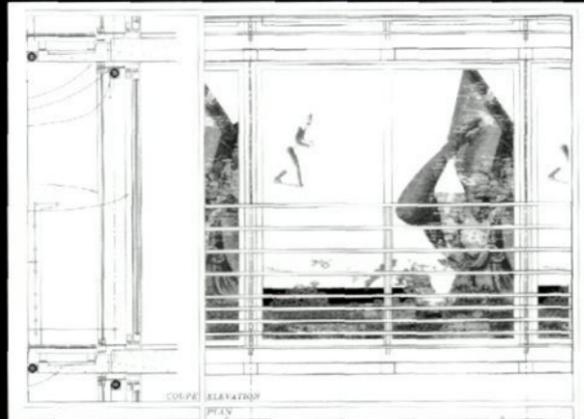


Glas



- Farbiges Glas
- 110 Michael Winter: Farbiges Glas
- 113 Siebdruck, Folien
- 114 Fotokopieren, Gießharz, Gußgläser
- 115 Fusing, Ätzen, Sandstrahlen
- 116 James Carpenter
- 118 Glasdesign
- 119 Ian Ritchie: Dekor und Performance

- Glas und Brandschutz
- 120 Ralf Linden: Glas und Brandschutz
- 122 Brandschutzgläser

- Glastec / Constructec '96
- 124 Forschung und Entwicklung
- 125 Neue Gläser
- 126 TWD und Lichtlenkung
- 128 Glashalterungen und Fassadensysteme

- Ausstellungen
- 130 Glass Technology Live
- 131 Masters of Glass
- 134 Joachim Achenbach: Konstruktionsstudien mit Glas

- 138 Hersteller

Farbiges Glas

Gerade in den letzten Jahren hat der Zuspruch der Architekten, farbiges Glas im und am Gebäude einzusetzen, immens zugenommen. Farbig schillernde Fassaden sind aus den Metropolen dieser Welt kaum noch wegzudenken. Dabei ist farbiges Glas nicht gleich farbiges Glas, denn die Vielfalt von Herstellungsverfahren sowie der Anwendungsmöglichkeiten ist für Außenstehende kaum transparent. Und dies, obwohl das Wissen um die Herstellung von farbigem Glas bis weit in die Frühzeit zurückreicht.

Nach Expertenschätzungen kann die Kunst des Glasmachens von ihrer ersten zufälligen Entdeckung bis heute auf eine rund 7000jährige Vergangenheit zurückblicken. Glas ist damit der weitaus älteste künstliche Werkstoff, den Menschen erzeugt haben.

Der erste Fund farbigen Glases
Dennoch ist heute weder bekannt, wann genau das Glas erfunden wurde, noch kennen wir die Namen derer, die es zuerst herstellten. Die Anfänge des Glasmachens liegen weitgehend im Dunkel der Geschichte. Doch zumindest geographisch sind sie anhand von archäologischen Funden abzugrenzen. Danach stand die Wiege des Glases im Bereich des Goldenen Halbmonds, also in jenem Gebiet, das die östlichen Mittelmeerländer, Mesopotamien und Ägypten umfaßt.

In Ägypten, genauer gesagt in einer Begräbnisstätte im anti-

ken, oberägyptischen Theben, fand der britische Altertumsforscher und Ägyptenspezialist Sir Flinders Petrie (1853 - 1942) den frühesten ganz aus Glas bestehenden Gegenstand: eine grünliche Glasperle, deren Alter auf rund 5500 Jahre geschätzt wird.

Heute gilt als gesichert, daß die Herstellung von Glas erstmals Töpfern oder Schmieden an den Ufern der großen nordafrikanischen Natron- und Kaliseen gelang, da beide Handwerkszweige bei ihren Brenn- und Schmiedearbeiten die hohen Temperaturen erzeugen konnten, die auch für die Glasschmelze vonnöten sind.

Erste Öfen, die nichts anderes waren als bessere Herdgruben, in denen die Glasrohstoffe zu einer glasartigen Masse zusammengebacken wurden, sind vor allem aus den Ausgrabungen in Tell el Amarna in Oberägypten bekannt. Dort fand man Reste der verwendeten Tiegel, deren Alter auf 1350 vor Christus datiert wird.

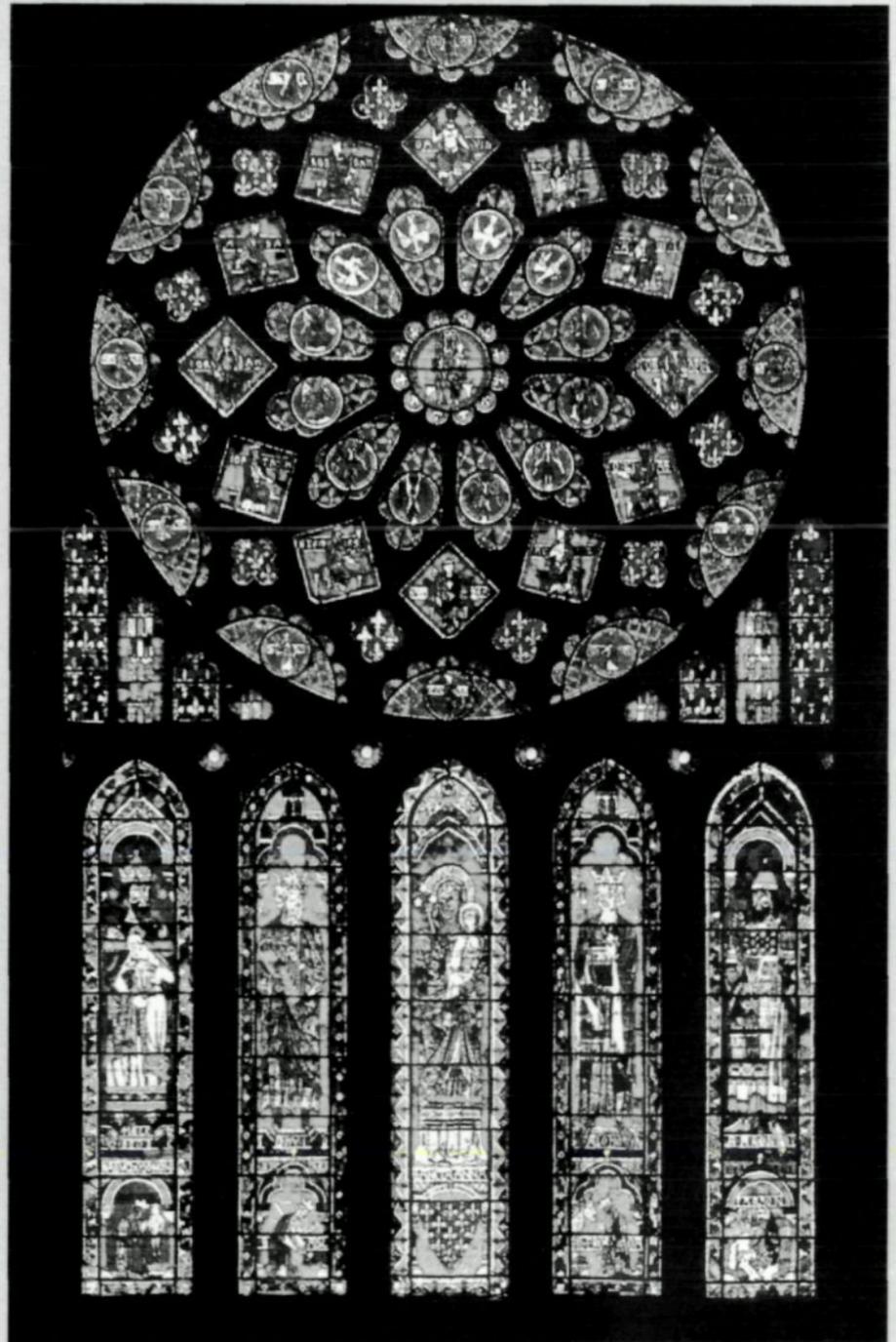
Wie und wann auch immer sich die Geburt der Glasherstellung zugetragen haben mag, schon bald begann der Mensch seinem Erfindungsdrang freien Lauf zu lassen: Ungefähr während der 18. Dynastie, also zwischen 1500 und 1350 vor Christus, entstanden in Ägypten die ersten Glasgefäße mit Hilfe der sogenannten Sandkerntechnik. Dabei wurde ein Formkern aus Sand oder Ton mit einigen

Schichten Glasschmelze überzogen. Wenn die Schichten dick genug waren, um von selbst zu stehen, wurde das Glas abgekühlt und der Kern entfernt. Anschließend wurden Fäden aus weichem Farbglass als Schmuck in das wiedererwärmte Gefäß gepreßt. Das erste wirklich durchsichtige Glas entstand erst zur Zeit des berühmten Pharaos Tut-ench-Amun (1370 - 1335 v.Chr.).

Eine geniale Erfindung

Die vielleicht bedeutendste Erfindung in der Geschichte des Glases wurde zwischen 200 und 100 vor Christus gemacht: Seinerzeit revolutionierten die Phönizier, wahrscheinlich in der syrischen Stadt Sidon, durch die Benutzung der ersten Glasmacherpfeife die Glasherstellung.

