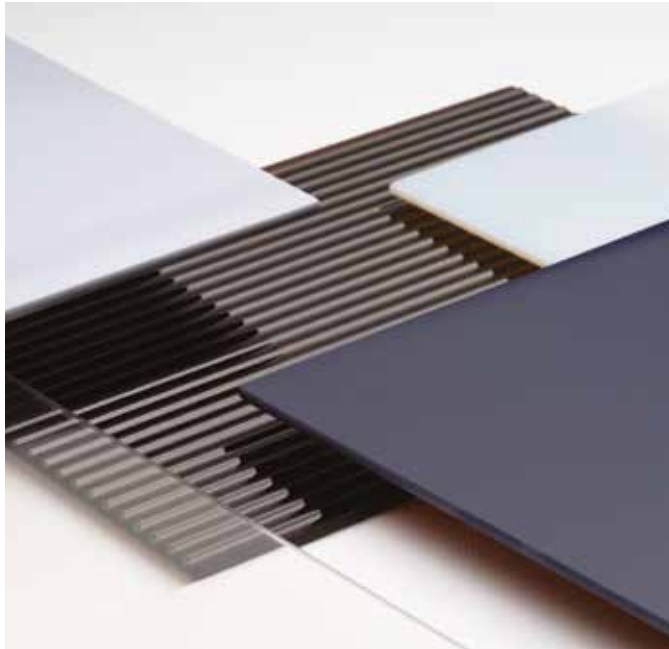
*Project ATLAS is a 6-metre long bench made of post-tensioned glass beams, built by EPFL laboratories ALICE, RESSLab and MCS. The applied system was developed by Dr J. Cupać in the scope of a PhD study at RESSLab, under the supervision of Prof. A. Nussbaumer and Dr C. Louter. Glass performance is*

*enhanced by the application of compressive pre-stress through stainless steel tendons, resulting in increased resistance and redundancy. In collaboration with the architect A. Wolhoff, this engineering innovation was given an architectural context. The bench plays with the perception of materials: you sit on glass, commonly considered fragile and unsafe in construction, while the concrete supports with their ceramic appearance do not display strength or stability. The anchoring is concealed within the thin ribs of the support blocks, which transfer the loads into the ground. The bench was exhibited at the Rolex Learning Center in Lausanne in 2017. The project was sponsored by Félix Constructions, Huntsman, AGC and BBR Network.*

SCHOTT AG  
 MAINZ, GERMANY  
 SCHOTT.COM

## NEXTREMA® GLASKERAMIK

### NEXTREMA® GLASS-CERAMICS



#### Das richtige Material für den Job:

##### NEXTREMA® Glaskeramik

Glaskeramik wird aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaftskombinationen in einer zunehmenden Anzahl von Anwendungen eingesetzt. Temperaturschockbeständigkeit bis 820 °C, eine quasi Nullausdehnung und Temperaturresistenz bis zu 950 °C – um nur einige zu nennen – machen Glaskeramik zum geeigneten Material in harschen Umgebungen sowohl in Haushalt also auch in der Industrie. Die Glaskeramik Materialplattform SCHOTT NEXTREMA® vereint technische Eigenschaften mit ästhetischen Designmöglichkeiten.

Die NEXTREMA® Glaskeramiken lassen sich bei hohen Temperaturen einsetzen, zum Beispiel als Innenauskleidung oder als infra-

rot Heizstrahler Abdeckung in industriellen Hochtemperaturöfen. Als Trägermaterial in der Halbleiterproduktion kann Glaskeramik Produkteigenschaften ausspielen wie Temperaturbeständigkeit, chemisch inertes Verhalten in Beschichtungsprozessen sowie ein breites optisches Transmissionsspektrum. Challenge glass! Challenge us!

#### The right tool for the job:

##### NEXTREMA® glass-ceramics

Glass-ceramics are deployed in a growing number of applications because of their unique combination of properties. Resistance to thermal shock up to 820 °C, near zero thermal expansion, and high operating temperatures of up to 950 °C – just to

name a few – make glass-ceramics suitable for harsh environments, both in the home, and in industry. The SCHOTT NEXTREMA® glass-ceramic material platform marries superior technical properties with aesthetic design possibilities.

NEXTREMA® can be used in various application fields which rely on high temperatures, for example as inner lining or infrared heater cover in high temperature industrial furnaces. NEXTREMA® can also function as a carrier plate in the semi-conductor industry. In this case, the product features minimal thermal expansion, process inertness and the availability of a wide transmission spectrum make the glass-ceramic well-suited. Challenge glass! Challenge us!

**SCHOTT REALVIEW™**

SCHOTT REALVIEW™

SCHOTT AG  
MAINZ, GERMANY  
SCHOTT.COM

**SCHOTT RealView™ High-Index-Glaswafer erwecken Augmented Reality-Anwendungen (AR) zum Leben**

Die neuen SCHOTT RealView™ High-Index-Glaswafer ermöglichen noch realistischere AR-Erlebnisse. Die beschichteten Glaswafer werden aus optischem Glas mit hohem Brechungsindex hergestellt und vergrößern hierdurch das Sichtfeld in AR-Geräten erheblich. Die hohe geometrische Präzision ihrer Oberfläche erlaubt eine hervorragende Bildqualität mit bestmöglichem Kontrast und höchster Auflösung.

Das optische Glas produziert SCHOTT in seinen High-Tech-Schmelzanlagen in Deutschland. Waferfertigung und optische

Beschichtung finden in China statt, wo SCHOTT kürzlich ein Joint Venture mit Zhejiang Crystal-Optech eingegangen ist. Dadurch deckt SCHOTT alle qualitätsrelevanten Fertigungsschritte ab und bietet Innovatoren im Bereich AR eine vollumfängliche Lösung aus einer Hand: Von der Glasentwicklung bis zum beschichteten Wafer.

**SCHOTT RealView™ high-index glass wafers bring augmented reality to life**

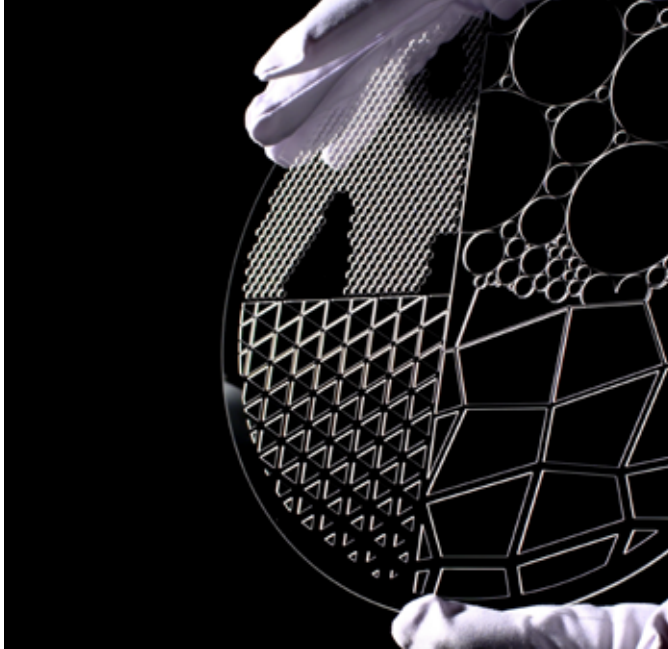
SCHOTT unveils SCHOTT RealView™, a breakthrough in high-index glass wafers that allows more immersive augmented reality (AR) applications. These new wafers are

*made from optical glass with a high refractive index, enabling a wider field of view (FOV) in AR devices. The geometrical precision of the wafer surface is controlled to unprecedented accuracy, creating superior picture quality with the best contrast and highest definition, enhancing the user experience.*

*SCHOTT produces the optical glass in its high-tech melting facilities in Germany, and the wafer processing and optical coating takes place in China, where SCHOTT recently announced a joint venture investment together with Zhejiang Crystal-Optech. With core competencies in innovation and scaling to mass production, SCHOTT is the preferred partner in the field of AR.*

SCHOTT AG  
 MAINZ, GERMANY  
 SCHOTT.COM

**SCHOTT FLEXINITY™**  
 SCHOTT FLEXINITY™



### Die Strukturierungs-Revolution

Standardtechniken zur Strukturierung von Glaswafern haben heute aufgrund der erreichbaren Toleranzen und Fertigungstechnologien ihre Grenzen erreicht. Dabei war die Strukturierung von Glas schon immer mit Kompromissen verbunden: Kunden mussten sich entweder für niedrige Kosten, ein hohes Maß an Flexibilität oder enge Toleranzen entscheiden. Daher mussten neue Wege zur Strukturierung von Glas gefunden werden. Das Ergebnis: SCHOTT FLEXINITY™. Das neue, weltweit einzigartige Portfolio strukturierter Glaswafer bietet ein höchstes Maß an Gestaltungsfreiheit. Mit FLEXINITY™ ist jede Form möglich, solange der Minimalradius der Form 150 µm nicht unterschreitet. Der Prozess erlaubt

extrem enge Toleranzen und Strukturen. Die strukturierten Glaswafer sind auf Basis der vielfältigen Borosilikatglas-Typen des SCHOTT Portfolios als 4- bis 12-Zoll-Version mit Dicken von 0,1 bis 3,8 mm erhältlich. Der minimale Strukturierungsradius liegt bei 150 µm und die Strukturgrößentoleranz bei weniger als ± 25 µm.

### The Glass Structuring Revolution

What with today's production processes unable to improve their tolerance levels, off-the-shelf technologies for structuring glass wafers have reached their limits. The structuring of glass always came with strings attached: customers found themselves either having to go with lower costs, a high degree of flexibility or narrow tolerance

levels. Thus, new approaches for producing structured glass had to be developed. The result: SCHOTT FLEXINITY™. The new, globally unique portfolio of structured glass wafers offers the highest degree of design flexibility. With FLEXINITY™, essentially every form imaginable with a minimum structuring radius of 150 µm is possible. The process itself allows extremely narrow tolerance levels and structures. The structured wafers are available from the diverse assortment of borosilicate glass types found in SCHOTT's portfolios. They range in size between four inches and twelve inches and are available with a thickness range of 0.1 to 3.8 mm. The minimal structuring radius is just 150 micrometers (µm) and features a structure size tolerance of less than ± 25 µm.

---

**SCHOTT AUTOMOTIVE**

SCHOTT AUTOMOTIVE

---

 SCHOTT AG  
 MAINZ, GERMANY  
 SCHOTT.COM
 

---




---

**Glas – Werkstoff für die Fahrzeug-Innenräume von Morgen**

Glas- und Lichtsysteme von SCHOTT sorgen für neue Akzente im Autoinnenraum. Als anorganisches, nicht alterndes Material bringt Glas zahlreiche Vorteile gegenüber Plastik mit sich, ist beispielsweise glänzend, zugleich kratzfest und kann Touchscreen-Funktionen integrieren.

Für die Automobilindustrie ist daher ultradünnes Glas in Dicken unter 250 Mikrometern besonders interessant. In dieser Form ist es zugleich leicht und äußerst widerstandsfähig. Konvexe und konkave Geometrien sind ebenso möglich wie geschwungene, zweidimensionale Formen. Chemische Härtung sorgt für die nötige Festigkeit, Beschichtungen wiederum für

Kratzresistenz und Glanz.

Darüber hinaus bringen Lichtlösungen aus Glasfasern in Kombination mit modernen Lichtquellen mehr Emotion ins Fahrzeuginnere. Diese können dank der hochflexiblen Lichtleiter in kleinste Räume, beispielsweise Türöffner oder Mittelkonsolen, integriert werden.

**Glass – Material for tomorrow's car interiors**

Glass and lighting systems made by SCHOTT elevate interior car design to a new level. Being an inorganic, ageless substance, glass is scratch-resistant and glossy, allowing for touch screens to be integrated – a huge advantage over polymer.

*When it comes to the automotive industry, ultra-thin glass in thicknesses of 250 micrometers or below is thus a particularly interesting material. At this thickness, it is lightweight but extremely durable. Convex and concave geometries are also possible as well as curved two-dimensional forms. Chemical toughening increases the strength of the material, and coatings provide for scratch resistance and gloss.*

*Furthermore, light guides made of glass fibers in conjunction with modern light sources support the trends in the area of interior design. Because they are also flexible, they can be easily integrated into small installation spaces and provide functional and ambient lighting in doors or center consoles, for example.*

SEDAK GMBH & CO. KG  
GERSTHOFEN, GERMANY  
SEDAK.COM

## VSG AUS 18 X 15 MM WEISSGLAS

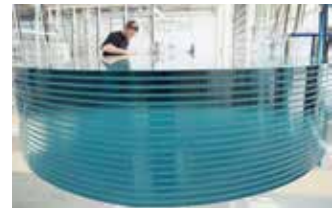
LAMINATE OUT OF 18 X 15 MM LOW-IRON GLASS



Glasfins mit fünf- bis zehnfachem Glasaufbau in der sedak Fertigung: Sie kommen in Ganzglasfassaden, repräsentativen Foyers oder großflächigen Ganzglasdächern zum Einsatz.  
*Glass fins with 5- to 10-layer glass build-ups in sedak's production. They are used for all-glass façades, representative foyers, or extensive all-glass roofs.*



Um den zügigen und sicheren Einbau der Glasfins auf der Baustelle zu gewährleisten, erhalten die Elemente bereits werkseitig die vom Kunden bereit gestellten, erforderlichen Metallbauteile.  
*To ensure a quick and safe installation of the glass fins at the construction site, the elements receive metal parts at sedak's production that are provided by the client.*



18 Scheiben, ein Exponat, höchste Transparenz, perfekt in der Verarbeitung: sedak zeigt auf der Sonderschau „glass technology live“ welche Höchstleistungen sich mittlerweile mit dem Werkstoff Glas realisieren lassen.  
*Eighteen single glass panes, one exhibit, the highest level of transparency, and perfect workmanship: at the special show "glass technology live", sedak shows which top performances can be realized with glass.*

### Verbund sicherheitsglas aus 18 Scheiben Weißglas mit SentryGlas-Interlayern

sedak zeigt das mit knapp 30 Zentimetern bislang dickste Laminat der Welt, gefertigt aus 18 Einzelgläsern. Mit dem Exponat möchte sedak die Imagination anregen und neue Gestaltungsräume im konstruktiven Glasbau eröffnen.