Die Glasmacherpfeife ist nichts weiter als ein ein bis anderthalb Meter langes und rund ein Zentimeter dickes Eisenrohr, dessen eines Ende zu einem Mundstück geformt und mit einem wärmeisolierenden Griff versehen ist. Durch Blasen an diesem Mundstück formt der Glasmacher einen heißen Glasklumpen am anderen Ende der Pfeife zu einer hohlen Kugel. In der offenen Tür des Schmelzofens wird die entstehende Glasblase sofort neu erhitzt, wie es notwendig ist, um die gewünschte Form und Größe zu erreichen. Zusätzlich wird der heiße Glasklumpen auf einer polierten, eisernen Marbelle gewälzt. Die Glasmacherpfeife hielt sich wie kaum eine andere Erfindung während der letzten 2000 Jahre. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts war ihre Bedeutung ungemein groß, ehe andere Entwicklungen ihr den Rang abliefen. Der Stellenwert der Glasmacherpfeife läßt sich wohl am eindrucksvollsten am berühmten Kristallpalast in London aufzeigen: Sämtliche der insgesamt 300.000 in diesem Gebäude der ersten Weltausstellung verbauten Glasscheiben, die zusammen eine Fläche von rund 84.000 Quadratmeter hatten, wurden im



Links: Altägyptisches Glas, daneben: ältester Fund einer Glasmalerei aus dem 9. oder 10. Jh., entdeckt im Kloster Lorsch, darunter: römischer Trinkbecher aus dem 4 Jh.



Höhepunkt der gotischen Glasmalerei: die farbigen Fenster der Kathedrale von Chartres; darüber: frühe profane Verglasung im Regensburger Reichsaalbau (1356)

Mundblasverfahren hergestellt. Durch das sogenannte Mundblasverfahren war man in der Lage, gezielt farbige Gläser zu erzeugen. Während mundgeblasenes Antikglas aus 58% feinem Quarzsand, aus ca. 25% Soda und ca. 17% Kalk bestand und damit nahezu farbloses Glas hergestellt werden konnte, ließ sich durch die Zugabe von Metalloxyden eine breite Palette von Farbglas produzieren. Hier ein Überblick:

Eisenoxyd	grün
Kobaltoxyd	blau
Manganoxyd	violett
Nickeloxyd	grau
Kupferoxyd	rot
Selenoxyd	hellrot
Silberoxyd	zitronengelb
Goldoxyd	rosa
Uranoxyd	lindgrün

Durch Mischung in verschiedenen Konzentrationen ist es heute noch möglich, unzählige Zwischenfarben herzustellen, von denen ca. 5000 in einer Standardmusterskala festgelegt sind. Auch wenn das Farbspektrum sehr umfangreich war, blieben die Scheibenformate nach wie vor stark begrenzt.

Entwicklung der Glasmalerei

Auch wenn die Weiterentwicklung der Glasherstellung mit der aufblühenden Industrialisierung begann, die zunehmende Bedeutung von farbigem Glas datiert aus dem Mittelalter. In dieser Zeit entwickelte sich unter dem Einfluß der Klöster und der Kirche eine neue Glaskunst: die Glasmalerei, also die farbige Gestaltung von Glasfenstern. Glas-

malerei ist nicht etwa das heute vielen als Hobby bekannte Bemalen von Glas, sondern die kunstreiche mosaikartige Verwendung von Farbglas für Schmuckfenster.

Bereits im alten Ägypten wurden die magischen, fensterlosen Räume mit Glasmosaiken, Glasuren und Glasplättchen ausgestattet, um die Farben auch bei wenig Licht zum Leuchten zu bringen. Ähnliches gilt für die byzantinischen Mosaiken aus dem fünften und sechsten Jahrhundert, die man auch als die Kunst des Lichts bezeichnete.

Ging es im Altertum in erster Linie um die Steigerung der Farbwirkung durch Reflektion des Lichts von den Glasplättchen der Mosaik, so entwickelte die christliche Kultur nördlich der Alpen zu Beginn des Mittelalters eine Symbolik des Lichts, die ihren Ausdruck in den Kirchenfenstern fand. Hier hat die Glasmalerei ihren Ursprung, das heißt, Farbpigmente wurden in die Glasoberfläche eingebrannt.

In der Hagia Sophia in Konstantinopel ließ Kaiser Justinian bereits 537 nach Christus farbige Glasfenster einsetzen. Die erste Erwähnung von Kirchenfenstern nördlich der Alpen stammt aus dem Jahre 591 nach Christus. Die frühen Kirchenfenster waren noch nicht unbedingt vollständig mit Glas gefüllt, sie bestanden vielmehr aus einem Gitterwerk aus Stein, Holz oder Metall als Fassung für das Glas. Der älteste bekannte Fund einer Glasmalerei, das Fragment eines Christuskopfes, stammt aus dem neunten oder zehnten Jahrhundert. Er wurde 1932 bei Ausgrabungen im Kloster Lorsch am Rhein entdeckt. Mit der Stilepoche der Gotik, die in Frankreich etwa um 1140, in England um 1175 und in Deutschland um 1220 begann, entstand erstmalig auch eine Glasarchitektur, die das farbigen-mystische Licht im Innenraum von Kirchen und Ka-

thedralen inszenierte. Dazu wurden die Außenwände meist ganz in Fensterflächen aufgelöst, große farbige Bildfenster bestimmten die Wirkung der Räume. Die Glasteile dieser Fenster waren nicht nur verschiedenfarbig, sondern verschieden dick, so daß auch die unterschiedliche Lichtbrechung zur Geltung kam.

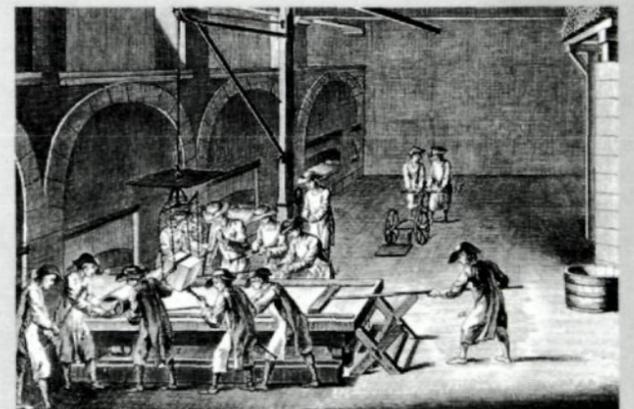
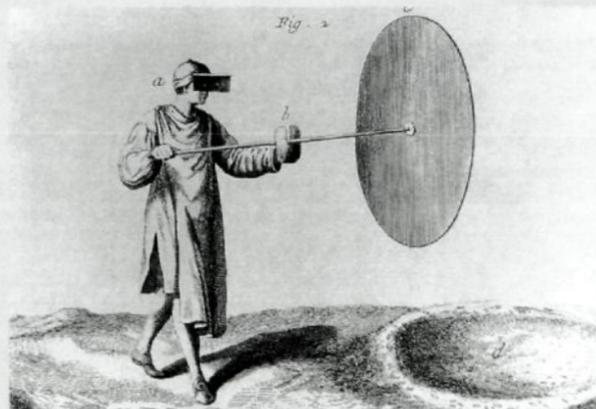
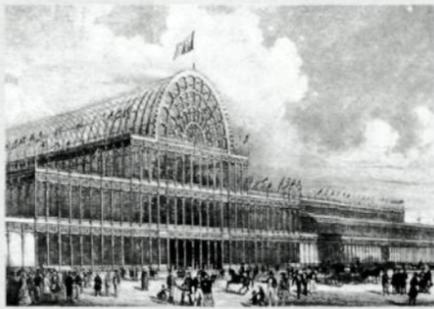
Als einer der Anreger und Vorreiter der gotischen Glasarchitektur gilt der Abt Suger, der die Menschen mit den Fenstern seiner Abteikirche St. Denis bei Paris regelrecht erleuchten wollte. Als einer der Höhepunkte der gotischen Glasmalerei gilt heute die Kathedrale von Chartres: 176 farbige Fenster mit einer Gesamtfläche von 5000 Quadratmetern wurden dort verbaut. Die ältesten dieser Fenster datieren aus dem Jahre 1150, die meisten anderen aus dem Zeitraum zwischen 1215 und 1240. Weltbekannt für die größte Sammlung mittelalterlicher Glasmalerei in England ist das Münster von York, wo insgesamt 130 Fenster zu bewundern sind. Allein neun der fünf Grisaille-Lanzette-Fenster im nördlichen Querschiff, deren Größe mit einer Höhe von jeweils 15 Metern wirklich überwältigend ist, bestehen aus mehr als 100.000 Glasstückchen. Auch in profanen Bauten wurden seit dem Mittelalter immer größere Fenster eingebaut.

Lange Zeit mußte man bei diesen Fensterflächen jedoch mit kleinteiligen Verglasungen aus Butzen- oder Rautenscheiben auskommen. Sie boten natürlich keinen Ausblick, sondern dienten lediglich dem Lichteinfall. Hergestellt wurde dieses Fensterglas bis zum 14. Jahrhundert im Walz- und Streckverfahren. Dabei wurde eine zylinderförmig geblasene Flasche an ihren Enden gekappt und die so entstandene Röhre längsseits aufgeschnitten und zu einer Fläche auseinandergespreizt und gestreckt.

Vom 14. Jahrhundert bis in das zweite Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts wandte man das sogenannte Mondglasverfahren an, bei dem die Flachglasherstellung ähnlich der großer Flaschen und der Glaskolbenherstellung verlief: Man nahm mit der Glasmacherpfeife einen entsprechend großen Glasposten auf und blies ihn zu einer Kugel. Diese Kugel wurde wieder erhitzt und auf ein Heftisen übernommen, von der Glasmacherpfeife abgetrennt und auf der Marbelplatte gewälzt, bis sie die Form einer flachbödigen Flasche angenommen hatte und äußerlich heutigen Fernsehbildröhren ähnelte. Man schnitt dann ein einige Zentimeter großes rundes Loch in den flachen Boden und erhitzte das Glas noch einmal gründlich. Anschließend wirbelte man das Heftisen so rasch, daß das weiche Glas in schnelle Drehung versetzt und zu einer runden Scheibe geschleudert wurde. 90 Zentimeter Durchmesser waren die Obergrenze. Die runden Scheiben wurden anschließend in rautenförmige Stücke aufgeteilt.

Beginn des Glaszeitalters

Die wohl rasanteste Entwicklung bei der Produktion und Verwendung von Glas fand durch die Industrialisierung Mitte des vergangenen Jahrhunderts statt. Die Kühnheit der damaligen Glasanwendungen ist durchaus vergleichbar mit den Errungenschaften gotischer Baumeister. Tatsächlich führte die Erfindung der Eisen- und Stahlskelettbauweise Mitte des 19. Jahrhunderts zu einer völlig neuartigen Auffassung von Wand. Denn diese wurde plötzlich von ihrer traditionellen Rolle als tragendes Element befreit, und damit war der Weg für eine großflächige Glas-



Oben: Paxtons Londoner Kristallpalast mit 300.000 mundgeblasenen Glasscheiben

Von links nach rechts: Mit der im 1. Jh. v.Chr. erfundenen Glasmacherpfeife wird Glasschmelze zu Hohlkörpern aufgeblasen

Mit dem Mondglasverfahren ab dem 14. Jh. wird eine Glaskugel aufgeschnitten und zur Scheibe mit max. 90 cm Durchmesser ge-

schleudert; Mit dem Gußglasverfahren nach 1660 wird Glasschmelze auf einen Gießtisch aufgebracht und mit einer Kupferwalze geglättet.

fassade geebnet. Zudem waren kohle- statt holz-gefeuerte Glasöfen viel effizienter und die verbesserte Glasherstellung, wie durch das Plattengießverfahren, ließ größere Scheibenformate zu. Die architektonischen Experimente mit gläsernen Konstruktionen wie Palmenhäuser oder Glas- und Metallkonstruktionen von Eisenbahnhallen kündeten ein neues Verständnis von Raum und Sprache der Architektur an. Transparenz statt Transluzenz. Spätestens Walter Gropius' 1911 errichtetes Fabrikgebäude für die Faguswerke und die wenig später entstandene Glashülle des Bauhaus-Werkstattflügels in Dessau zeigten, daß große Glasflächen auch mit filigranen Konstruktionen möglich waren. Gropius zog erstmals die künstlerische und konstruktive Konsequenz aus der Stahlskelettbauweise, indem er das tragende Skelett weit hinter die Fassade setzte und die Außenwände völlig in einem nichttragenden, scheinbar schwerelosen Glasvorhang wirken ließ. Transparenz bedeutete damit nicht einfach die Glorifizierung der industriellen Produktion und die Rationalisierung des Bauprozesses, sondern symbolisierte Begriffe wie Reinheit, Freiheit, Offenheit. Auch in den Bemühungen um das Wohnhaus in den zwanziger Jahren spielte Glas eine entscheidende Rolle. Unter dem Motto 'befreites Wohnen' verband sich mit der Typisierung und Rationalisierung der Wunsch nach mehr Licht und Luft in der Wohnung.

Mit der vermehrten Anwendung von Glas machte sich aber auch schnell das Problem von Wärmeverlust und Wärmedämmung bemerkbar. Mit zunehmender Transparenz der Gebäudehülle wurde die Schwäche von Glas, wie etwa bei Mies van der Rohes Seagram Building in New York, offenbar. Das Bewußtsein für die negativen Eigenschaften

von Glas verstärkte sich, kitzelte aber fast zeitgleich den Erfindergeist der mittlerweile erstarkten Glasindustrie.

Während das Einfärben und Emaillieren von Gläsern bereits aus der Historie bekannt war, hatte vor rund fünfzig Jahren eine andere Form der Farbgestaltung von Glas ihren Ursprung: die Beschichtung. Hier ging es darum, eine hauchdünne Metallschicht auf das Glas zu bringen, die selektiv entweder kurzwellige Licht- oder langwellige Wärmestrahlung eindringen läßt. Je nach Beschichtung können Scheiben damit als Sonnenschutz- oder als Wärme-Isolierglas eingesetzt werden. Die Verwendung von Metallen wie Gold, Silber und Kupfer sowie Oxyden von Titan und Silicium hatte zur Folge, daß durch den rötlichen, goldenen, silbernen oder auch bläulichen Schimmer des Glases nun auch großflächige Farbspiele am Gebäude möglich waren.

In den 60er Jahren wurde zudem die Glasherstellung noch einmal revolutioniert. Sir Alastair Pilkington brachte das sogenannte Floatverfahren zur Produktionsreife. Mit diesem Verfahren war es erstmals möglich, Flachglas in riesigen Mengen und mit einer brillanten optischen Qualität zu produzieren. Dabei ist das Prinzip sehr einfach. Sir Alastair Pilkington ließ geschmolzenes, flüssiges Glas über flüssigem Zinn floaten, so daß sich durch die Oberflächenspannung des plastischen Glases und die absolut ebene Oberfläche des flüssigen Zinns planparalleles Floatglas produzieren ließ. Bis zu 700 Tonnen Glas täglich kann eine solche Floatanlage fertigen. Die optische Qualität dieses Glases, aber auch die Verfeinerung der Beschichtungstechnologie wie bei der Kathodenzerstäubung oder dem Pyrolyt-Verfahren führte dazu, daß in den letzten zwanzig Jahren die

Anwendung von lichtselektierenden, farbigen Gläsern immer größere Bedeutung gewonnen hat. Beispiele wie die Deutsche Bank in Frankfurt, die Hypobank oder die BMW-Verwaltung in München, um nur einige zu nennen, aber auch jüngste farbige Fassaden wie die des RWE-Gebäudes in Essen, Spreebogen in Berlin oder Flughafen Terminal II in Frankfurt zeigen, daß beschichtete Gläser aus unseren Metropolen kaum noch wegzudenken sind.

Die jüngste Entwicklung, in der Architektur farbige Akzente durch Glas zu setzen, ist durch die großflächige Siebdruckung möglich geworden. Ähnlich wie im Mittelalter wird auch hier mit Glasemail gearbeitet. Das heißt, auf die Oberfläche des Floatglases werden nachträglich Farbpigmente eingebrannt. Vor rund dreißig Jahren erfolgte dies einzig im sogenannten Vorhanggießverfahren. Hier katapultieren Transportbänder die Scheiben durch einen Vorhang aus fließendem Lack. Es entsteht ein gleichmäßig dicker, vollflächiger Lacküberzug, der anschließend bei rund 600 Grad Celsius eingebrannt wird.

Erst vor rund 15 Jahren wurden mit Hilfe von Handdrucktischen großflächige partielle Bedruckungen möglich. Eine neue Dimension war eröffnet: nicht nur vollflächig unterschiedliche Farben auf das Glas zu bringen, sondern auch verschiedenste Muster. Angefangen bei Streifen oder Punkten über geometrische Figuren bis hin zu individuellen Logos. Die großflächige partielle Bedruckung machte zudem eine Mehrfarbigkeit auf dem Glas möglich. Ähnlich wie ein Litho beim Druck, lassen sich heute vielfarbige Grafiken oder gar Abbildungen und Fotos auf das Glas projizieren. Ein gigantisches designerisches Potential für die Fassaden- aber auch Raumge-

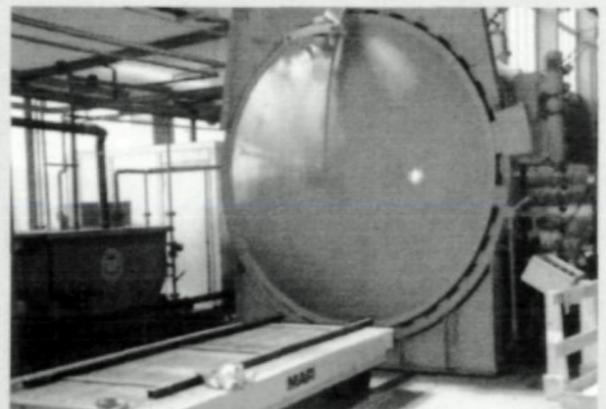
staltung liegt noch brach, um von interessierten Architekten genutzt zu werden. Kann die Welt noch bunter werden?

Farbiges Glas heute

Bei der historischen Betrachtung der Anwendung von Farbgläsern läßt sich sehr schnell feststellen, daß gerade in den letzten Jahren bei den Architekten eine Renaissance in diesem Umfeld eingeleitet wurde. Bei ohnehin sehr glasbetonten Gebäudekonzeptionen kommt die farbgestalterische Komponente immer deutlicher in den Vordergrund, sei es durch beschichtete Gläser, die zu schillernden Ganzglasfassaden zusammengesetzt werden, oder durch partiell und vollflächig bedruckte Fassadenteile, die helfen, zusätzliche Designakzente zu setzen. Eingangsbereiche, Empfangsräume oder auch die Büros und Wohnräume selber können mit farbig bedruckten Scheiben zu ästhetischen Schmuckstücken werden. Dabei ist eine Komponente farbiger Flächen am Gebäude noch nicht beleuchtet worden: Farbigkeit, die gleichzeitig als Synonym für ökologisch bewußtes Handeln verwendet werden kann. Die Rede ist von bläulich schimmernden Siliciumzellen, die im Glas eingebettet sind, Solarmodule, die neben dem gestalterischen Aspekt auch saubere Sonnenenergie liefern. Nichttransparente Fassadenteile erhalten damit einen neuen Stellenwert. Jeder Quadratmeter dieser nichttransparenten Fassadenelemente könnte ein kleines Solarkraftwerk sein und dazu beitragen, CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Farbiges Glas für eine neue Dimension der Architektur!