Gläser in Überformaten als zuverlässige Tragkonstruktion zu produzieren, ist bei sedak Standard. Glasfins aus Gersthofen kommen weltweit als tragende Elemente für Ganzglasfassaden oder -dächer zum Einsatz. Planer erschaffen so mit dem transparenten Werkstoff archetypische Gebäude. Das Exponat aus 18 Lagen ESG-Glas mit einer Dicke von 15 Millimetern (Bruchspannung von jeweils mindestens 160 MPA) und

dazwischenliegenden SentryGlas-Interlayern wiegt mehr als 3,6 Tonnen. Die physikalischen Eigenschaften dieses Glasaufbaus erlauben neue Wege in der Konstruktion mit Glas. Es hält höchsten Drucklasten stand und wahrt die Transparenz, denn die Optiwhite-Gläser schmälern den Durchblick nicht. Frei von Blasen oder Verunreinigungen zeugt es von der hohen Laminationskunst des Herstellers.

### Laminated safety glass out of 18 x low-iron glass with SentryGlas interlayer

*With 18 layers and a total thickness of about 30cm, sedak presents the world's thickest-ever laminate. The exhibit shall inspire architects' and designers' imagination and open up new space for creativity.*

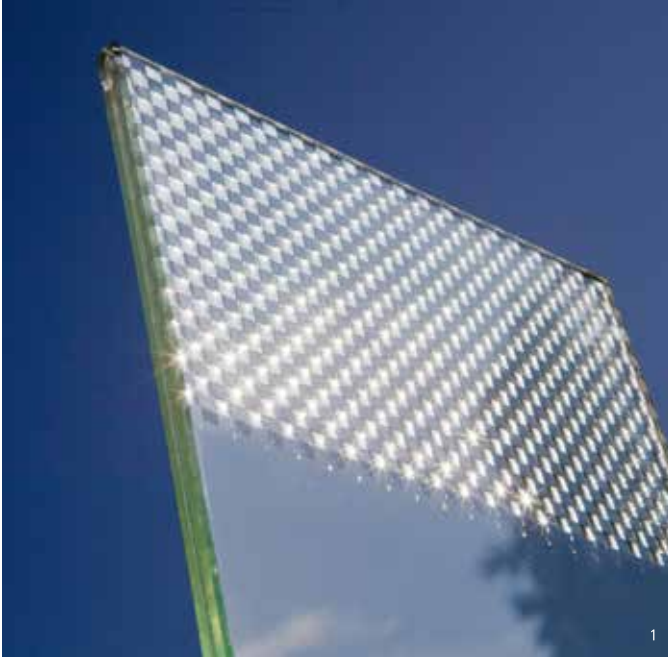
*To produce oversize glass for the use as a responsible supporting structure is standard at sedak. Their glass fins are used worldwide as supporting elements for all-glass façades or roofs. Designers create thus, archetypal buildings that have become landmarks.*

*The exhibit is a laminate out of 18 layers, each one 15mm thick (with a breaking strength of at least 160 MPA), bonded with SentryGlas interlayer. The LSG weighs more than 3.6 tons. The physical characteristics of this glass build-up allow for new ways in the construction with glass. Such constructions resist highest pressure loads and keep their transparency since the 18 Optiwhite glass layers do not reduce the view through the laminate. Thanks to sedak's lamination art, the heavy-weight is free from bubbles or contaminations.*

## VERBUND-/VERBUNDSICHERHEITSGLAS

LAMINATED GLASS/LAMINATED SAFETY GLASS

SEEN GMBH  
WALDSTATT, SWITZERLAND  
SEENGBH.COM



(1) Teilflächen, Verläufe und Schriftzüge bieten vielfältige Möglichkeiten.  
*Gradients, logos and part-areas offer many possibilities.*

(2) Unterschiedlicher Formen und Metalle sind ebenso möglich wie individuelle Reihungen.  
*Different shapes and metals are also possible as individual sequences.*

(3) Die schwarze Rückseite sorgt für einen beinahe ungestörten Blick durch die Scheibe.  
*The black rear provides an almost undisturbed view through the window.*



### Glänzende Ansichten

Metallisch reflektierende Kleinstformen in Glas spielen mit dem Licht. Die einzelnen Elemente können dabei individuell ausgestaltet werden. In der Wahl der Oberfläche reichen die Möglichkeiten von einseitig hoch- und semireflektierenden Metallen bis zu dreidimensionalen oder bunt schillernden Farbbeschichtungen. Die Farbe der Rückseite ist dabei frei wählbar. Als Formen kommen Quadrat, Rechteck oder Kreis mit einer Größe zwischen zwei und zwanzig Millimetern in Frage. Bis zu fünf verschiedene Typen in frei zu bestimmendem Abstand lassen sich im Verbund- oder Verbundsicherheitsgläser einbringen. Gleichmäßige Reihungen und Rasterstrukturen sind ebenso möglich wie Teilflächen, Verläufe und Schriftzüge.

### A Dazzling Outlook

*Metallically reflective miniature forms in glass reflect the light. The various elements can be designed very individually. When it comes to the choice of surface, the possibilities range from highly and semi-reflective metals to colourful, shimmering colour coatings or a three-dimensional effect. Possible shapes are square, rectangle or circle with a size between two and twenty millimetres. Up to five different types can be fixed at a freely definable distance inside laminated or laminated safety glass as a two-sided insert. Uniform rows and grid structures are just as feasible as partial surfaces, gradients and lettering.*

SUNOVATION PRODUKTION GMBH  
 EISENFELD, GERMANY  
 SUNOVATION.DE

## DIE NEUE GENERATION VON SUNOVATION eFORM

### THE LATEST GENERATION OF SUNOVATION eFORM



SUNOVATION ist Spezialist für BIPV-Module (Building Integrated PhotoVoltaics) zur Verwendung in der Architektur. Fassaden und Dachelemente werden auf Basis eines einzigartigen Silikon-Füllverfahrens (SCET) entwickelt und hergestellt. Herausragende Ästhetik und ein überdurchschnittlicher Solarertrag zeichnen die Glas-Glas-Module SUNOVATION eFORM aus. Architekten und Bauherren können mit diesem Produkt sehr individuell planen und werden nicht durch standardisierte Produkteigenschaften limitiert.

Im Rahmen der Sonderausstellung glass technology live 2018 in Düsseldorf zeigt SUNOVATION Muster seiner farbigen Glas-Glas-Module zur Gebäudeintegration in ver-

schiedenen Farbtönen auf einer Skala von weiß zu schwarz. Der neuesten Generation von SUNOVATION eFORM sieht man ihre stromerzeugenden Eigenschaften nicht mehr an. Sichtbar ist nur eine farbige Verglasung. Ebenfalls ausgestellt werden BIPV-Module in Betonoptik, in Graphitoptik sowie in Cortenstahl-Optik.

*SUNOVATION is a specialist for BIPV-modules (Building Integrated PhotoVoltaics) for the application in architecture. Facades and roof elements are developed and manufactured based on a unique silicone filling process (SCET). Solar-glass elements SUNOVATION eFORM are characterized by*

*excellent aesthetics and in particular an outstanding solar output. Architects and clients have the possibility of planning very individually without being limited by standardized products.*

*At the glass technology live 2018 in Düsseldorf, SUNOVATION exposes colored modules for building integration in different colors on a scale from white to black. The latest generation of SUNOVATION eFORM impresses by completely hiding its photovoltaic cells inside. The modules look like a colored glazing – the function of generating energy is invisible. Furthermore there will be BIPV-modules exhibited that look like beton, graphite and corten steel.*

## SWISSPACER AIR RELOADED

### SWISSPACER AIR RELOADED

SWISSPACER – VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL  
KREUZLINGEN, SWITZERLAND  
SWISSPACER.COM



#### **Bauteil für Druckausgleich in Isoliergläsern steht in geprüfter Qualität zur glasstec bereit**

Der SWISSPACER Air sorgt in Mehrscheiben-Isolierglas für Druckausgleich und wirkt Klimabelastungen entgegen. Nun steht er nach Langzeittests zur glasstec 2018 in Schweizer Qualität zur Verfügung. Der SWISSPACER Air liefert die Antwort auf ein grundlegendes Problem der Branche. Die Luft im Scheibenzwischenraum tendiert dazu, sich kontinuierlich dem umgebenden Luftdruck anzupassen. Sie wird aber daran gehindert, denn das System ist geschlossen. Werden nun Gläser in einer anderen Höhe verbaut als produziert, findet kein Druckausgleich statt und es kann zu deutlichen Verformungen kommen – bis hin zu Glasbruch. Die Gefahr

solcher Beschädigungen lässt sich minimieren, wenn zwischen dem Außenklima und dem Scheibenzwischenraum ein kontinuierlicher Druckausgleich stattfindet. Diesen Ausgleich ermöglicht SWISSPACER Air. Der SWISSPACER Air wird auf der diesjährigen glasstec vorgestellt und ist im Anschluss auf dem Markt verfügbar. Besuchen Sie den SWISSPACER Messestand in Halle 11/F42.

#### **Component for pressure equalization in insulating glass available in proven quality for glasstec**

The SWISSPACER Air ensures pressure equalisation in multi-pane insulating glass and counteracts climatic loads. Now, after long-term tests, it is available in Swiss qual-

ity for glasstec 2018. SWISSPACER Air provides the answer to a fundamental problem in the industry. The air in the space between the panes tends to continuously adapt to the surrounding air pressure. But it is prevented because the system is closed. If glasses are installed at a different height than produced, no pressure compensation takes place and it can lead to significant deformations – up to glass breakage. The risk of such damage can be minimised if a continuous pressure equalisation takes place between the outside climate and the space between the panes. SWISSPACER Air makes this equalisation possible. The SWISSPACER Air will be presented at this year's glasstec and subsequently available on the market. Visit the SWISSPACER booth in Hall 11 / F42.

LUOYANG NORTH GLASS TECHNOLOGY (GROUP)  
CO., LTD | TIANJIN, P.R. CHINA  
NORTHGLASS.COM

## GRÖSSTE GEBOGENE GLASSCHEIBE LARGEST PIECE OF CURVED GLASS



Mit einer Bogenlänge von 8 Metern präsentiert Tianjin NorthGlass die weltweit größte vorgespannte Glasscheibe.

Bisherige Technologien beschränkten die Größe von vorgespannten gebogenen Gläsern auf eine Bogenlänge von ca. 4 Metern. Mit mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Vorspannöfen für flaches und gebogenes Glas war es NorthGlass möglich den neuen Vorspannöfen für diese beeindruckenden Glasdimensionen herzustellen. Die innovative Technologie ermöglicht es das Glas auf kontinuierlichen Transportrollen vorzuspannen und zu biegen. Die dadurch resultierende optische Qualität setzt neue Maßstäbe.

Architekten und Ingenieure haben nun die Freiheit, Glasstrukturen in neuen Di-

mensionen zu entwickeln. Mit mehr als 20 Vorspannöfen in der Produktion ist Tianjin NorthGlass eine der vielseitigsten Glasveredlern weltweit. Das Angebot deckt flache, zweidimensionale und auch dreidimensionale Glasscheiben mit einer Abmessung von bis zu 3,60 x 18,00 Meter oder 4,00 x 8,00 Meter ab. Die Glasexperten von NorthGlass sind die besten Ansprechpartner für herausragende Glasqualität in besonderen Größen.

*With an arch length of 8 meters Tianjin NorthGlass will present the world's largest piece of tempered, curved glass.*

*Previous technologies limited curved tempered glass to an arch length of approximately 4 meters. More than 25 years of experience in developing and producing*

*tempering lines for flat and curved glass allowed NorthGlass to develop the new furnace technology to produce glass with these impressive dimensions. The innovative technology allows Northglass to heat treat and curve the glass on continuous transport and support rolls which is setting new standards in the optical quality of curved glass.*

*Architects and engineers now have the freedom to develop glass structures in new dimensions. With more than 20 toughening lines Tianjin Northglass is the world's most versatile glass supplier providing flat, 2D and 3D shaped glass with maximum dimensions of 3.60 x 18.00 meters or 4.00 x 8.00 meters. The glass experts at NorthGlass are truly the best contact for outstanding glass quality and dimensions.*

---

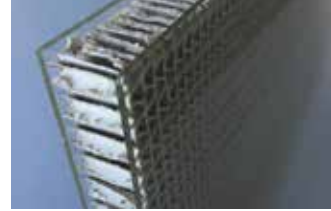
**sINeFINITY**

sINeFINITY

---

 TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT  
 INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS AND DESIGN  
 DARMSTADT, GERMANY | ISMD.TU-DARMSTADT.DE
 

---



Der sINeFINITY-Pavillon der TU Darmstadt verdeutlicht wie vielfältig Glas zum Einsatz kommen kann. Der Entwurf ist optisch an das mathematische Zeichen der Unendlichkeit angelehnt. Der Pavillon besteht aus zwei Trägern, die im Grundriss parallel auf Kreisen, mit Radien von 4,0 m und 2,80 m verlaufen. In der Ansicht verlaufen die Träger jeweils auf einer Sinuskurve, wodurch 3 bogenartige Zugänge mit einer Höhe von 2,50 m entstehen.