Michael Winter
Pilkington Deutschland GmbH



Von links nach rechts: Siebdruck nach Diavorlage im Werk Wesel der Flachglas AG, Vorverbundanlage unter Reinraumbedingungen und Autoklav für die Herstellung von laminierten Gläsern



Modell des größten Solardachs der Welt: 9.500 m² Photovoltaikmodule von Pilkington Solar, Köln für die Fortbildungsakademie Herne (Arch.: Jourda/Perraudin)

Siebdruck

Delogcolor, Delogcolor Design Flachglas AG

Unter den Markennamen Delogcolor und Delogcolor Design bietet die Flachglas AG colorierte Einscheiben-Sicherheitsgläser für den Fassadenbau an. Auf der Rückseite der Gläser werden hochwertige, lichtbeständige Emailfarben aufgetragen und eingebrannt. Der Farbauftrag erfolgt nach zwei unterschiedlichen Verfahren: Delogcolor Fassadenplatten werden in einer Coloranlage ganzflächig besprüht, während Delogcolor Design Platten im Siebdruckverfahren bedruckt werden. Zur Wahl stehen sowohl 24 Standardfarben und sechs Grautöne als auch die Töne des RAL-Farbsystems. Zahlreiche Mischfarben erlauben eine Abstimmung mit anderen Materialien, die nach dem in der Architektur verbreiteten RAL-Farbfächer ausgerichtet sind. Als Ausgangsmaterial für die Fassadenplatten wird standardmäßig das leicht grünliche Optifloat verwendet; durch die Wahl von Optiwhite (Weißglas) läßt sich die Farbbrillanz noch erhöhen.

Gegenüber den vollflächig farbigen Fassadenplatten ermöglicht Delogcolor Design das Spiel mit Transparenz und Farbe. Die Flachglas AG bietet eine ganze Reihe von Standardmustern an; aufgrund des Siebdruckverfah-

rens kann darüber hinaus jedes gewünschte Motiv, ob Muster, Firmenlogo, Schrift oder Foto, einfarbig oder mehrfarbig auf Glas übertragen werden. Die Reproduktionsmöglichkeiten entsprechen der herkömmlichen Drucktechnik und sind lediglich durch die Größe der Siebe definiert.

Delogcolor ist in Größen bis zu 2 x 3,5 m und den üblichen Glasdicken von 6 bis 19 mm lieferbar, Delogcolor Design je nach Glasdicke in den Größen 1,5 x 2,8 m und 1,3 x 3,5 m. Durch die Kombination mit speziellen Glasfunktionen wie Wärme-, Brandschutz etc. ergeben sich unbegrenzte Anwendungsmöglichkeiten im Außenbereich.

Für den Innenausbau mit bedrucktem Glas bietet die Flachglas AG die Delodur Design Serie an. Gerade der 'Zwittercharakter' von bedrucktem Glas zwischen Transparenz und partiellem

Sichtschutz eröffnet hier vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten für Trennwände, Türen etc. Nicht zuletzt findet bedrucktes Glas Verwendung im Möbelbau und bei Designobjekten.

BI-Color

BGT Bischoff Glastechnik

BGT bietet mit BI-Color eine Auswahl von ca. 40 Siebdruckdekoren in Größen von 150 x 300 mm bis 1,8 x 3 m. Als bedruckte Funktionsgläser für den Fassadenbau stehen BI-ThermColor, BI-StepColor, BI-Fire-StopColor und BI-LightColor zur Verfügung.

ipadecor

Interpane International

Für die Stadtparkasse Duderstadt wurde die Glastrennwand aus teilvorgespannten VSG, die die Kassenhalle außerhalb der Geschäftszeiten von den Geldautomaten im Vorraum trennt, mit Motiven historischer Türen und Schlösser im Siebdruckverfahren vierfarbig bedruckt. Anschließend wurden die Glaselemente von Marie Madeleine Belenger individuell weiter bearbeitet, um die Motive alt und verwittert aussehen zu lassen.

Interpane bietet mit ipadecor bedrucktes Glas mit verschiedenen Dekoren an.

Baumarkt

Folien

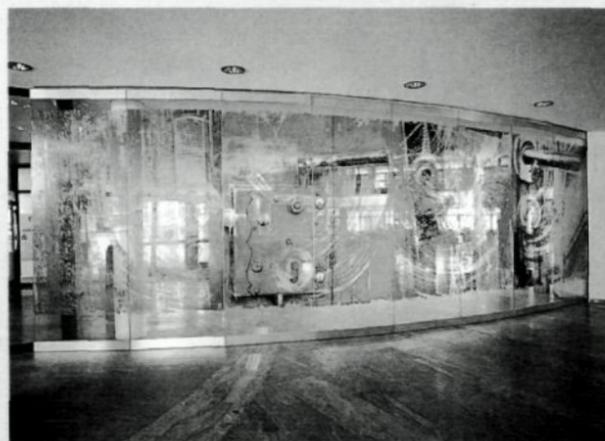
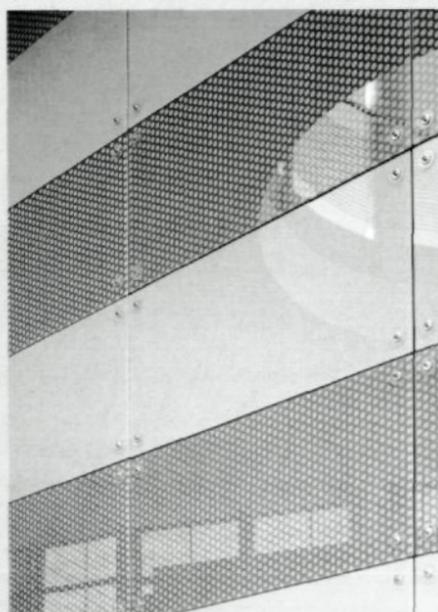
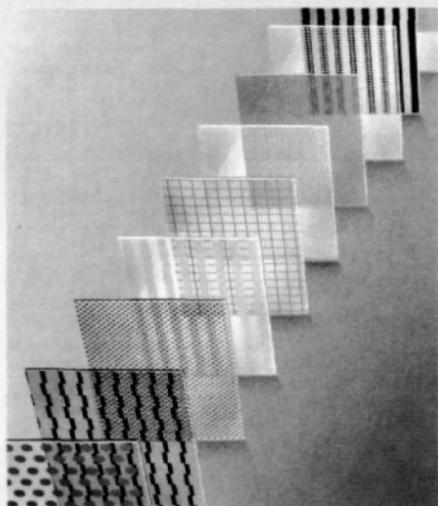
ChromaFusion Cesar Color Inc.

Als ChromaFusion wird eine Polyethylenfolie (PE) angeboten, die in jeder gewünschten Weise bedruckt werden kann. Sie wird zwischen zwei Polyvinylbutyralfolien (PVB) gespannt und bildet in diesem Verbund das Laminat für die Herstellung von Verbund-Sicherheitsgläsern. Gegenüber dem direkten Bedrucken des Glases liegt der Vorteil dieser Technik in der Bildschärfe und Beständigkeit des Dekors (vgl. 124/125 ARCH⁺, S. 120).

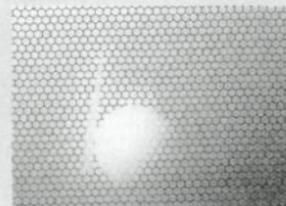
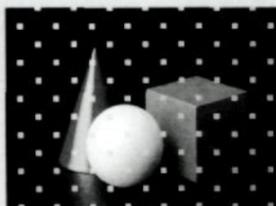
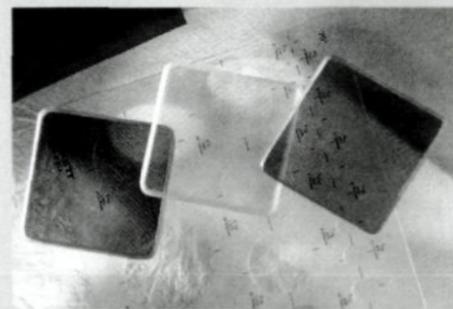
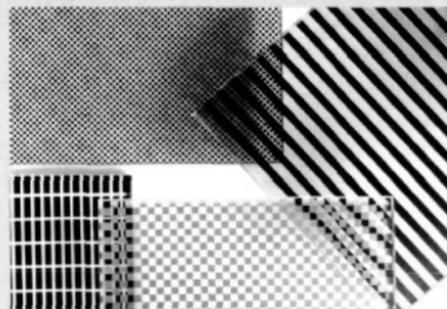
Farbiges Laminatglas Vegla GmbH

Gegenüber dem sehr teuren Durchfärben von Glas bildet Laminatglas eine kostengünstige Alternative für farbiges Glas. Beim farbigen Laminatglas werden zwischen zwei Glasscheiben eine oder mehrere Farbfolien aus Polyvinylbutyral (PVB) gespannt. Die Vegla GmbH bietet über 500 Farbtöne an, durch deren Überlagerung eine fast unbegrenzte Zahl von Farbnuancen erzielt werden kann.

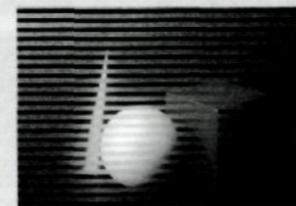
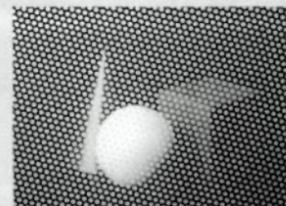
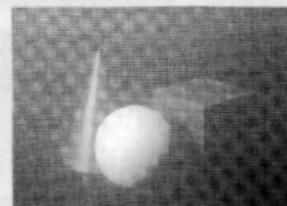
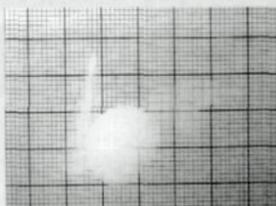
Standardmuster siebbedruckter Gläser; rechts: Kunstmuseum Wolfsburg (Arch.: Schweger & Partner) mit ganzflächigem und punktgerastertem Delogcolor



Links: Siebbedruckte Glastrennwand zur Kassenhalle der Stadtparkasse Duderstadt; unten: farbiges Laminatglas



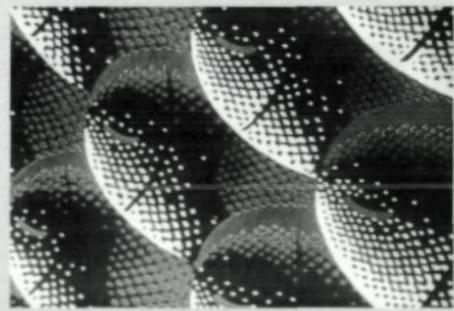
Einige Standardmuster für bedruckte, einlamierte Folien in Verbundgläsern



Contrasplit-Design Vegla GmbH

Die Gläser der Contrasplit-Design Serie sind Verbundsicherheitsgläser, die auf der von Cesar Color Inc. entwickelten Technik bedruckter Folien im Verbundinneren basieren. Sie sind sowohl für den Innenausbau geeignet, z.B. in Banken, als auch im Außenbereich, wo Sicherheitsgläser gefordert sind. Im Standardprogramm werden acht Druck- und vier transparente Hologrammvorlagen angeboten. Nach Wunsch können individuelle Muster oder Bildmotive erstellt werden. Neben den Vorteilen, daß das Dekor vor äußeren Einwirkungen geschützt und somit auch die Reinigung der Glasscheiben problemlos ist, besteht der Vorzug dieser Folientechnik in der beidseitigen Ansicht des Dekors: Es entsteht nicht der Effekt der Hinterglasmalerei. Darüber hinaus ist es möglich, beide Folienseiten unterschiedlich zu bedrucken, z.B. auf der einen Seite mit einem geometrischen Muster und auf der anderen Seite mit einem Bildmotiv oder Firmenlogo. Beide Muster bzw. Motive werden exakt überlagert, so daß die verblüffende Wirkung zweier verschiedener Ansichten entsteht, während eine gewisse Transparenz erhalten bleibt.

Unter dem Markennamen Contrasplit-Control bietet die Vegla GmbH ein 'Hologramm-VSG' an, das die wechselnde Ansicht von Hologrammfolien nutzt: Je nach Betrachtungswinkel ist es transparent oder transluzent.



Fotokopieren

Farbtransferdruck Intron GmbH

Mit der Farbtransferdruck-Technologie können Vielfarbdrucke in hoher Qualität auf unterschiedliche Materialien, besonders auf Glas, gedruckt werden. Dieses Verfahren ist besonders für Einzel- und Kleinserien geeignet. Beim Farbtransferdruck werden die Tonerpartikel eines üblichen Laserfarbkopierers bzw. -druckers spiegelbildlich auf eine spezielle Transferfolie kopiert oder gedruckt. Der eigentliche Druckvorgang auf das Glas vollzieht sich in der Transferpresse. Dabei wird die Transferfolie derart unter Druck abwechselnd erhitzt und abgekühlt, daß die Bindung des Toners auf der Transferfolie gelöst wird und sich mit der Oberfläche des Glases verbinden kann. Bisher bestand das größte Problem dieser Technik in der Beständigkeit der auf Glas kopierten Motive. Mit der Vorbehandlung des Glases durch eine spezielle Silicat-Sperrschicht



Oben: Fenster mit je nach Betrachtungswinkel unterschiedlicher Transparenz bei Cotrasplit-Control; darunter: Glaswand in einem Autosalon mit beidseitig bedruckten Folien (Markenname: Contrasplit-OneWay),

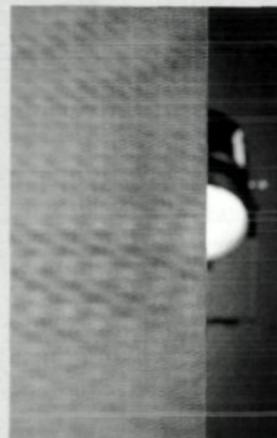
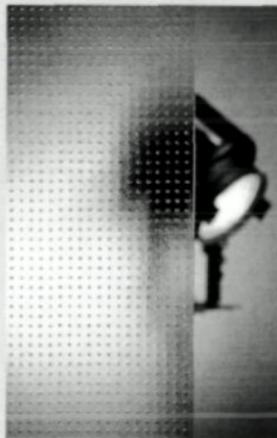
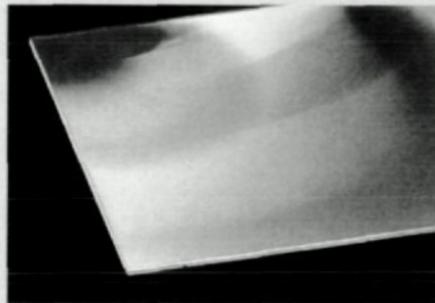
trotz relativer Durchsicht unterschiedliche Ansichten (Oldtimer / Firmenlogo); rechts: OneWay-Folien an einem Privathaus in Chicago (Arch.: Lohan Ass.)

und der Transferfolie durch das Intron-Coating Powder wird die Kratz- und Wisch- bzw. UV- und Umweltbeständigkeit jedoch gewährleistet. Bei starker Beanspruchung des Glases ist eine weitere Versiegelung der Oberfläche möglich.

Gießharz

Figla Safety-R Figla Co. Ltd.

Figla Safety-R ist ein Verbundsicherheitsglas, das aus zwei 3 mm starken ESG-Scheiben und einer 1 bis 3 mm dünnen Gießharzschicht besteht. Das Gießharz ist funktional und gestalterisch das Kernstück des Verbundes: Wie bei anderen VSG-Scheiben werden je nach Dicke des Gießharzes Schallschutzwerte von 30 bis 40 dB erzielt und unerwünschte UV-Strahlungen abgehalten, hier aber bei wesentlich geringeren

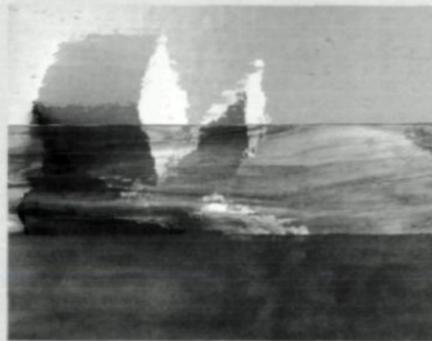


Glasdicken. Gestalterisch bietet das Gießharz eine Vielzahl von Möglichkeiten: Es kann vollständig oder partiell mit einer oder mehreren Farben coloriert oder mit Folien oder Japanpapier durchzogen werden. Werden die beiden ESG-Scheiben gestalterisch bearbeitet, ergeben sich überraschende Überlagerungen. Figla stellt diese Scheiben in Größen bis zu 3 x 8 m her.

Gußgläser

Masterglass Vegla GmbH

Masterglass ist ein ornamentiertes Gußglas, das aus einer Mischung von Sand, Soda, Sulfat, Kalkstein und Kalkspat und mit geringen Anteilen anderer Stoffe gegossen wird. Die Formgebung (Struktur, Dicke, Breite) des flüssigen Glases erfolgt zwischen einem Walzenpaar. Je nach Oberflächenbeschaffenheit der Walzen und des Tisches kann Gußglas mit zwei glatten Oberflächen, einer glatten und einer ornamentierten oder auch zwei ornamentierten Oberflächen hergestellt werden. Mit Masterpoint (Gußglas mit Punkten), Mastercarré (mit Quadraten) und Masterligne (mit Linien) bietet die Vegla GmbH drei Standardmuster an.



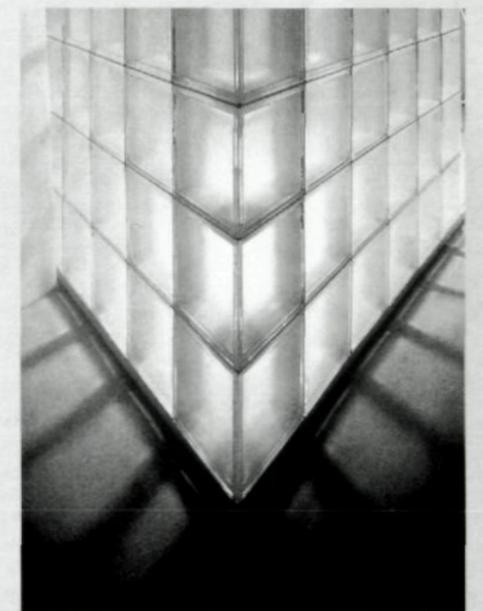
Oben: Gußgläser der Deutschen Spezialglas AG; darüber: Gußgläser Masterglass von Vegla

Sandstrahlen

Beim Sandstrahlen wird die Glasoberfläche nicht wie bei der Ätztechnik in unterschiedlichen Tönen mattiert, sondern tiefer abgetragen. Die Glasflächen werden unter hohem Druck mit Sand- und Korundkörnern (Korund ist ein Schleifmittel) bearbeitet. Entsprechend der Korngröße wird die Oberflächenstruktur aufgereiht. Sandstrahlen dient nicht dazu, um wie beim Ätzen sehr fein abgestufte Mattierungen zu erzielen, sondern eher die Wirkung eines Holzschnittes.

Solaris Glasstein Sahara Oberland Glas AG

Sahara ist ein satinierter (sandgestrahlter) Glasstein, der dank der gleichmäßig aufgerauhten Oberflächenstruktur das einfallende Licht weich und so die Glaswand fast wie ein lichtdurchflutetes Textil erscheinen läßt. Die Glassteine werden in Größen von 95 x 197 x 80 mm bis 300 x 300 x 100 mm und in verschiedenen Farben angeboten, inklusive der Solaris Eckglassteine in jedem gewünschten Winkel zwischen 60° und 140° und der begehbaren bzw. befahrbaren Betonglassteine.



con verklebt werden. Durch die geringe Tiefe der Fliesen können sie auch als Dekorscheibe in übliche Mehrscheibengläser eingefügt werden.