Realisiert wird der Pavillon durch einen neuartigen Materialmix. Die in zwei Richtungen gekrümmte Tragstruktur wird als Glas-Pappe-Verbundträger ausgeführt.

Hierfür wird 4 cm dicke Wabenpappe mit zwei Deckschichten aus 2 mm TVG verklebt und anschließend kalt in Form gebogen. Durch die Öffnungen der Wabenpappe entsteht ein ansprechender optischer Effekt, der ein hindurchsehen nur aus bestimmten Positionen zulässt.

*The sINeFINITY-Pavilion constructed by the Technical University of Darmstadt shows one of the diverse possibilities of using glass as a structural construction element. The exterior design of the pavilion is based on the mathematical sign of infinity. The pavilion is built up on two straps, bended in two*

*ways. From the top view the straps follow the shape of two parallel circles (radius 4,0m and 2,80m). Seen from the front of the construction, both straps follow the same parametric sine curve. The generated sine curved annulus allows access to the interior part of the pavilion.*

*To realize the load bearing structure a new mix of materials is used. The construction combines the advantages of glass with those of paper. The two way bended straps are realized as a sandwich of glass (2mm semi-tempered-glass) and honeycomb paper (4cm). The holes of the honeycomb-structure create an interesting optical effect; it is only possible to look trough from specific angles.*



BAMP! Bauen mit Papier! Als Konstruktionswerkstoff im Bauwesen noch nahezu unberücksichtigt, ergeben sich durch geschickte Kombination von Papier und Dünnglas optisch ansprechende Strukturen. Für architektonische Anwendungen im Messebau können Trägerstrukturen aus Hohlprofilen und leichten Eindeckungen, einfach, kostengünstig und schnell errichtet werden. Die Idee des Messe-Pavillon „Branching Out“ liegt in der Nachbildung von naturechten Aststrukturen samt Blättern. Besonders stechen die gekrümmten Blattmodule ins Auge. Sie bestehen aus einem VSG-Laminat aus 1mm dicken chemisch vorgespannten Dünnglas-Scheiben. Das Glas wird vorgekrümmt und mittels PVB-Zwischenschicht laminiert. Um neben der Geometrie die op-

tische Wahrnehmung des Blattes zu unterstützen, wird die Zwischenschicht grün eingefärbt.

Besonderer Dank gilt an dieser Stelle der Firma AGC Interpane, die uns bei der Umsetzung tatkräftig unterstützt hat. Insbesondere danken wir Michael Elstner, der einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung des Projektes geleistet hat. Weiterer Dank gilt den Firmen Sollingglas GmbH und Yachtglass GmbH & Co. KG.

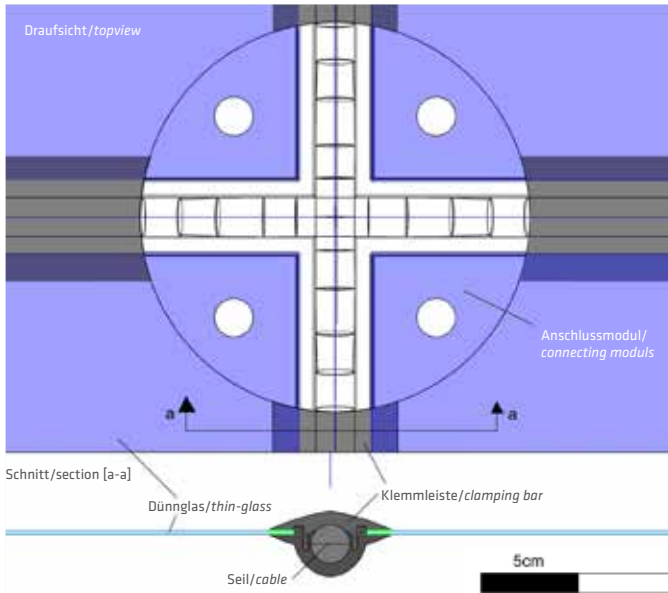
*BAMP! Building with paper! Paper is a mostly unexplored construction material that can be cleverly conjoined with thin glass to create very visually appealing structures. For architectural applications in exhibition*

*stand construction, support structures made of hollow paper profiles and roofing, realized from lightweight thin-glass laminated glass, can be erected simply, cost-effectively and quickly.*

*The idea behind the „Branching Out“ pavilion is to recreate natural branch structures including leaves. The curved leaf modules are particularly striking. They consist of a laminated safety glass laminate made of chemically toughened thin glass panes 1 mm thick. The glass is pre-curved and laminated with an intermediate PVB layer. In order to emphasise the optical perception of the sheet in addition to the geometry, the intermediate layer is coloured green.*

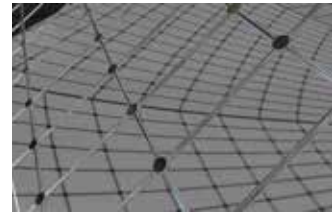
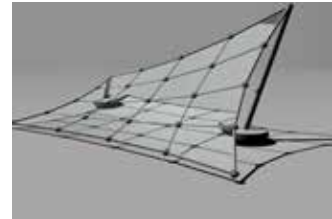
## SEILKONSTRUKTION MIT DÜNNGLAS

### ROPE NET CONSTRUCTION WITH THIN GLASS



Anschlussdetail Seilknoten/Seil mit Dünnglas  
Connecting detail of cablecrossing/cables with thin glass

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT  
INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS AND DESIGN  
DARMSTADT, GERMANY | ISMD.TU-DARMSTADT.DE



Diese Seilnetzkonstruktion ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung an der TU Darmstadt zur Verwendung von Dünnglas in Seilnetzen. Glas wird schon heute oft als Eindeckung auf großflächigen Seilnetzen genutzt. Hier soll jedoch das Glas nicht als einfach Eindeckung wie bei herkömmlichen Glaskonstruktionen, sondern vielmehr als Teil des Tragwerks verwendet werden. Ziel der Forschung ist es, das Dünnglas als lastabtragendes Element zu nutzen, dass sich der Form des Tragwerks aufgrund seiner hohen Flexibilität anpassen kann. Bislang wird normales Glas, aufgrund seiner hohen Steifigkeit, nur in sehr dicken unflexiblen Strukturen eingesetzt. Dem Dünnglas soll

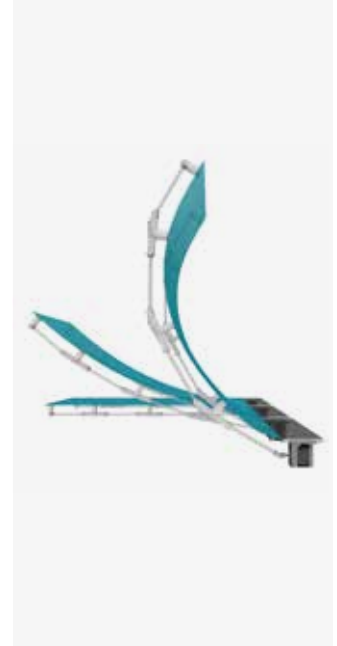
hier eine ganz neue Bedeutung zukommen. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf den Anschlüssen des Glases an die Seile. Die Gläser sollen kontinuierlich an die Seile angeschlossen werden, um so einerseits ein wetterfestes und regenundurchlässiges Dachtragwerk zu ermöglichen, und andererseits das Glas an dem Lastabtrag zu beteiligen.

*This rope net construction is part of a scientific study at TU Darmstadt on the use of thin glass in rope nets. Glass is already in use as a covering on large-scale cable networks. Here, however, the glass should not be used as simply covering as in conventional glass structures, but rather as part of the struc-*

*ture. The aim of the research is to use the thin glass as a load-bearing element that can adapt to the shape of the structure due to its high flexibility. Up to now, due to its high rigidity, normal glass is only used in rigid thicknesses of inflexible structures. In this specific case the thin glass as part of the structure has to be understood in an innovative way. A special focus is on the connections of the glass to the ropes. The glasses are to be connected continuously to the ropes in order to enable a weatherproof and rain-impermeable roof structure as well as involving the glass in the load transfer.*

## ROLLING WINDOW

### ROLLING WINDOW



Das „Rolling Window“ ist ein rahmenloses Fensterelement, das mit auf der Innenseite angebrachter Mechanik nach außen gekrümmt werden kann. Dadurch lassen sich flache und filigrane Fassaden schaffen, die einen hohen Lichteinfall ermöglichen. Der Material- und Montageaufwand wird durch die einseitige Lagerung stark reduziert, und der Austausch ist mit wenigen Handgriffen möglich.

Die Mechanik basiert auf einer durch Motoren angetriebenen gelenkigen Welle, die eine Druckkraft auf der Innenseite der Scheibe erzeugt. Diese Druckkraft wird in ein Biegemoment übertragen, das der gesamten Scheibe einen konstanten Krümmungsradius gibt. Aufgebracht wird die Mechanik durch Verklebung mittels hoch-

leistungsfähiger Silikone. Das Fensterelement ist hauptsächlich für vorgesetzte Fassadenelemente vorgesehen. Die Scheiben können neben der üblichen Funktion als Fenster durch Beschichtung auch als variabler Sonnen- oder Sichtschutz und als Träger für Photovoltaik oder Solarthermie dienen (evtl. auch teiltransparent). Beschichtungen, deren Transparenz sich mit dem Krümmungsradius ändert, sind denkbar.

*The “rolling window” is a frameless window element with a mechanical system that curves the glass outwards. The system is attached to the inside, creating a flat and elegant façade that enables a high light permeability. Due to the single-edge bearing, the expense for material and installation*

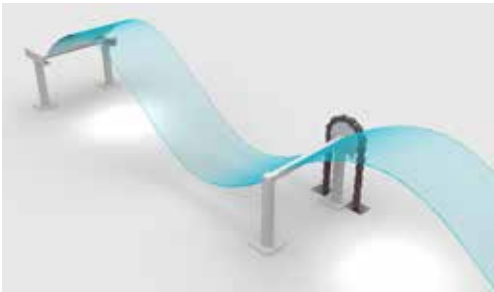
*is highly reduced, and the element can be quickly replaced.*

*The mechanics are based on a flexible, motor-driven shaft that expands, creating an axial force along the glass surface. This force is then transferred into a bending moment leading to a constant curvature. The mechanics are attached using high-strength silicone. The window element is mainly intended for applications in secondary layer façade systems. Besides the use as regular windows, they can be coated to act as a shading, as a visual shield, or as a carrier for photovoltaics or solar thermal energy systems (which might also be semi-transparent). Coatings that change their transparency with different bending radii might also be possible.*

## STEHENDE WELLE

### STANDING WAVE

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT  
INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS AND DESIGN  
DARMSTADT, GERMANY | ISMD.TU-DARMSTADT.DE



Bei der stehenden Welle handelt es sich um eine zwei Meter lange, ca. 32cm breite Dünnglasscheibe der Dicke 0,4mm die in ihren Eigenfrequenzen zum Schwingen angeregt wird. Hierbei entsteht eine stehende Welle im Glas, das heißt die Wendepunkte der Welle verschieben sich nicht und sind unabhängig von der Amplitude. Die sich ergebende Form kann zwischen der zweiten, der vierten und der sechsten Eigenform gewechselt werden, wobei die Frequenzen im Bereich von ca. 1 Hz bis ca. 9 Hz liegen. Angetrieben wird die Welle von einem in der Mitte fixierten Motor, der eine Rotation im Symmetriepunkt einbringt. Über eine Steuerung können in Echtzeit Frequenz und Amplitude verändert werden. Die Enden der Welle sind

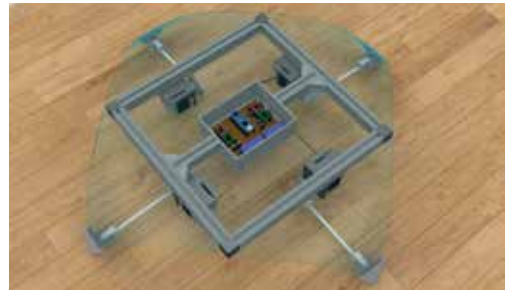
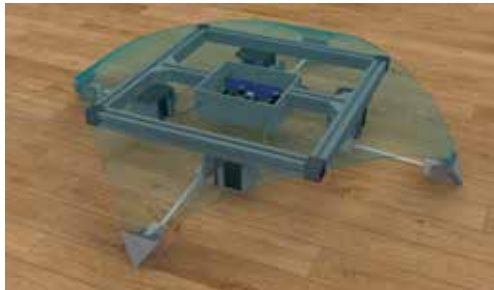
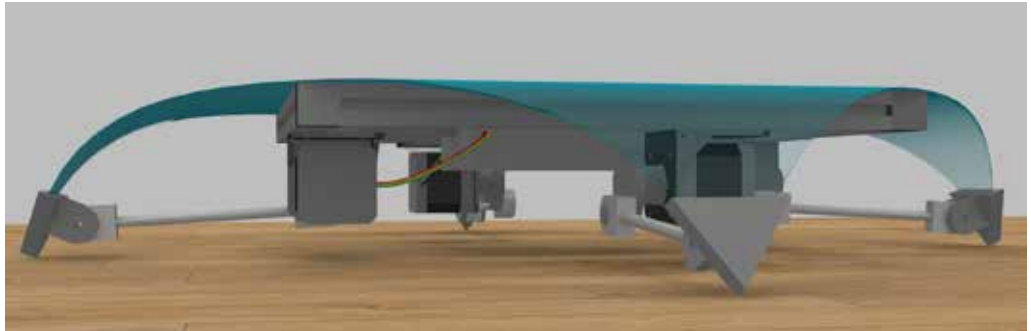
verschieblich gelagert um Längenänderungen auszugleichen. Dieses Ausstellungsstück soll die Fähigkeit von Dünnglas verdeutlichen, dynamisch auf Verformungen und Belastungen zu reagieren. Im Bauwesen ist dies insbesondere in Anwendungen bei denen die Bauteile schnellen Lastwechseln (z.B. Wind) ausgesetzt sind von Vorteil.