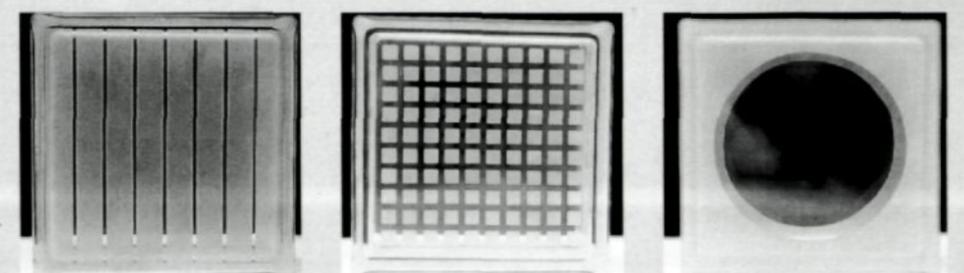
Ätzen

Beim Ätzen wird die Oberfläche des Glases chemisch mit Säure behandelt. Je nachdem ob tiefe Ätzungen vorgenommen oder ob das Glas nur mattiert werden soll, wird meist mit reiner Flußsäure, deren Dämpfen oder einem Bad aus Flußsäuresalzen gearbeitet. Ätzmuster entstehen u.a. dadurch, daß das Glas mit Wachs überzogen und das Muster eingeritzt wird. Wird dann die Ätzflüssigkeit aufgebracht, bleiben, ähnlich wie beim Batikens, die abgedeckten Glasflächen stehen. Mit sogenannter Ätztinte, einer Gold- oder Platinfeder oder einem Gummistempel können Muster auch unmittelbar auf das Glas übertragen werden.

FälländerGlas AG

Für das 1992 errichtete Kirchner Museum in Davos (Architekten: Annette Gigon und Mike Guyer) wurden für die Fassaden wie auch für die Lichtdecken der oberen Ausstellungsräume großflächig geätzte Glasscheiben eingesetzt. Im ebenerdigen Ausstellungsgeschoß sind die Glasscheiben zur Verkleidung des dahinterliegenden Rohbetons genutzt worden. Im darüberliegenden Laternengeschoß, das zur indirekten Beleuchtung der Ausstellungsräume notwendig ist, wird das einfallende Sonnenlicht durch die transluzenten Glasscheiben gedämpft und diffus gestreut.

**Gerrix Exklusive Line
Gerresheimer Bauglas GmbH**
Mit den Glassteinen Linio, Quadro und Rondo der Gerrix Exklusive Line wird erstmals die Ätztechnik auch auf Glassteine angewandt. Sie sind in den üblichen Abmessungen 115 x 115 x 80 mm bis 300 x 300 x 100 mm lieferbar.



Von links nach rechts:
Geätzte Glassteine Linio,
Quadro und Rondo von
Gerresheimer

**Opalescentglas, Colorescentglas
Deutsche Spezialglas AG**
Opalescent- und Colorescentglas sind gewalzte Mehrfarbengläser auf opaker bzw. klarer Grundglasbasis. Wie beim Gußglasverfahren wird flüssiges Grundglas mit Farbpigmenten versetzt und durch zwei wassergekühlte Formwalzen gezogen. Die verfahrensbedingten Stukturen, die auf dem so gezogenen Glas sichtbar bleiben, führen dazu, daß das einfache Gußglas nicht klar durchsichtig ist und verleihen dem Mehrfarbenglas seinen einmaligen Charakter.

Fusing

Das Glas-Fusing (auch Farbschmelze genannt) ist ein Verfahren, bei dem farbige Glaselemente auf Flachglas in einem Spezialofen aufgeschmolzen werden. Je nach Temperierung sinken die Glaselemente stärker oder schwächer in die darunterliegende Flachglasscheibe ein.

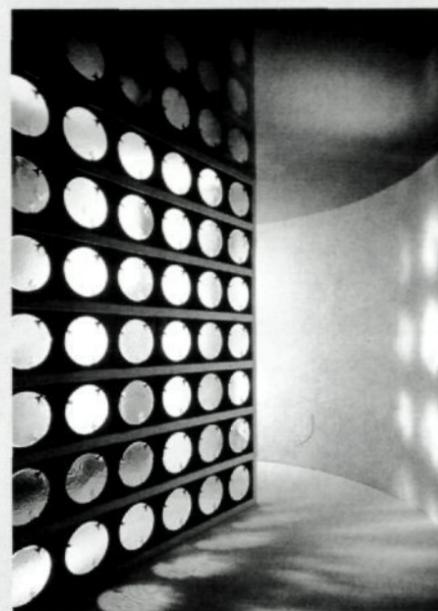
**Glas-Fusing-Fassadenelemente
Neuenburger Glaswerkstätten**
Fusing-Glasscheiben wurden bisher für Türfüllungen, Möbel und wettergeschützte Lichtdecken verwendet. Neuerdings kann das



Farbschmelzglas mit einem speziellen Gießharz auf eine ESG- oder auch VSG-Scheibe geklebt und als Fassadenelement in die üblichen Rahmenkonstruktionen integriert werden. Die maximale Größe der einzelnen Elemente beträgt 950 x 1980 mm.

Glasfliesen Leucos S.p.A.

Die Glasfliesen werden in acht Größen von 170 x 370 mm bis 640 x 715 mm und mit einer Vielzahl an Standardfarben und -dekoren angeboten. Da die Fliesen in Formen gegossen werden, können auch Einzelanfertigungen realisiert werden. Im Unterschied zu handelsüblichen Glassteinen, die eine Mindesttiefe von 80 mm haben, sind die Glasfliesen je nach Größe und Beanspruchung zwischen 20 und 70 mm tief. Die Glasfliesen werden zweiseitig in einen Holz- oder Aluminiumrahmen gespannt, so daß die beiden anderen Seiten stumpf aneinander stoßen und mit Sili-



Kirchner-Museum, Davos:
Geätzte Glasscheiben für
Lichtdecken und Außenwände



James Carpenter

James Carpenter sieht sich selbst gerne als 'sculptor', was - mit 'Bildhauer' übersetzt - im Deutschen noch irreführender ist als im Englischen. Carpenter ist eine singuläre Erscheinung, allenfalls vergleichbar mit den Büros von RFR oder Calatrava; für seine Tätigkeit, die er mit drei assoziierten jungen Architekten in einem kleinen Studio in TriBeCa Downtown Manhattan ausübt, ist eigentlich keine Berufsbezeichnung zutreffend. Sie ist irgendwo zwischen Artefakt, Architektur und Ingenieurkunst angesiedelt.

Nach einer Ausbildung an der Rhode Island School of Design, in deren Verlauf er nach einem kurzen Abstecher in die Architekturabteilung in das Sculpture Department wechselte, arbeitete er in den 70er Jahren - neben seiner eigenen Tätigkeit als Filmmacher und wechselnden Installationen von Glasskulpturen - in der Forschung und Entwicklung von Corning, um technologische Grenzen des Glases aus-

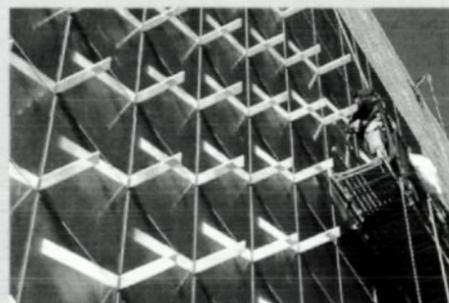
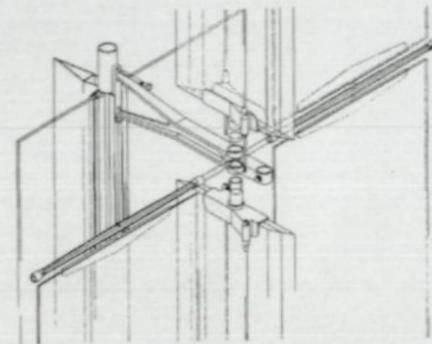
zuloten, hauptsächlich in Richtung photoreagibler und photosensitiver Gläser. Sein Interesse für dichroische Gläser, die bestimmte Wellenlängen des Lichts reflektieren und für andere durchlässig sind, eigentlich ein Produkt für sensible optische Anwendungen, brachte ihn schließlich mit Norman Foster zusammen. 1977 verließ er Corning, um ein radikal neues Glasprodukt zu entwickeln, das photosensitive Lichtblenden integrierte, die abhängig von der Fensterhöhe in unterschiedlichen Winkeln einstellbar sein sollten. Das Produkt sollte an Norman Fosters Hongkong & Shanghai Bank getestet werden, kam jedoch letztlich nicht zum Zuge.

Carpenter möchte jedoch nicht als rein technischer Berater für Architekten gesehen werden, auch wenn sein Studio Aufgaben dieser Art oft übernimmt. Er ist aber überzeugt, daß nur wenige Architekten oder andere Professionen mit dem Fachwissen seines Unternehmens konkurrieren können, daß auch seine Kenntnis der Produktionsprozes-

se und der Verfügbarkeit von Materialien und Technologien die jedes Architekturbüros übertrifft. Carpenter weiß, welche Dinge man wie zusammenfügen muß, um ein neues Produkt zu schaffen.

Seine Projekte ordnet er den Gruppen 'Art-Architectural' und 'Architectural Glass' unter, je nachdem ob er damit beauftragt wird, ein Gebäude mit einem Kunstwerk zu ergänzen oder programmatisch zu einem Bauwerk beizutragen, indem er etwas entwickelt, das Teil des Ganzen ist. Gleich in welcher dieser zwei Kategorien er arbeitet, sieht er es jedoch als Mißverständnis an, von der Architektur isolierte Objekte schaffen zu wollen. Ein weiteres Anliegen zieht sich als Leitfaden durch sein gesamtes

Werk. Alles, was er entwickelt, ob Teil eines Gebäudes oder autonomes Artefakt, soll eine aktive Rolle spielen, mehr sein als ein bloß additives System, soll ein Eigenleben haben, das sich im Wechsel der Tageszeiten dramatisch entfaltet.