*The "Standing Wave" is a 0.4mm thick, two meter long and 32cm wide thin glass plate that is being excited to vibrate at its eigenfrequencies. This creates a standing wave pattern, meaning that the inflection points of the wave will not move, and that they will be independent of the amplitude. The resulting shape can be varied between the*

*second, the fourth and the sixth eigenmode, which results in frequencies between about 1 Hz and about 9 Hz. The Wave is actuated by a motor attached to the centre of the plate, inducing rotation around the symmetry point. Via manual controls, it is possible to instantaneously change the frequency and the amplitude. The end points of the wave have a sliding support to accommodate for changes in length. The exhibition object is supposed to demonstrate the capability of thin glass to dynamically react to deformations and loads. In construction, this is especially interesting in applications with quickly changing loads, e.g. wind.*

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT  
INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS AND DESIGN  
DARMSTADT, GERMANY | ISMD.TU-DARMSTADT.DE

## DÜNNGLASROBOTER THIN GLASS ROBOT



Das Projekt umfasst einen ca. 45cm x 45cm großen Roboter mit Gelenken aus Dünnglas, der ferngesteuert laufen kann. Der Roboter hat vier Beine, die die Ecken einer 0,27mm dicken chemisch vorgespannten Dünnglasscheibe darstellen, und die durch Motoren bewegt werden. Die Elektronik, Motoren und Akkus sind sichtbar unter der Dünnglasscheibe angebracht, die Rahmenstruktur wird gewichts- und kräfteoptimiert aus Kunststoff dreidimensional gedruckt.

Der Roboter zeigt, dass Dünnglas ein idealer Werkstoff ist wenn ein ausgewogenes Gleichgewicht aus Flexibilität, Tragfähigkeit und Widerstand gegen Ermüden gefordert wird. Dies lässt sich auf viele Anwendungen im Bauwesen übertragen, so zum Beispiel

auf fast alle beweglichen Teile eines Bauwerks (Türen, Fenster, Schalter etc.).

Weiterhin demonstrieren die verbauten Techniken die Verbindung moderner Materialien und Prozesse zu leichten, form- und funktionsoptimierten Bauteilen mit geringem Materialeinsatz die eine ökologischer und ökonomischer Bauweise in Aussicht stellen.

*This project comprises a remote-controlled robot of about 45cm by 45cm that is equipped with joints made from 0.27mm chemically prestressed thin glass. The robot has four legs, which are formed from the four corners of a thin glass plate, and which are being actuated by a set of small motors. Electronics,*

*motors and batteries are attached to the bottom side of the glass plate, visible from the top. The weight- and shape-optimised frame structure is 3D-printed in plastics.*

*The robot demonstrates the ability of thin glass to combine flexibility, load-bearing capability and fatigue resistance. This can be transferred to many applications in construction, such as most moving parts of a building (doors, windows, switches etc.)*

*Furthermore, the techniques used in this project are a good way to demonstrate the sustainable combination of modern materials and manufacturing techniques to create building elements with reduced material use due to shape optimisation and with high levels of functionality.*

## RE<sup>3</sup> GLAS

### RE<sup>3</sup> GLASS

#### (1) Bone Capsule

Ineinandergreifendes System von recycelten Glas aus zwei Komponenten

Transparente Kapseln: wenig eisenhaltiges Glas

Milchiger Stab: geblasenes Glaskunstware, welches langsam abgekühlt wird, um eine kristalline Struktur zu erhalten

Grauer Stab: Kathodenstrahlröhren-Bildschirm (CRT) von ausrangierten Fernsehern

*Two component interlocking system out of recycled glass*

*Transparent capsules: low-iron window glass*

*Opaque bone: blown glass artware, cooled down slowly to achieve crystalline structure*

*Grey bones: Cathode Ray Tube (CRT) screen from discarded television*

#### (2) Puzzle

Puzzleinspiriertes Glas ineinandergreifende Struktur aus recycelten Glas

Transparente Komponenten: ausgemustertes Kristall

Türkise Komponenten: Altglas aus der Floatglas-

Ofenreinigung

Dunkelgraue Komponenten: CRT-Bildschirm von

ausrangiertem Fernsehen

*Puzzle-inspired interlocking structure out of recycled glass*

*Transparent components: discarded crystalware*

*Turquoise component: Waste glass retrieved from float*

*glass furnace clean-up*

*Dark grey component: CRT screen from discarded television*

#### (3) Glass Marble

Aufbereitete geblasene Glaskunstware, langsam

abgekühlt zu Glaskeramik

*Recycled blown glass artware, slowly cooled down to*

*form glass ceramics*

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (TU DELFT) | GLASS & TRANSPARENCY RESEARCH GROUP  
DELFT, THE NETHERLANDS  
GLASS.BK.TUDELFT.NL



## Re<sup>3</sup> Glas

REcyclable, REducible & REusable

Gussglasbauteile

Das Projekt „Re<sup>3</sup> Glass“ stellt ein neuartiges, reversibles Bausystem aus trocken montierten, ineinandergreifenden Gussteilen aus Altglas vor. Trotz der weit verbreiteten Vorstellung, dass Glas zu 100 % recycelbar ist, wird der Großteil der alltäglichen Altglasgegenstände weder wiederverwendet noch recycelt, da die Rezepturen nicht übereinstimmen oder verunreinigt sind. Deshalb untersucht das RE<sup>3</sup> Glas Projekt die Umleitung von ausrangiertem Glas von der Deponie in den Gebäudebereich. Hohlräume und Kerben werden in die Konstruktion eingebracht, um leichte und dennoch stabile Bauteile zu erhalten. Die ineinandergrei-

fenden Formen ermöglichen eine einfache Montage und Demontage und begünstigt die Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit der Komponenten. Experimente mit verschiedenen Geometrien, Gläsern und Kühltechniken haben zu einer breiten Palette von klaren, farbigen, transluzenten und opaken, marmorierten Glaselementen geführt, aus denen sich runde, starke und ästhetisch ansprechende Gussglasstrukturen bilden lassen.

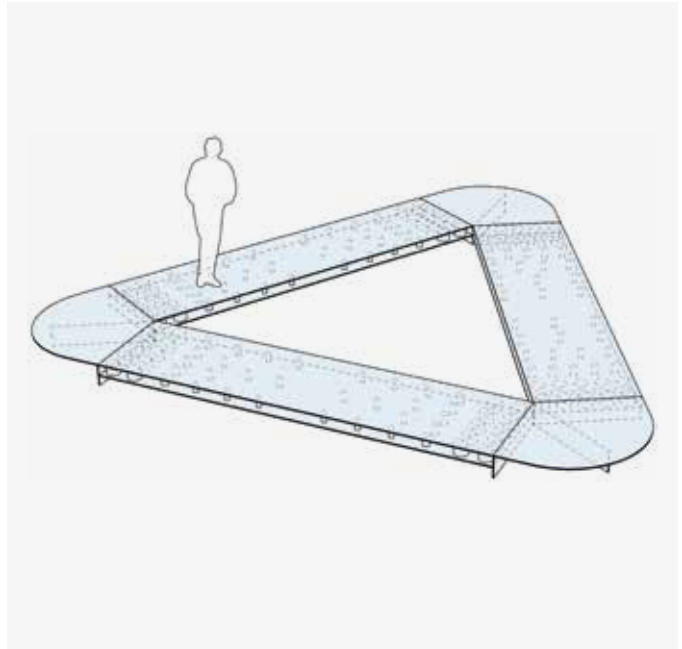
### Re<sup>3</sup> Glass

REcyclable, REducible & REusable

structural cast glass components

The “Re<sup>3</sup> Glass” project introduces a novel, reversible building system comprising dry-assembled, interlocking cast components

out of waste glass. Despite the common notion that glass is 100% recyclable, the majority of everyday discarded glass objects are neither reused nor recycled due to recipe mismatching or contamination. Therefore, RE<sup>3</sup> glass explores the redirection of discarded glasses from the landfill to the building sector. Cavities and notches are introduced to the design, to achieve lightweight yet strong components. Interlocking shapes allow for easy assembly and disassembly, and favour reuse and recyclability. Experiments with different geometries, glasses and cooling techniques, have resulted in a wide range of clear, coloured, translucent and opaque, marbled glass elements that can be used to form circular, strong and aesthetically intriguing cast glass structures.



An der TU Delft wird das Potenzial von Ganzglas-Sandwichstrukturen erforscht. Solche Bauteile sind eine vielversprechende Lösung, um volltransparente Flächenelemente mit hoher Steifigkeit und geringem Gewicht zu erzeugen.

Die Forschung hat sich auf die Herstellung und experimentelle Validierung eines Glasbodens aus Sandwich-Glasplatten konzentriert. Bei einer Boden Anwendung ist ein hohes Steifigkeits-/Gewichtsverhältnis unerlässlich, da die Eigenlast senkrecht zum Element wirkt und zur allgemeinen Belastung der Konstruktion beiträgt.

Für glass technology live 2018 wurde ein dreieckiger Glasboden aus drei 6m x 1,5m großen Glas-Sandwichplatten entwickelt. Jede Sandwichplatte besteht aus 10.10.2

TVG Glasober- und -unterplatten und Glas-hohlrohren für die Kernelemente, die mit einem hochsteifen UV-härtenden Acrylat mit den Platten verbunden sind. Ein parametrisches numerisches Modell wurde entwickelt, um die Anzahl, Größe und den Abstand der Rohre basierend auf der Spannungsverteilung und den zulässigen Verformungen anzuzeigen. Das Projekt wird von ARUP und SCHOTT unterstützt.

*Research at TU Delft explores the potential of full-glass sandwich structures. Such components are a promising solution for creating fully transparent planar elements of high stiffness and decreased weight.*

*Research has been focused on the creation*

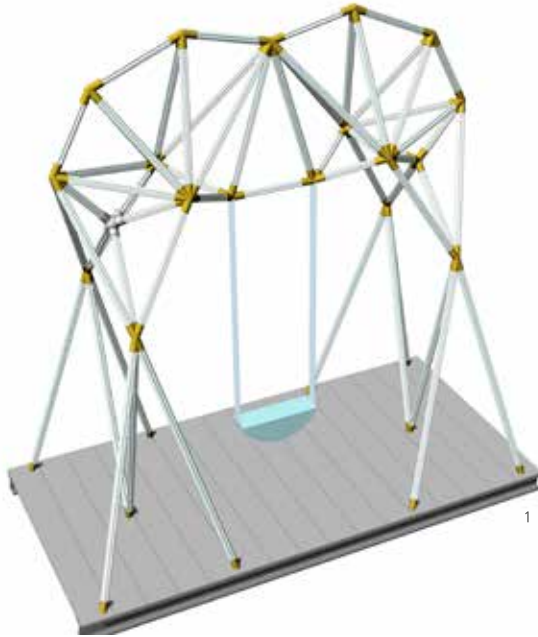
*and experimental validation of a glass floor out of sandwich glass panels. In a floor application a high stiffness to weight ratio is essential, as the dead load acts perpendicular to the element and adds to the general load applied to the structure.*

*For glass technology live 2018, a triangular glass floor comprising three 6m x 1.5m glass sandwich panels has been developed. Each sandwich panel is made of 10.10.2 HS-glass top and bottom plates, and glass hollow tubes for the core elements bonded with a high-stiffness UV-curing acrylate to the plates. A parametric numerical model has been developed to indicate the number, size and spacing of the tubes based on the stress distribution and allowable deformations. The project is supported by ARUP and SCHOTT.*

## DIE GLASSCHAUKEL

### THE GLASS SWING

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (TU DELFT) | GLASS & TRANSPARENCY RESEARCH GROUP  
 DELFT, THE NETHERLANDS  
 GLASS.BK.TUDELFT.NL



(1) Glass Swing build out of glass struts  
 (2) Glass struts applied in pedestrian bridge at TU Delft campus.

Der Glass Swing lässt die Besucher der glass technology live auf direktem Weg das strukturelle Potenzial von Glas erleben.

Diese Schaukel zeigt die neuesten Entwicklungen in der Bautechnik: Die Struktur für die Glasschaukel wird mit Hilfe der bidirektionalen evolutionären Strukturoptimierung (BESO) entwickelt. Die Querschnitte der Streben werden dann auf Knicklänge optimiert.

Die Streben bestehen aus vorgespannten Bündeln, die von der Glass & Transparency Research Group der TU Delft entwickelt wurden. Die Bündel bestehen aus Glasstäben, die von SCHOTT gesponsert werden. Die Festigkeit der Glasbündelstreben wurde im Labor der TU Delft experimentell getestet. Die Streben wurden bereits in einer Fußgänger-

gebrücke in Delft als Traversenelemente eingesetzt. Die Knoten werden in 3D gedruckt und von Ramlab gesponsert. Die Festigkeit und Steifigkeit der Knoten werden im Labor experimentell ermittelt. Vor der Glass Technology Live wurde die gesamte Konstruktion im Stevin-Labor der TU Delft gebaut und getestet, um die Sicherheit der Konstruktion zu gewährleisten. Das Projekt wird von SCHOTT und Ramlab unterstützt.

*The Glass Swing lets visitors of the glass technology live experience in a direct way the structural potential of glass.*

*This swing exhibits the latest developments in structural engineering: The structure for the glass swing is developed using Bidirectional Evolutionary Structural Optimisation*

*(BESO). The cross sections of the struts are then optimised for buckling length. The struts consist of prestressed bundles developed by the Glass & Transparency Research Group at TU Delft. The bundles are made of glass rods, which are sponsored by SCHOTT. The strength of the glass bundle struts has been experimentally tested in the lab at the TU Delft. The struts have already been applied as truss elements in a pedestrian bridge in Delft. The nodes are 3D printed and sponsored by Ramlab. The strength and stiffness of the nodes are experimentally determined in the lab. Before the Glass Technology Live, the entire structure has been built and tested in the Stevin Laboratory at TU Delft, to ensure its structural safety. The project is supported by SCHOTT and Ramlab.*



(1 + 2) Render und Modell der adaptiven Dünnglassassade von Ribeiro Silveira, Klein und Louter.  
*Render and mockup of Adaptive Thin Glass Façade by Ribeiro Silveira, Klein and Louter.*  
 (3) Biegetest von dünnem Glasverbund mit 3D-gedruckten Kernmustern von Neeskens, Turrin und Louter.  
*Bending test of thin glass composite with 3D printed spacer pattern by Neeskens, Turrin and Louter.*  
 (4) Muster eines dünnen Glasverbunds mit 3D-gedruckten Kernmustern von Neeskens, Turrin und Louter.  
*Sample of a thin glass composite with 3D printed spacer pattern by Neeskens, Turrin and Louter.*



### Neuartige Dünnglasanwendungen in Gebäuden

An der TU Delft werden neuartige Anwendungen von Dünnglas entwickelt.

#### Adaptive Dünnglassfassaden

Dünnes, hochfestes, chemisch verstärktes Aluminosilikatglas lässt sich leicht und wiederholbar biegen. Diese Eigenschaft wird bei der Entwicklung neuartiger adaptiver Dünnglassfassaden genutzt, die ihre Form in Abhängigkeit von äußeren Parametern verändern können.

#### Dünnglas-Verbundplatten mit 3D-gedruckter Kern

Um leichte und dennoch steife Glasscheiben

zu erhalten, wird Dünnglas mit 3D-gedruckten Kernmustern kombiniert. Diese neuartigen Fassadenverbundplatten sind für die statische, thermische und tageslichttechnische Performance optimiert.

Die Forschung wird von Dr. Christian Louter geleitet und das Dünnglas wird von AGC zur Verfügung gestellt.

#### Novel Thin Glass Applications in Buildings

At TU Delft, novel applications of thin glass are developed.

#### Adaptive Thin Glass Facades

Thin, high strength, chemically strengthened

alumino-silicate glass can be bent easily and repetitively. This characteristic is exploited in the development of novel adaptive thin glass façades that can change their shape in response to external parameters.

#### Thin Glass Composite Panels with 3D-printed Core

To provide lightweight yet stiff glass panels, thin glass is combined with 3D-printed core patterns. These novel composite façade panels are optimized for structural, thermal and daylighting performance.

The research is led by Dr. Christian Louter and the thin glass is provided by AGC.

## ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDEHÜLLE

### ENERGY-EFFICIENT BUILDING ENVELOPE

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND  
DORTMUND, GERMANY  
BAUWESEN.TU-DORTMUND.DE



Reaktivierung einer bestehenden Gebäudehülle am Beispiel eines Hochhauses in Dortmund.

Zur Erhaltung von bestehenden Gebäuden können unterschiedliche Herangehensweisen eingesetzt werden. Je nachdem welche funktionalen Anforderungen für den Bestandsbau ausschlaggebend sind, sollten die veranschlagten Maßnahmen auf eine optimierte Weiternutzung ausgelegt und mit entsprechend möglichst geringen (energetischem) Aufwand umgesetzt werden. Je nachdem ob eine Umnutzung, Ergänzung oder Erweiterung des Hauses in Frage kommen, müssen architektonische, technische, konstruktive und funktionale Mittel gleichermaßen geprüft, abgewogen und in Einklang gebracht werden.

In dem hier präsentierten Seminar wurde die Gebäudehülle eines Bestandshochhauses erneuert und reaktiviert. Notwendige Methoden umfassten technische, konstruktive, gestalterische sowie funktionale Parameter unter Berücksichtigung von energetischen Eigenschaften, die in den Entwürfen so umgesetzt wurden, dass sie zu einem stimmigen Gesamtbild des Gebäudes in seiner Umgebung beitragen. Im Seminar wurden spezifische Themenbereiche, die sich mit der Gebäudehülle beschäftigen, untersucht und als Grundlage für die Weiterentwicklung des Entwurfs eingesetzt. Neben der Unterscheidung von passiven und aktiven Fassadentechnologien bestimmen Architektur, Konstruktion und Materialität die Entwicklung des Entwurfs.

Inwiefern spielen sonenschutztechnische Anforderungen eine Rolle, wie können energiegewinnende Technologien zur Fassadengestaltung beitragen und wie wirkt sich die Konstruktion auf Fertigung und Montage aus? Die zur Option stehenden Maßnahmen umfassten dabei eine Instandsetzung der Gebäudehülle, die sowohl architektonische, konstruktive, technische, ökonomische als auch materialtechnische und energetische Faktoren berücksichtigt und diese in einem ganzheitlichen Entwurfskonzept weiterentwickelt.

Die Erneuerung und Reaktivierung der Fassade, die dem Haus ein neues Erscheinungsbild gibt, soll somit durch innovative konzeptionelle Lösungsansätze zur Aufwertung des Areals beitragen.

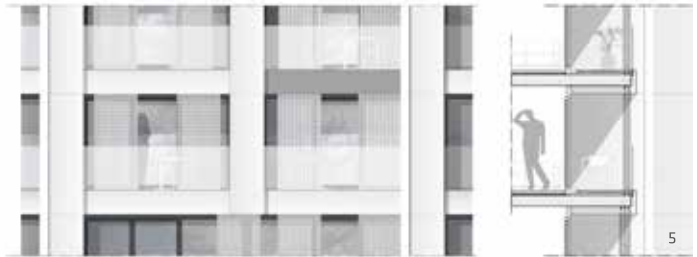
(1) Lena Stelzner / Entwurf Südfassade eines Hochhauses im Norden von Dortmund  
*Lena Stelzner / Design south facade of a high-rise building in the north of Dortmund*

(2) Lisa Buhl / Entwurf Südfassade eines Hochhauses im Norden von Dortmund  
*Lisa Buhl / Design south facade of a high-rise building in the north of Dortmund*

(3) Seminar „Energieeffiziente Gebäudehüllen“ an der TU Dortmund  
*Seminar "energy-efficient building envelope" at the TU Dortmund*

(4) Lena Stelzner / Entwurf Südfassade Detailsansicht eines Hochhauses im Norden von Dortmund  
*Lena Stelzner / Design south facade detailed view of a high-rise building in the north of Dortmund*

(5) Lisa Buhl / Entwurf Fassadenschnitt und Detailsansicht eines Hochhauses im Norden von Dortmund  
*Lisa Buhl / Design Facade cross-section and detailed view of a high-rise building in the north of Dortmund*



Metawell | metal sandwich technology Aluminum-Sandwich-Fassadenplatte



Schiebeladen | Streckmetall | 1ER MODUL



Schiebeladen | Streckmetall | 2ER MODUL HORIZONTAL



Schiebeladen | Streckmetall | 2ER MODUL VERTIKAL

*Re-Activation of the existing Building Envelope exemplified on a Residential High-Rise in Dortmund.*

*To maintain existing building stock, different approaches have been researched and applied to pursue the optimization of existing buildings. Depending on its functional use, the efficiency of a construction should function on a minimum energy use, be that operational or primary resources. Depending on the particular task, e.b. whether an addition, conversion or extension of a structure become relevant, architectural, technical, constructive and functional means must be equally proofed, weighed and coordinated with the context.*

*Focus of the seminar 'Energy-Efficient Building Envelopes' has been the reactivation*

*of a high-rise façade built in Dortmund in the 1960's. Against the background of an energetic optimization, methods considered technical, architectural, functional, constructive and design parameters that ought to be implemented achieving a coherent architectural approach and simultaneously, correspond with the existing environment. The seminar discussed and analyzed specifics topics on building envelopes that were used as a base for the further design development in the second part of the class. Differentiating between active and passive façade technologies, students learned how to apply technological, architectural and constructive properties and combine them in a holistic design approach. The research considered the relevance of solar protection*

*requirements as well as the application of energy-yielding technologies within the envelope layer, taking into account how individual design strategies affect manufacturing and assembly.*

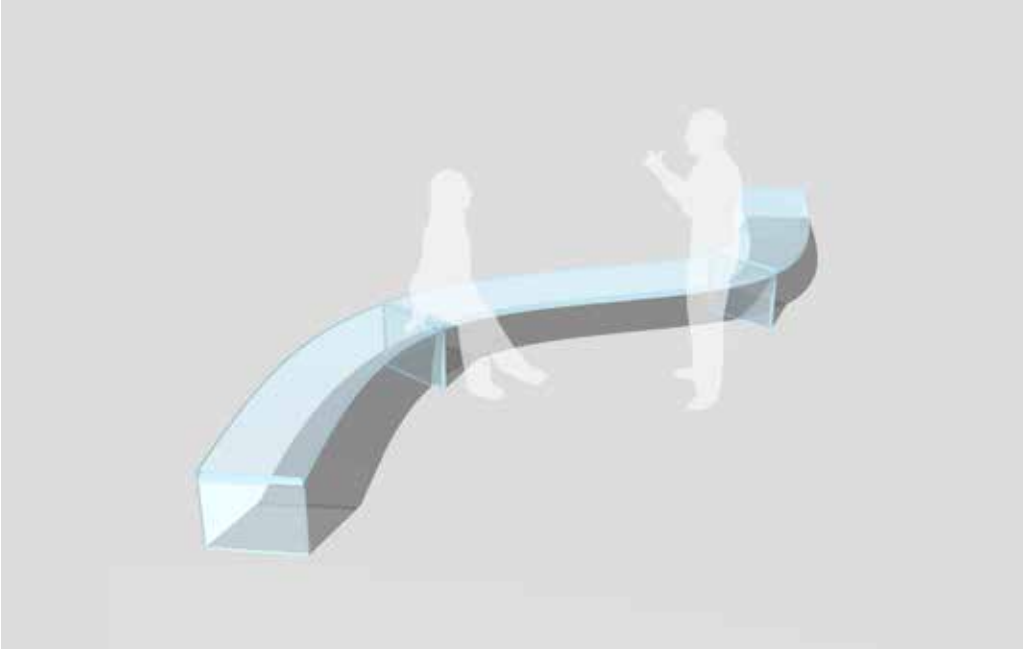
*The design development was based on innovative strategies, balancing ecological, technical and economical properties to achieve a holistic architectural concept.*

*Furthermore, the re-activation / renewal of the façade that intends a new appearance of the existing building, contributes to a valorization of the surrounding area.*

## VOLLTRANSPARENTE GLASBANK MIT NACHGESCHLIFFENEN KANTEN

### FULLY TRANSPARENT GLASS BENCH WITH REGROUND EDGES

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN  
INSTITUT FÜR BAUKONSTRUKTION  
BAUKO.BAU.TU-DRESDEN.DE



Eine Kantenbearbeitung von Glasbauteilen nach dem Laminierprozess ermöglicht einen Ausgleich des herstellungsbedingten Kantenversatzes. Es entstehen plane sowie optisch hervorragende Kanten. Diese dienen der gleichmäßigen Lasteinleitung in Glasbänken und ermöglichen es darüber hinaus, den optischen Ansprüchen an eine Glasbauteilekonstruktion gerecht zu werden. Bei Glasbauteilen aus thermisch vorgespanntem Glas steht dem Nachschleifen allerdings der Eingriff in den thermischen Vorspannungszustand und die daraus resultierende Gefahr einer Minderung der Tragfähigkeit entgegen. Die Fragestellung zur Höhe der Tragfähigkeitsminderung war Gegenstand umfassender Entwicklungsarbeit zwischen der TU Dresden und der Glaswerkstätten Frank

Ahne GmbH, Pirna. Die volltransparente Glasbank besteht aus Verbundgläsern aus Teilvorgespanntem Glas mit nachgeschliffenen Kanten und nachgewiesener Tragfähigkeit. Um die Glasbank volltransparent zu konstruieren, wurden die Verbindungen zwischen der Sitzfläche und den Auflagern mit einem transparenten Klebstoff realisiert. Folglich konnte auf die Anwendung von metallischen Verbindungsmitteln vollständig verzichtet werden.