Dichroic Light Field (1995). Außenwand eines New Yorker Fitnessclubs aus laminierten Glasscheiben auf einer Stahlunterkonstruktion. Durch die diffuse Oberfläche werden die wechselnden Lichtstimmungen des Himmels reflektiert. 216 senkrecht stehende, dichroische, laminierte Glasschwerter, die jeweils komplementäre Hälften des Lichtspektrums durchlassen oder reflektieren, schaffen permanent wechselnde Farbfelder. Von Norden gesehen reicht das Spektrum von Blaugrün bis Indigo, aus südlicher Richtung von Gold bis Magenta.



Refractive Glass Wall (1996). 30m lange und 15m hohe, gebogene Glaswand an der First Hawaiian Bank. Je fünf

vertikale Glasprismen aus laminiertem Glas tragen geätzte Glasscheiben vor der Außenhaut aus Klarglas. Das System un-

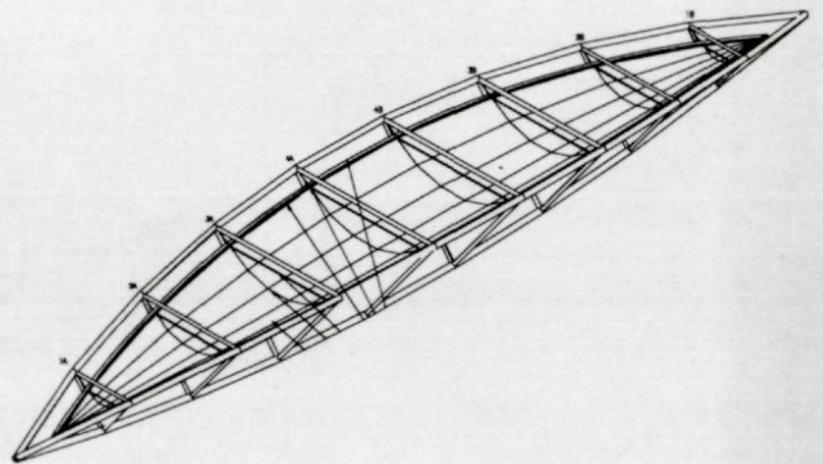
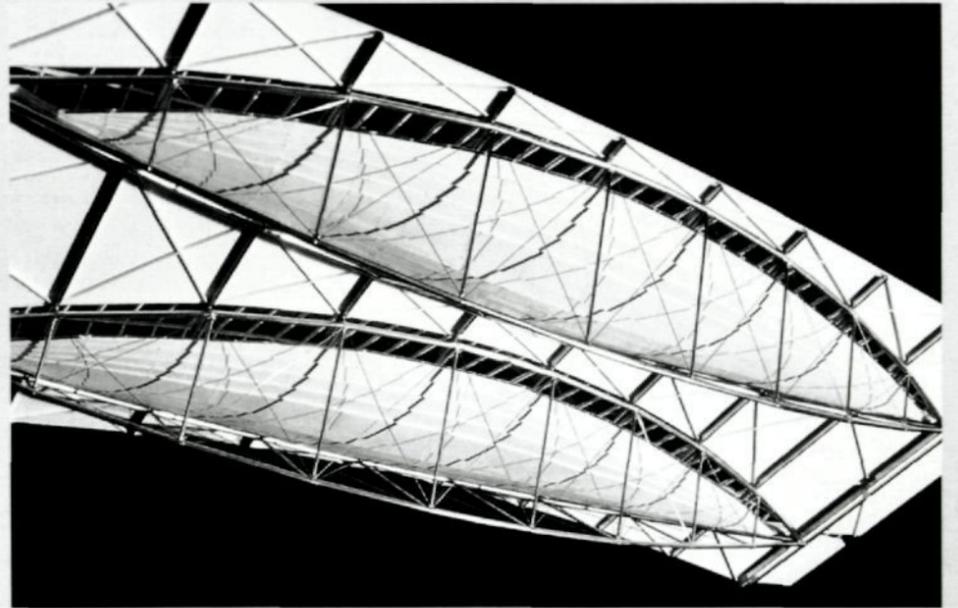
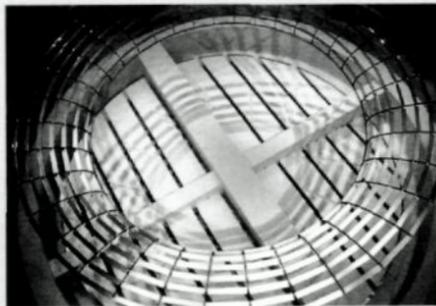
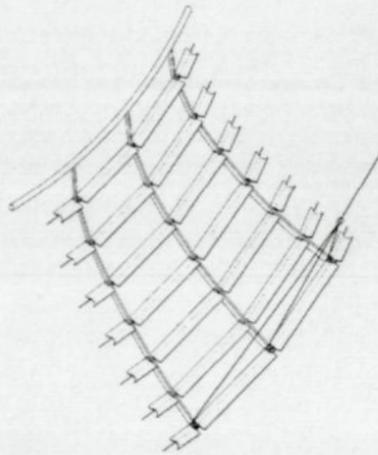
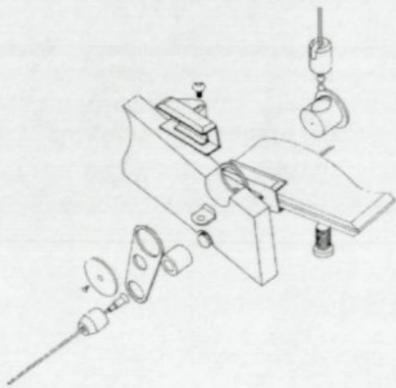
terbindet direkten Lichteinfall und bildet eine diffuse Projektionsfläche für die Lichtbrechungen der Prismen.

Seine frühen Erfolge mit skulpturalen Arbeiten sieht er heute mit gemischten Gefühlen, weil sie eher eine Übertreibung der Effekte heraufbeschworen als eine Analyse der Form und die Rigorosität der technischen Details. Er ist nach wie vor von der Idee besessen, "lebendiges Glas"

zu schaffen, das Material so zu manipulieren, daß etwas entsteht, was über und hinter der Erfahrung liegt. Sein Interesse gilt nicht dem dekorativen, historischen Gebrauch des Glases, eher möchte er räumliche Erfahrungen erschließen und freilegen, die aus einer Überhöhung der

individuellen Erfahrung von Lichtphänomenen resultieren. Die Schnittstelle zwischen Innen und Außen, deren Grenzcharakter die übliche abstrakt-transparente Glasscheibe negiert, möchte er zu einem Raum erweitern, zu einem Instrument oder einer Struktur, die die Komplexität der Lichtbewegungen offenbart und deren Fähigkeit, Raum zu schaffen oder zu transformieren. In diesem Sinne arbeitet Carpenter im

buchstäblichen Sinn mit Glas, ist Glas für ihn aufs engste mit Struktur und Konstruktion verbunden, sucht er Glas aus der Gefangenschaft des Rahmens zu befreien. Über den Umweg der Kunst gelangt er zur Konstruktion. Er begreift Glas als konstruktives Material, als Movens, konstruktive Systeme so auszureizen, daß Glas als primäres Baumaterial vollen Anteil daran hat, und sie gleichzeitig zu überhöhen, indem er das Licht und dessen Kontrolle mit einbezieht. Das wäre eine dritte Kategorie seiner Arbeit, und das eigentlich könnte mit Glasarchitektur gemeint sein.



Fresnel Ring (1996). Reine geometrische Form, Revolutionsparabel genannt, abgehängt in der 18m hohen Rotunde der Eingangshalle zum Rhode Island Convention Centre. Ein frei vor den Fenstern schwebender, starrer Leichtbaurahmen trägt 252 diffuse, angeschrägte dichroische Lamellen aus laminiertem Glas. Kohlefaserrippen sind innen mit dem zentralen Ring aus Aluminium-Torsionsrohr verbunden, außen mit Edelstahlseilen abgehängt. Die die Rippen verbindenden Zugseile ziehen die Konstruktion zusammen und halten die sieben Glaslamellenringe unter Druck.

Sculptural Light Reflectors (1994-98). Dreidimensionale Dachträger zur Licht- und Klimakontrolle als abgehängte Oberlichtstruktur für die neue Abflughalle des San Francisco International Airport. Bilden ein Innenvolumen, in dem Tageslicht moduliert wird. Starre Stahlrahmen, Reflektor aus mit Kevlarkabeln verspanntem, teflonbeschichtetem Glasfasertextil, von abgeschrägter, reflektierender Glaskrone eingerahmt.

Glasdesign

Architectural Glass Design

AGD wurde von dem Glaskünstler Gordon Huether 1987 im kalifornischen Napa gegründet. Der Mitarbeiterstab umfaßt Künstler, Architekten und Handwerker. Die Firma zählt in den USA zu den führenden Einrichtungen zur Erforschung und Entwicklung neuer Formen von Glasfenstern und Glasobjekten, die im eigenen Betrieb produziert werden. Die Werkstätten beherrschen eine breite Palette von Verfahren zur Glasgestaltung, die alle bekannten Techniken der Glasbearbeitung umfassen, einschließlich thermischer Verfahren. Dazu zählen neben Bleiverglasungen mundgeblasenes oder geschmolzenes Glas ebenso wie die Produktion von Glasprismen, von geschliffenem oder gegossenem Glas. Bestimmte Beschichtungen und Bedampfungen mit Metall werden von Spezialwerkstätten ausgeführt. Nach Bedarf werden externe Berater in ein Projekt einbezogen. AGD ist an einer kooperativen Arbeit interessiert. Auftraggeber und Architekten werden in den

Planungsprozeß einbezogen, um das architektonische Konzept konterkarierende Entwürfe zu vermeiden, die Zusammenarbeit mit Experten-Teams wird begrüßt, die Werkstätten stehen den Auftraggebern während des Herstellungsprozesses offen.