*The edge processing of glass components after the lamination process enables the compensation of the edge offset caused by the lamination process. This results in straight and optically excellent edges. These edges fulfil the desired optical requirements*

*of glass components and allow a uniform load introduction into the glass edge. However, regrounding of glass components made of tempered glass leads to a reduction of the compression zone at the edge. This could follow in a reduction of the load-bearing capacity. The amount of the reduction of the load-bearing capacity was subject of comprehensive research work at TU Dresden and Glaswerkstätten Frank Ahne GmbH. The fully transparent glass bench consists of laminated glass made of heat-strengthened glass with reground edges and proven load-bearing capacity. In order to construct the glass bench fully transparent, the connections between the seat and the supports were realised with a transparent adhesive. As a result, the use of metallic fasteners was not necessary.*



Architekten und Bauherren verlangen zunehmend eine klare Formsprache des Designs von Gebäudehüllen. Immer häufiger werden daher Ganzglasbrüstungen für Balkone eingesetzt. Klemmelemente fixieren die Brüstung am Baukörper. Diese zusätzlichen Elemente sind in Teilen sichtbar und stören ein klares Erscheinungsbild der Konstruktion. Einen Lösungsweg bieten nicht sichtbare Klebungen und Befestigungen. Ziel eines erfolgreich abgeschlossenen Forschungsprojektes am Institut für Baukonstruktion der TU Dresden war daher die Entwicklung einer geklebten Glas-Hybrid-Brüstung. Sie besteht aus einer Trägerplatte und einer vollflächig geklebten farbigen Glasscheibe. Die Silikonklebung erzeugt einen Verbund der Platten, wodurch

beide Werkstoffe am Lastabtrag beteiligt werden. Durch die nicht sichtbare rückseitige Befestigung erreicht die Brüstung eine hohe homogene Ansichtsfläche und damit höchste Designansprüche. Der ausgestellte Demonstrator präsentiert als Ergebnis des Forschungsprojektes verschieden farbige Glas-Hybrid-Brüstungen und ermöglicht Einblicke in die Konstruktion.

*More and more architects and builders request a clear language of form in the building envelope. Thus, glass railings are increasingly used as balustrades of balconies. Clamping elements fix the balustrade at the building construction. These additional elements are visible and have a negative*

*influence of the appearance of the building envelop. Non-visible bonds and fixings provide a solution. Hence, the aim of a successfully completed research project of the institute of building construction at the TU Dresden was the design and development of a composite glass balustrade. It consists of a color-lacquered glass pane, which is laminar bonded to a carrier plate whereby both materials participate in the load transfer. Due to the non-visible backside fixing, the hybrid railing reaches a high homogenous appearance and so highest design claims. As the results of the research project, the exhibited demonstrator presents different novel glass hybrid balustrade and enable the views on details of the construction.*

## FKV-GLAS-VH-FASSADE

### FRP-GLASS-FACADE

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN  
INSTITUT FÜR BAUKONSTRUKTION  
BAUKO.BAU.TU-DRESDEN.DE

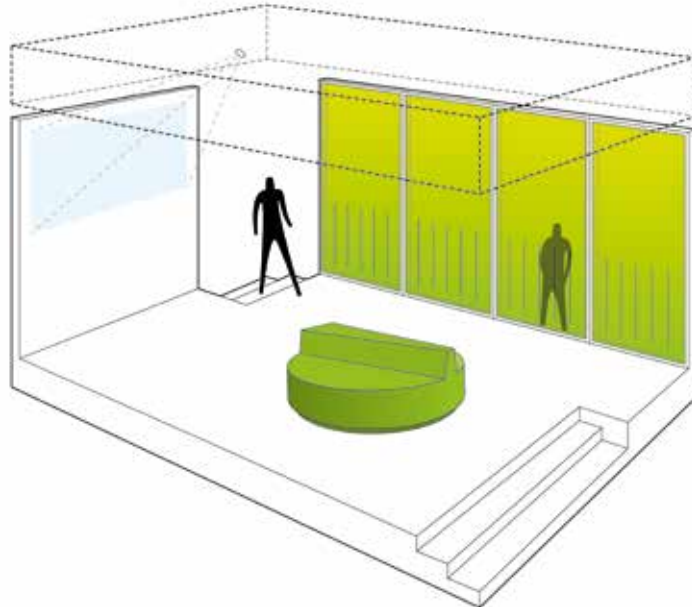


Das ausgestellte Fassadenelement besteht aus einer Kombination von Faserkunststoffverbund und Kalk-Natron-Silicatglas. Damit unterscheidet es sich technologisch von den herkömmlichen hinterlüfteten Trägerplattensystemen. Die Polymermatrix wirkt nicht nur als Harz im Faserkunststoffverbund sondern auch als „Klebstoff“ zum Glas, so dass beiden Materialien dauerhaft stoffschlüssig verbunden sind. Die hybride Fassadenbekleidung vereint so die positiven Eigenschaften beider Materialien. Die Tragfähigkeit, die Systemrobustheit und die Dauerhaftigkeit profitieren hiervon.

Die gewünschte Farbe wird durch die Zugabe von Farbmitteln in die Polymermatrix eingestellt. Die Faserstruktur bleibt in Abhängigkeit vom Farbton und von der Farbsättigung geringfügig wahrnehmbar.

*The cladding element presented here consists of a combination of fibre reinforced plastics and soda-lime silicate glass. In this way, it provides a new approach and differs technologically from the traditional back ventilated systems. The polymer matrix acts both as a resin in the fibre-reinforced plas-*

*tic composite and as an “adhesive” to the glass. Thus, the two materials are bonded permanently without the need for an additional adhesive. The result is a cladding that combines the positive characteristics of both materials. The load-bearing capacity, the system robustness as well as the durability benefit from this. The colour of the element is created by adding colouring agents in the polymer matrix. The visibility of the fibre structure depends on the colour shade as well as of the colour saturation.*



Das Forschungsteam FABIG (Fassaden mit Algenbioreaktoren aus Glas) – ein Verbundprojekt der Technische Universität Dresden (Dresden), ADCO Technik GmbH (Rostock), ARUP Deutschland GmbH (Berlin), Pazdera AG (Coburg) und der SSC GmbH (Hamburg) – entwickelt und testet seit 2015 erfolgreich innovative Bioenergiefassaden, die mithilfe der Sonnenstrahlung Biomasse im Scheibenzwischenraum von Glasfasadenelementen erzeugen. Das Exponat auf dem Bereich der glass technology live zeigt diese plattenförmigen Fassadenelemente aus Glas. Grundsätzlich entspricht die Konstruktion einem konventionellen Mehrscheiben-Isolierglas, dessen Scheibenzwischenraum ein Gemisch aus Wasser, Mikroalgen und Nährstoffen beinhaltet. Um

die hydrostatischen Lasten infolge der Befüllung abzutragen, entwickelte das Team lastabtragende Klebungen innerhalb der Glaskonstruktion, untersuchte detailliert das Strömungsverhalten des Fluids und optimierte das haustechnische Konzept. Für die Fassadenintegration bietet ein modulares Baukastensystem zukünftigen Planern und Bauherrn gestalterische und funktionale Flexibilität für attraktive und intelligente Fassadenlösungen.

*The German research team FABIG including Technische Universität Dresden (Dresden), ADCO Technik GmbH (Rostock), ARUP Deutschland GmbH (Berlin), Pazdera AG (Coburg) and SSC GmbH (Hamburg) develops an innovative bioenergy building skin which*

*is processing biomass. The 'glass technology live' exhibits the bioactive flat plate facade modules made of glass. The construction resembles common insulated glass units. Instead of a noble gas, the glazing cavity is filled with a liquid medium, which serves as culture medium for microalgae producing upscale biomass whilst performing photosynthesis. Adding to the challenging constructional design, the research team developed a concept for load-bearing adhesives in demanding aging surroundings, a technical building concept and analyzed flow characteristics inside the space cavity. In the future, a multi-layered facade as a modular system will offer clients flexibility in function and design for innovative and intelligent building skins.*

## TRANSPARENTES WASSER-DURCHFLOSSENES FASSADENELEMENT

### TRANSPARENT WATER FLOWN FACADE ELEMENT

UNIVERSITÄT BAYREUTH  
KEYLAB GLASTECHNOLOGIE  
BAYREUTH, GERMANY | INDEWAG.EU



Wasserdurchflossene Fassadenelemente (WFG) absorbieren die Wärmeenergie des einfallenden Sonnenlichts durch ein in den Zwischenräumen der Verglasung zirkulierendes Fluid. Dadurch wird ein Aufheizen der Innenräume verhindert, was zu moderaten Raumtemperaturen und einem angenehmen Raumklima ohne zusätzliche Klimatisierung führt. Daneben bietet WFG Potential, absorbierte Energie zu speichern und zu nutzen. Dies ermöglicht den Einsatz der Innenglasscheibe als Flächenheizung und verhindert ein Auskühlen des Gebäudes im Winter.

Die Entwicklung einer industriellen Technologie zur Herstellung von kostengünstigen WFG Fassadenelementen ist das Ziel des EU-Projekts InDeWaG. Das im Rahmen von

Horizon 2020 geförderte Projekt wird von einem interdisziplinären Konsortium aus drei europäischen Ländern getragen.

Ziel ist es, WFG innerhalb eines haustechnischen Gesamtsystems mit weiteren Technologien, wie z.B. Photovoltaik und hocheffizienten Wärmetauschern, zu kombinieren und den Gesamtenergieverbrauch von Gebäuden zu minimieren, ohne die Tageslichtnutzung einzuschränken.

*In Water Flow Glazing façade elements (WFG) solar heat is absorbed by a fluid constantly circulating through the glass panels, limiting the heat from the solar radiation being transmitted into the internal environment. This leads to moderate room temperature and an ambient room climate without*

*the need of additional cooling. Furthermore, WFG has the potential to store and reuse absorbed energy. This enables the use of the inner glass pane as panel heating, limiting the cooling of the building in winter.*

*The development of an industrial technology for fabrication of affordable WFG façade elements is the main objective of the European project InDeWaG. As a project funded under Horizon 2020, InDeWaG has assembled a multidisciplinary consortium based on partners from three different European countries. The aim is to combine WFG with other technologies in HVAC systems, such as Photovoltaic and high-efficiency heat exchangers leading to minimized total energy consumptions of buildings without restrictions of daylight autonomy.*

## REDUNDANTE GEKLEBTE PUNKTHALTERUNG

### REDUNDANT GLUED POINT FIXING



Klebeverbindungen stellen eine vorteilhafte Alternative zu mechanischen Befestigungen dar: gleichmäßige Lastabtragung durch die Klebefugen ohne Spannungsspitzen und ohne Bohrungen in Gläsern. Wegen fehlender Redundanz dürfen lastabtragende Klebungen im Glasbau bislang jedoch nur mit zusätzlichen mechanischen Sicherungen verwendet werden.

Zur Realisierung von Glaskonstruktionen mittels geklebter Verbindungselemente ist der Einsatz von redundanten Befestigungen eine Möglichkeit dennoch sichere Konstruktionen zu realisieren. Die auch in Eurocode 0 geforderte Redundanz wird erreicht durch spezielle Ausbildung der Klebungen mit der Option mehrerer Tragstufen: unterschiedliche Klebematerialien oder Dicken eines

Klebstoffmaterials bedeuten unterschiedliche Steifigkeiten und bewirken jeweils unterschiedliche Beanspruchung der Teilflächen. Nach Versagen der ersten Stufe (rote Klebeteilflächen) ist durch einen alternativen Lastpfad (blaue Teilfläche) die Tragsicherheit weiterhin gewährleistet.

Das Faltnetz zeigt eine mögliche Anwendung der zum Patent angemeldeten Halterung.

*Adhesive bonds represent an advantageous alternative to mechanical fastenings: even load transfer over the adhesive joints without stress peaks and without holes in the glass. However, due to a lack of redundancy, load-bearing adhesives in glass construc-*

*tion have so far only been allowed to be used with additional mechanical securing devices.*

*For the realization of glass constructions using glued connecting elements, the use of redundant fastenings is a possibility to realize safe constructions. The redundancy also required in Eurocode 0 is achieved by special design with the effect of several support steps: different adhesive materials or thicknesses of one adhesive material mean different stiffness and cause different stresses of the partial surfaces. After failure of the first stage of bonding (red areas), load-bearing safety is still guaranteed by an alternative load path (blue areas).*

*The sculpture shows a possible application of the patent pending device.*

## TRANSPARENTE GLASVERBINDUNGEN

### TRANSPARENT GLASS JOINTS

UNIVERSITÄT KASSEL  
KASSEL, GERMANY  
ASL.UNI-KASSEL.DE



#### Ein neues strukturelles Detail

In diesem Forschungsprojekt wurde eine neuartige Methode eines Glas-Schwalbenschwanz-Verbindungssystems entwickelt, bei dem keine Stahlverbinder erforderlich sind. Dieses Verbindungsdetail kann in einem modularen System von Verbundglas-scheiben mit vollständig transparenten und demontierbaren Verbindungen verwendet werden. Das Verbindungsdetail besteht aus zweischichtigen laminierten Scheiben mit 45°-Fasen an den Kanten, die die Scheiben nach dem Einsetzen blockieren, ähnlich wie Schwalbenschwanzverbindungen in Holzverbindungen. Acryl-Abstandselemente verhindern den direkten Kontakt zwischen den Glaskanten und ermöglichen ein Gleiten während des Einsetzens. Dieses Detail

zeigt eine neue Möglichkeit, transparente und effiziente Glassysteme zu bauen, die dank eines vollständig integrierten parametrischen Design- und Fertigungsworkflows flexibel an eine Reihe von Architektur- anwendungen angepasst werden können. Nach heutigem Stand der Forschung kann die Konstruktion in kleineren architektonischen Maßstab oder für Fassadenkonstruktionen verwendet werden.

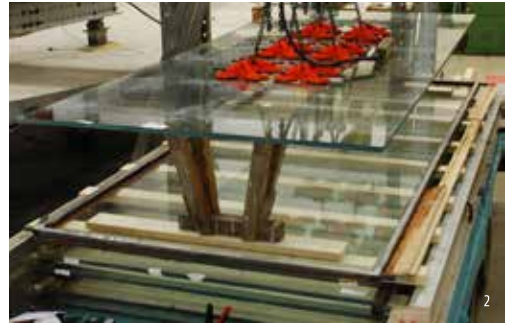
#### A new structural detail

In this research project, a novel method of a glass-dovetail connection system has been developed that does not require steel connectors. This connection detail can be used in a modular system of laminated glass sheets with completely transparent and demount-

able joints. The connection detail consists of double-layer laminated sheets with 45° chamfers on the edges, which block sheets after insertion, similar to dovetail connections in timber connections. Acrylic distance elements eliminate direct contact of the glass edges and allow for sliding during insertion. The detail demonstrates a new possibility to build transparent and efficient glass systems that can be flexibly adapted to a range of architectural applications due to a completely integrated parametric design and fabrication workflow. At the current state of research, the construction method can be imagined in a scale of small-scale architectural design or for façade structures.

## MASSTÄBLICHE VERBUNDGLASEINHEITEN

### FULL-SCALE COMPOSITE GLASS UNITS



Verbundglaseinheiten in (1) kleinem Maßstab und zentralem Wirbelsäulenkern und (2) maßstabsgetreu und Kantengerahmenkern, letzterer wird während des Montageprozesses gezeigt.

*Composite Glass Units with (1) small-scale dimensions and central spine core, and (2) full-scale dimensions and edge-frame core, the latter shown during the assembly process.*

Traditionell sind verglaste Fassadensysteme für Gebäudehüllen funktionsgetrennte Schichtsysteme: Isolierverglasungen (IGUs) verkleiden das Gebäude nach außen und sorgen für Transparenz und Wärmedämmung, und sperrige Rahmen ragen in das Gebäude hinein, um die Fassade zu halten, z. B. metallische Pfosten zwischen den Geschossen. Alternativ kann ein schlankeres, leichteres und mechanisch leistungsfähigeres Hüllkurvensystem entworfen werden, indem Verkleidung und Rahmen zu einem einzigen, robusten Bauteil verschmolzen werden: einer multifunktionalen Verbundglaseinheit (CGU). In dieser Konfiguration sind die Konstruktionsprofile zwischengeschaltet und mit tragenden Glasscheiben strukturell verbunden (kleine und große

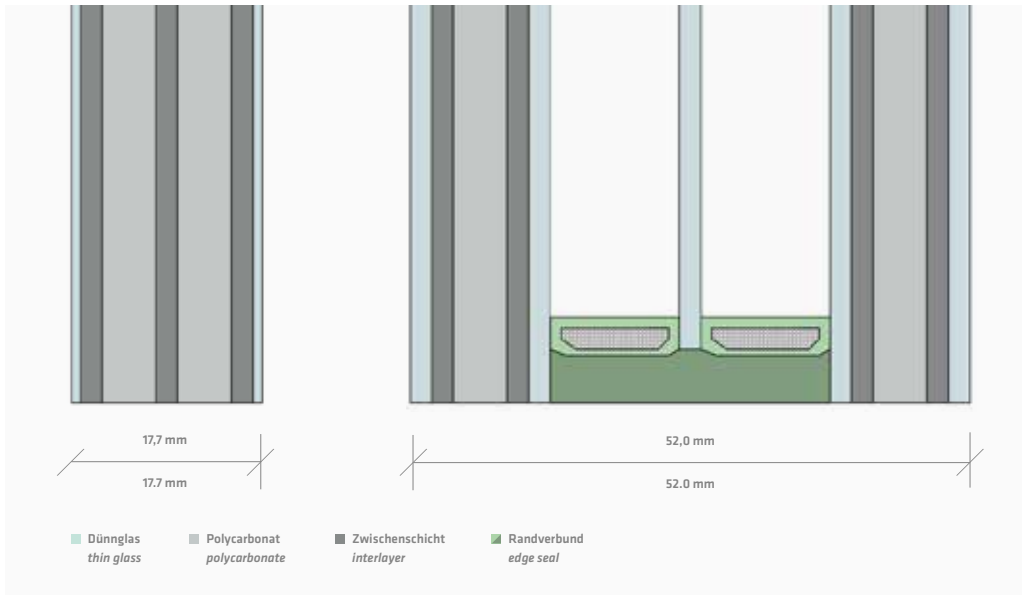
CGUs sind in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt). Das Gewicht dieses Systems kann durch den Einsatz von glasfaserverstärkten Polymer-Kernprofilen anstelle von metallischen Kernprofilen weiter reduziert werden - mit dem zusätzlichen Vorteil, Wärmebrücken durch die Hülle zu reduzieren.

*Traditionally, glazed curtain wall systems for building envelopes are function-separated layered systems: insulated glazing units (IGUs) clad the building externally and provide transparency and thermal insulation, and bulky frames protrude into the building to hold the cladding in place, e.g. metallic mullions spanning between floors. Alternatively a slimmer, lighter and mechanically*

*efficient envelope system can be designed by merging cladding and frame into a single and robust component: a multifunctional Composite Glass Unit (CGU). In this configuration the structural profiles are sandwiched in between and structurally bonded to load-bearing glass panes (small-scale and full-scale CGUs are shown in Figures 1 and 2). The weight of this system can be further reduced by using glass fibre-reinforced polymer core profiles instead of metallic ones - and this has the additional benefit of reducing thermal bridges through the envelope.*

## EINSATZ VON DÜNNGLAS-POLYCARBONAT-VERBUNDTAFELN

### APPLICATION OF THIN GLASS-POLYCARBONATE COMPOSITE PANELS



Sicherheitssonderverglasung gegen manuellen Angriff mit der Widerstandsklasse P8B aus Dünnglas-Polycarbonat-Verbund für ein Einfachglas (links) mit einem chemisch vorgespannten Dünnglas von 0,85 mm sowie ein Dreischeiben-Isolierglas (rechts) mit einem nicht vorgespannten Dünnglas von 2,00 mm. Security glazing for resistance against manual attack with resistance class P8B consisting of thin glass-polycarbonate composite. Single glazing (left) with chemically strengthened thin glass of 0.85 mm and triple insulation glazing (right) with no strengthened thin glass of 2.00 mm.

In der Architektur wird der Baustoff Glas mit Modernität sowie Leichtigkeit assoziiert und führt in der Gebäudehülle zunehmend zu größeren Abmessungen der Verglasungen verbunden mit wachsenden Anforderungen, beispielsweise im Wärmeschutz oder der Sicherheit. Monoglas erfüllt diese hohen Anforderungen meistens nicht. Deshalb ist häufig eine Weiterverarbeitung zu mehrschichtigen Laminaten erforderlich, die allerdings bei dickeren Querschnitten in höhere Eigenlasten resultieren. Zur Reduktion der Eigenlast stehen mittlerweile auch großformatige Dünngläser mit Nenndicken unter 3 mm zur Verfügung. Die Verwendung von Dünnglas im Bauwesen erfordert allerdings die Beachtung der geringen geometrischen Steifigkeit. Eine Möglichkeit zur Er-

höhung dieser Steifigkeit stellt der Verbund mit Polycarbonat dar. Dadurch entstehen schlankere und leichtere Verglasungen bei gleichzeitiger Verbesserung der Anforderungen an Wärmeschutz und Sicherheit.

Am Lehrstuhl für Tragkonstruktion der Universität Siegen wird in Kooperation mit dem Unternehmen SiLATEC Sicherheits- und Laminatglastechnik GmbH dieser Verbund aus innovativem Dünnglas mit duktilem Polycarbonat untersucht. Der Einsatz des schlagzähem Polycarbonats verbunden mit der hohen Oberflächenfestigkeit von Dünnglas reduziert im Vergleich zu einem üblichen Glas-Verbund den Querschnitt und somit die Eigenlast der Verbundtafeln bei gleichem Widerstand gegen manuellen Angriff. Als Sicherheitssonderverglasung

der höchsten Widerstandsklasse P8B sind dadurch bis zu 39% schlankere und 68% leichtere Verglasungen möglich. Zusätzlich verbessert die geringere Wärmeleitfähigkeit des Polycarbonats den Wärmedurchgangskoeffizient der Verbundtafel. Eine erstmalige Aktivierung aller Schichten für die Angriffshemmung in einem Dreischeiben-Isolierglas mit einem Wärmedurchgangskoeffizient von  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  fasst die aktuellen Anforderungen an den Wärmeschutz sowie an die höchste Widerstandsklasse gegen manuellen Angriff bei einem geringeren Querschnitt und reduzierter Eigenlast zusammen.



Querschnitt einer Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel  
 Cross-section of a thin glass-polycarbonate composite panel

Glass, particularly in architectural design, expresses lightness and modernity, leads more and more to large dimensions of glass surfaces in the building envelope and is associated with increasing requirements in the field of heat protection and security. However, single glass panes do not fulfil these demands. Therefore, a further manufacturing to a multilayer composite panel is required which certainly involves thicker cross-sections and higher dead loads. Meanwhile, large-sized thin glass panes with a nominal thickness of less than 3 mm are available to reduce the dead load in consideration of the desired material properties. The usage of thin glass in the building sector needs attention to the low geometrical stiffness. A possibility to increase the stiffness is a composite

with polycarbonate. Thereby, this results in slighter glazing while improving the security against manual attack and thermal protection at the same time.

The Institute of Structural Design of Universität Siegen in cooperation with the company SILATEC Sicherheits- und Laminatglastechnik GmbH analyses the composite of innovative thin glass and ductile polycarbonate. The combination of the impact-resistant polycarbonate with the high surface strength of thin glass reduces significantly the cross-section compared to laminated safety glass and, consequently, the dead load of the composite panel with the same resistance against manual attack. Thus, security glazing with the highest resistance class against manual attack P8B

are up to 39% slimmer and 68% lighter. Additionally, the lower thermal conductivity of polycarbonate improves the heat transfer coefficient of the composite panel. The activation of all layers for burglar resistance in a triple insulation glazing with a thermal transmittance of  $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  for the first time integrates the current requirements for thermal protection and the highest resistance class against manual attack with a smaller cross section and reduced dead load.

## LUMIDUCT

## LUMIDUCT

WELLSUN  
DELFT, THE NETHERLANDS  
WELLSUN.NL



Wellsun hat Lumiduct entworfen, einen Energie erzeugenden, transparenten Sonnenschirm/schutz der es ermöglicht komplette Glasfassaden zu kreieren die mehr Energie erzeugen als mit konventioneller Photovoltaik (Silizium Solarzellen) möglich ist. Neben der Erzeugung von Elektrizität und Einsparungen für das Kühlen und Erwärmen vom Gebäudeklima und dem Bedarf an Kunstlicht, macht Lumiduct es möglich ein ideales Innenklima mit einer angenehmen Menge Tageslicht zu erzeugen, welches das allgemeine Wohlbefinden der Bewohner erhöht.

Nach dem Sonnenuntergang wandelt Lumiduct sich dank integrierten LEDs in eine Mediafassade mit hoher Auflösung. Das erhöht die kommerzielle Attraktivität

und verschleunigt den nachhaltige Wandel zur Energieneutralität/Energieeffizienz im Bau- und Immobilienwesen.

Der Lumiduct kann den Energieverbrauch des Gebäudes halbieren. So trägt Lumiduct wesentlich bei zur Reduzierung von Energieverschwendung in Gebäuden, welche weltweit für mehr als 45% des weltweiten Energieverbrauchs und 75% des weltweiten Stromverbrauchs verantwortlich ist.

*Wellsun has developed the Lumiduct, an energy producing, transparent solar shading which makes it possible to create full glass facades that generate more energy than facades covered with conventional silicon solar panels. Apart from the electricity generation and the savings on cool-*

*ing, heating and artificial lighting, the Lumiduct creates an ideal indoor building climate with a pleasant amount of daylight which increases the general wellbeing of the occupants.*

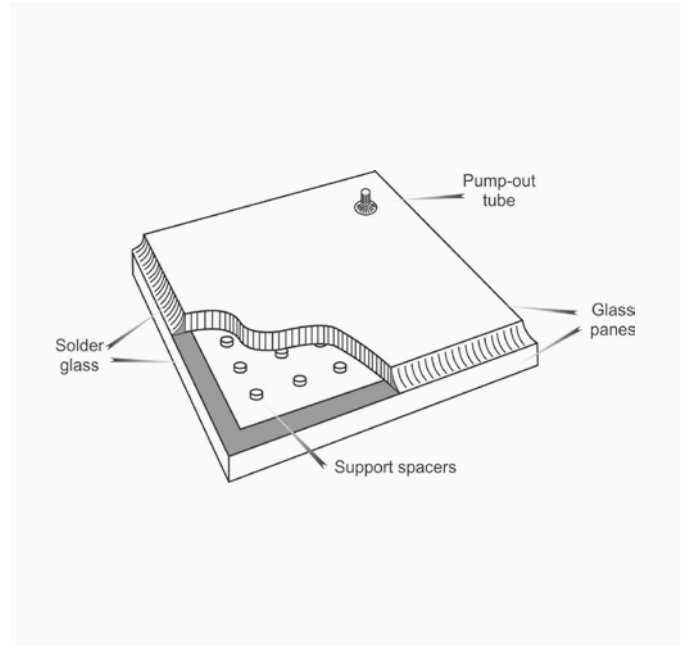
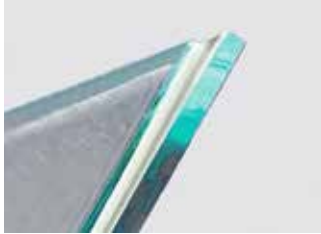
*After sunset, with the integrated LED, the Lumiduct transforms into a high resolution media wall. This increases the commercial attractiveness and accelerates the sustainable transformation of the building environment.*

*The Lumiduct can cut the energy demand of buildings in half. In this way, the Lumiduct contributes significantly to reducing energy waste in buildings, which are responsible for more than 45% of the world-wide energy consumption and 75% of the world-wide electricity consumption.*

UNIVERSITY OF SYDNEY  
SYDNEY, AUSTRALIA  
SYDNEY.EDU.AU

## VAKUUMISOLIERTES GLASFENSTER

### VACUUM INSULATED GLASS WINDOW



Die globale Eindämmung des Klimawandels wird stark von der effizienten Energienutzung in Gebäuden beeinflusst. Dieser Innovationsstand ist ein Exponat der nächsten Generation der Isolierfenstertechnologie: das vakuumisolierte Glasfenster. Die Verwendung von Isolierfenstern, die sich in ihrer Leistung mit Wänden vergleichen lassen, hat große Auswirkungen auf die Reduzierung von unkontrolliertem Energiefluss und ineffizientem Energieverbrauch. Hier werden verschiedene Designs und Leistungsstufen der vakuumisolierten Glaseinheit gezeigt, welche von den Besuchern angeschaut werden können und mit denen sie interagieren können. Die Einheiten werden neben einer traditionellen gasgefüllten Isolierglaseinheit von Argon ausgestellt.

Diese Einheiten sind auf einer Seite beheizt, und durch das Ertasten der Oberfläche auf der offenen Seite können die Besucher die Leistung der Einheiten direkt vergleichen. Andere Glasproben werden ebenfalls zur Einsichtnahme zur Verfügung stehen, und Dr. Cenk Kocer von der University of Sydney, dem ursprünglichen Erfinder der VIG-Technologie, wird zur Verfügung stehen, um die Fragen der Teilnehmer zu diskutieren.

*The global mitigation of climate change is strongly affected by efficient energy use in buildings. This innovation booth is an exhibit of the next generation insulating window technology; the Vacuum Insulated Glass Window. Use of insulating windows that*

*can compare in performance to walls will impact strongly on reducing uncontrolled energy flow and inefficient energy use. Here several different designs and performance levels of the Vacuum Insulated Glass unit are displayed for participants to view and most importantly interact with. The units are presented along-side a traditional Argon gas filled insulating glass unit. The units are heated on one side, and by feeling the surface of the units on the open side, participants will be able to compare directly the performance of the units. Other glass samples will also be available for inspection, and Dr Cenk Kocer from the University of Sydney, the original inventors of the VIG technology, will be available to discuss any questions participants may have.*





AUS

---

STEL

---

LER

---



**AGC Glass Europe NV/SA**

Avenue Jean Monnet 4  
B - 1348 Louvain-la-Neuve  
Tel. +32 2 4093000  
headquarters@eu.agc.com

**arcon Flachglas-Veredlung  
GmbH & Co. KG**

Industriestr. 10  
D - 91555 Feuchtwangen  
Tel. +49 9852 6700-0  
info@arcon-glas.de

**Bauglasindustrie GmbH**

Hüttenstr. 33  
D - 66839 Schmelz  
Tel. +49 6887 303-0  
profilbauglas@nsg.com

**ClearVue Technologies Ltd**

16 Ord Street  
AUS - 6005 West Perth WA  
Tel. +61 414 041914  
info@clearvuepv.com

**CRICURSA Cristales  
Curvados S.A.**

Pol. Ind. Coll de la Manyà, Cami den  
Can Ferran s/n  
E - 08403 Granollers  
Tel. +34 93 8404470  
marketing@cricursa.com

**Define Engineers Ltd.**

8, 492 Lea Bridge Road  
UK - E10 7DU, London  
Tel. +44 7737 854576  
info@defineengineers.com

**Delft University of Technology**

(TU Delft) Glass & Transparency  
Research Group  
Julianalaan 134  
NL - 2826 BL Delft  
Tel. +31 62 8241871  
Christian.Louter@TUDelft.nl

**Dip-Tech Ltd.**

5 Atir Yeda St.  
IL - Kfar Saba 44643  
Tel. +972 9 7908400  
sales@dip-tech.com

**Dream Glass S.L**

Calle Canada 15,  
E - 28860 Paracuellos  
de Jarama (Madrid)  
Tel. +31 91 6584245  
info@dreamglassgroup.com

**Eckersley O'Callaghan & P  
artners LLC**

450 Geary St. Suite 500  
USA - San Francisco, CA 94102  
Tel. +1 415 813 3810  
sanfrancisco@eocengineers.com

**Ecole Polytechnique**

**Fédérale de Lausanne (EPFL)**

EPFL IC IINFCOM LGG  
BC 347 - Station 14  
CH - 1015 Lausanne  
Tel. +41 21 6937521  
madeleine.robert@epfl.ch

**Finglass Oy**

Asematie 46  
FI - 63400 Alavus  
Tel. +358 40 7494693  
timo.saukko@finnglass.com

**Fraunhofer-Institut für**

**Solare Energiesysteme ISE**

Heidenhofstr. 2  
D - 79110 Freiburg  
Tel. +49 761 4588-5667  
christoph.maurer@ise.fraunhofer.de

**Josef Gartner GmbH**

Gartnerstr. 22  
D - 89423 Gundelfingen  
Tel. +49 9073 84-0  
gartner@permasteelisagroup.com

**Glass Technology GmbH**

Czerninplatz 1  
A - 1020 Vienna  
office@glasstechnology.net

**Glassbel Baltic UAB**

Pramones 11  
 Lt - 94102 Klaipeda  
 Tel. +370 46 416380  
 solutions@glassbel.com

**Guardian Europe sárl**

19, Rue du Puits Romain  
 L - 8070 Bertrange  
 Tel. +352 28 111-1  
 information@guardian.com

**HafenCity Universität Hamburg**

Professur für Fassadensysteme  
 und Gebäudehüllen  
 Überseeallee 16  
 D - 20457 Hamburg  
 Tel. +49 40 42827-5681  
 frank.wellershoff@hcu-hamburg.de

**Holger Jahns Produktentwicklung**

Muskauer Str. 27  
 D - 10997 Berlin  
 Tel. +49 30 60507373  
 hello@c--c.net

**Merck KGaA**

Frankfurter Str. 250  
 D - 64293 Darnstadt  
 Tel. +49 6251 72-0  
 info@merckgroup.com

**OKALUX GmbH**

Am Jöspershecklein 1  
 D - 97828 Marktheidenfeld-Altfeld  
 Tel. +49 9391 900-0  
 info@okalux.de

**Peter Platz**

**Spezialglas GmbH**  
 Auf den Pöhlen 5  
 D - 5164 Wiehl  
 Tel. +49 2261 7890-0  
 info@p2sg.de

**PRINZ OPTICS GmbH**

Simmerner Str. 7  
 D - 55442 Stromberg  
 Tel. +49 6724 6019316  
 info@prinzoptics.de

**RETROSolar Gesellschaft  
für Tageslichtsysteme mbH**

Danzger Str. 51  
 D - 55606 Kirn  
 Tel. +49 6752 912079  
 info@retrosolar.de

**RISE Research Institutes  
of Sweden**

Vejdes Plats 3  
 S - 35196 Växjö  
 Tel. +46 10 5166355  
 info@ri.se

**Roschmann Konstruktionen  
aus Stahl und Glas GmbH**

Dieselstr. 41  
 D - 86368 Gersthofen  
 Tel. +49 821 49006-32  
 info@roschmann.de

**Saint-Gobain Glass  
Deutschland GmbH**

Nikolausstr. 1  
 D - 52222 Stolberg  
 Tel. +49 2402 121-0  
 glassinfo.de@saint-gobain.com

**Saint-Gobain Glassolutions  
Objekt-Center GmbH**

Am Zeppelinpark 24  
 D - 13591 Berlin  
 Tel. +49 30 351967-19  
 info@saint-gobain.com

**Schollglas GmbH**

Schollstr. 4  
 D - 30890 Barsinghausen  
 Tel. +49 5105 777-0  
 info@schollglas.com

**School of Architecture,  
Civil and Environ. Eng. (ENAC)**

EPFL ENAC-DO, GC A2 402,  
Station 18  
CH - 1015 Lausanne  
Tel. +41 21 69042  
jagoda.cupac@alumni.epfl.ch

**SCHOTT AG**

Hattenbergstr. 10  
D - 55122 Mainz  
Tel. +49 6131 66-0  
info@schott.com

**sedak GmbH & Co. KG**

Einsteinring 1  
D - 86368 Gersthofen  
Tel. +49 821 2494222  
info@sedak.com

**SEEN GmbH**

Kronbergstr. 10  
CH - 9104 Waldstatt  
Tel. +41 71 3512596  
rs@seengmbh.ch

**SUNOVATION**

**Produktion GmbH**

Glanzstoffstr. 21  
D - 63820 Eisenfeld  
Tel. +49 6022 26573-0  
info@sunovation.de

**SWISSPACER**

**Vetrotech Saint-Gobain  
(International) AG**

Sonnenwiesenstr. 15  
CH - 8280 Kreuzlingen  
Tel. +41 71 6869270  
info@swisspacer.com

**Technische Universität  
Dortmund**

Juniorprofessur  
Ressourceneffizientes Bauen  
August-Schmidt-Str. 8  
D - 44227 Dortmund  
Tel. +49 231 7554263  
jutta.albus@tu-dortmund.de

**Technische Universität Dresden**

Fakultät Bauingenieurwesen,  
Institut für Baukonstruktion  
August-Bebel-Str. 30  
D - 01219 Dresden  
Tel. +49 351 463-0  
bauko@mailbox.tu-dresden.de

**Luoyang North Glass Technology  
(Group) Co., Ltd**

No 20 Baozhong Road,  
Tianbao Industrial Park, Baodi District  
CHN - Tianjin 301823  
Tel. +86 2259280088  
sales@northglass.com

**TU Darmstadt**

Institut for Structural Mechanics  
and Design  
Franziska-Braun-Str. 3  
D - 64287 Darmstadt  
Tel. +49 6151 1623013  
mailbox@ismd.tu-darmstadt.de

**Universität Bayreuth  
Keylab Glastechnologie/  
TAZ Spiegelau**

Universitätsstr. 30  
D - 95447 Bayreuth  
Tel. +49 921 557203  
daniel.leykam@uni-bayreuth.de

**Universität der Bundeswehr  
München**

Institut für konstruktiven  
Ingenieurbau  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
D - 85577 Neubiberg  
Tel. +49 89 6004-2520  
geralt.siebert@unibw.de

**Universität Kassel**

Universitätsplatz 9  
D - 34109 Kassel  
Tel. +49 561 804-3473  
eversmann@asl.uni-kassel.de

**Universität Siegen**

Lehrstuhl für Tragkonstruktion  
Hölderlinstr. 3  
D - 57076 Siegen  
Tel. +49 271 740-5072  
tragkonstruktion@  
architektur.uni-siegen.de

**University of Applied  
Sciences FH-Joanneum**

JRZ-Dünnlasttechnologie  
Josef Ressel Zentrum  
für Dünnlasttechnologie  
Alte Poststr. 149  
A - 8020 Graz  
Tel. +43 664 805438220  
juergen.neugebauer@fh-joanneum.at

**University of Cambridge**

Glass & Facade  
Tech. Research Group  
Trumpington Street  
UK - CB2 1PZ Cambridge  
Tel. +44 7918 209682  
cp570@cam.ac.uk

**University of Sydney**

School of Physics, A28  
AUS - 2006 Sydney  
Tel. +61 4 22438756  
cenk.kocer@sydney.edu.au

**Vetrotech Saint-Gobain  
International**

Bernstr. 43  
CH - 3175 Flamatt  
Tel. +41 31 3368181  
info@saint-gobain.com

**Solarswing Energy  
B.V. Wellsun**

Molengraaffsingel 12  
NL - 2629 JD Delft  
Tel. +31 6 55396913  
info@wellsun.nl

# IMPRESSUM

## IMPRINT

### TEAM

#### Projektleitung

##### *Project management*

*Birgit Horn*

*Dipl.-Ing. Enno Block*

#### Koordination Ausstellung / Katalog

##### *Project coordination trade fair / catalogue*

Ir. Robert Akerboom / TU Darmstadt

#### Ausstellungsdesign/

##### *Exhibition Design*

Jun. Prof. Dr.-Ing. Jutta Albus

Dipl.-Ing. (FH) M.A. Lena Rehnig

#### Leitung Netzwerk/Chair Network

Prof. Dr. Ing. Ulrich Knaack

#### Projektkoordination

Print Production GmbH, Düsseldorf

#### Design und Layout:

lamoto design studio, Köln

#### Abbildungsnachweis:

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

© 2018 Messe Düsseldorf

© 2018 für die Abbildungen und Texte bei den Autoren, ihren Erben oder Rechtsnachfolgern.

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

Stand: September 2018

### HOCHSCHULNETZWERK/ UNIVERSITY NETWORK

#### TU Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Knaack

#### TU Delft

Ass. Prof. Dr. Ir. Christian Louter

Prof. Ir. Rob Nijse

#### TU Dortmund

Jun. Prof. Dr.-Ing. Jutta Albus

Dipl.-Ing. (FH) M.A. Lena Rehnig

#### TU Dresden

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

Dr.-Ing. Silke Tasche

#### *Project coordination*

*Print Production GmbH, Düsseldorf*

#### *Design und Layout:*

*lamoto design studio, Köln*

#### *Photo credits:*

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

© 2018 Messe Düsseldorf

© 2018 of works written and illustrated by the authors, their heirs or assigns.

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

*Status: September 2018*





Messe Düsseldorf GmbH  
Postfach 10 10 06 \_ 40001 Düsseldorf \_ Germany  
Tel. +49 211 4560-01 \_ Fax +49 211 4560-668

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