Ein Produkt, das aus der Zusammenarbeit mit der Stanford University entstand, ist Inner-Lite, das in einem patentierten Verfahren hergestellt wird. Inner-Lite verbindet die Wärmeschutzwerte und einfache Montage handelsüblicher Mehrfachverglasungen mit den mehrfarbigen oder mehrschichtigen Licht- und Schattenspielen mundgeblasener Gläser und Glasprismen.

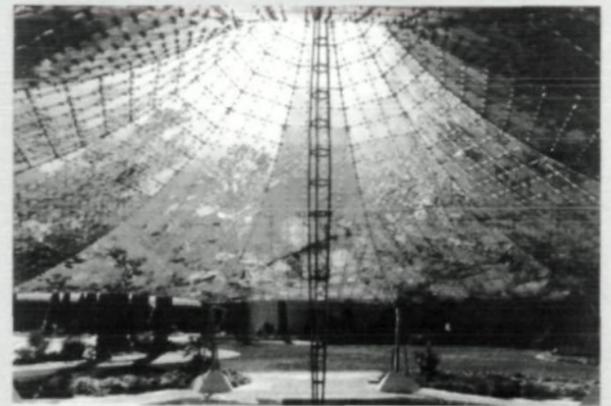
Glasmalerei

Franz Mayer'sche Hofkunstanstalt Unter Glasmalerei versteht die Mayer'sche Hofkunstanstalt das Bearbeiten von Industrieglas und mundgeblasenem Glas mit allen bisher bekannten Techniken: sandstrahlen, ätzen, farbschmelzen, bemalen, etc. Das erste Projekt in dieser Technik war das Gläserne Zelt von Frei und Bettina Otto 1985 in Riyadh. Anknüpfend an die arabische

Tradition geschmückter Textilzelte sollte jede Bahn des Zeltes eine eigene Grundfarbe erhalten, deren Aneinanderreihung einen Farbkreis ergibt. Durch aufgemalte florale Formen wurde der Eindruck eines 'Gartens in der Wüste' verstärkt. 1995 realisierte der Künstler Brian Clarke für Northshopping in Rio de Janeiro eine 1170 m² große Glaswand. Durch die Verwendung von industriellem und mundgeblasenem Glas wurden unterschiedliche Lichtbrechungseffekte erzielt. Die farbigen Scheiben konnten ohne Sonderkonstruktionen in handelsübliche Fassadenprofile eingehängt und auf kleinteilige Verstrebenungen und Halterungen verzichtet werden.

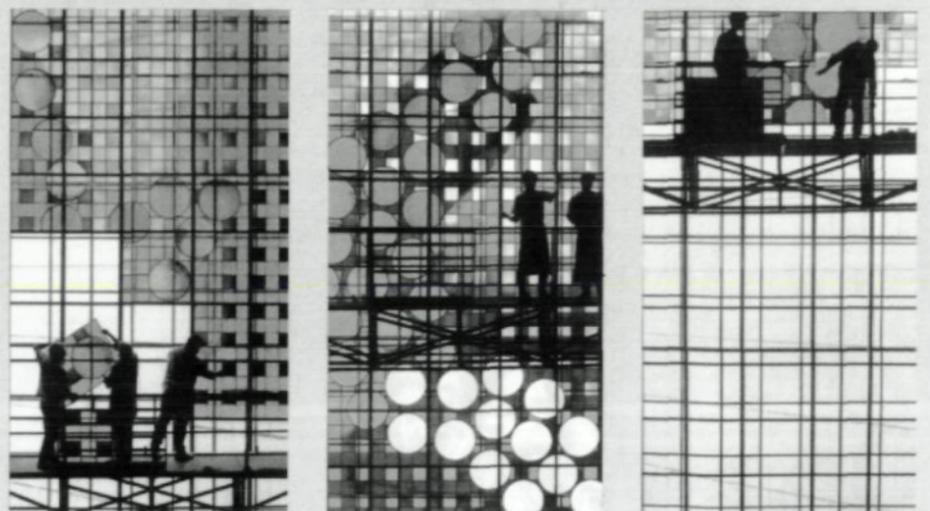
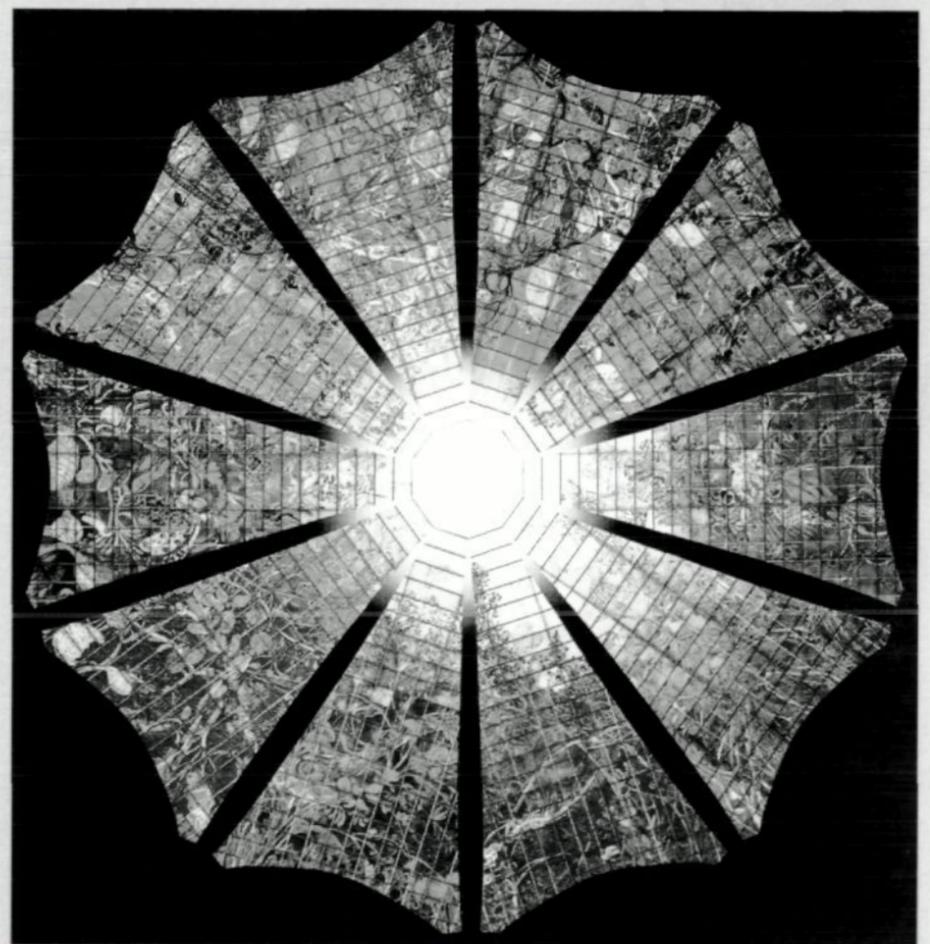
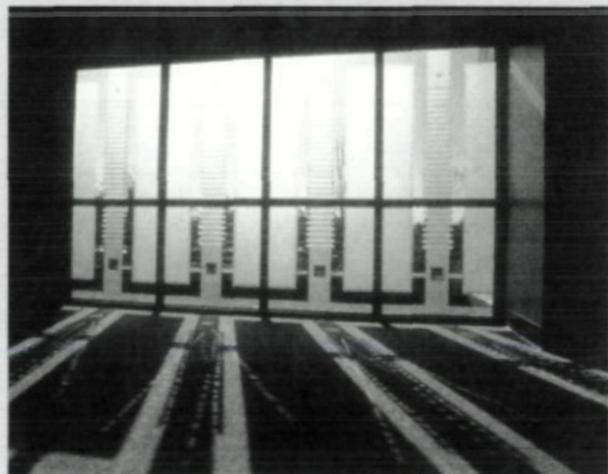
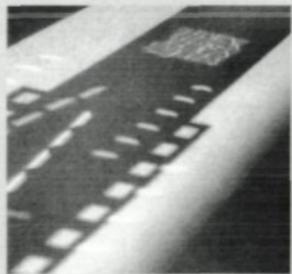
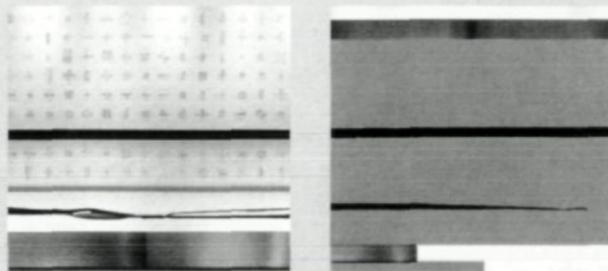
Bernard Pictet

Das 1982 gegründete Pariser Atelier hat sich auf subtile Methoden der Verarbeitung von Glasprodukten spezialisiert. Anwendungen reichen von Glasobjekten für die Innenraumgestaltung über Architekturgläser bis zu kühnen Glanzglaskonstruktionen. Das Atelier wirkt als team leader in einem Netzwerk kleiner und mittelgroßer Unternehmen, die die Arbeiten von Pictet durch fortschrittliche Technologien ergänzen und die Kapazitäten in der Herstellung und Bearbeitung von Glas beträchtlich ausdehnen. Das Leistungsspektrum umfaßt beinahe alle handwerklichen Techniken der Oberflächenbearbeitung, der Bearbeitung von



Gläsernes Zelt des Diplomatischen Clubs in Riyadh, Architekten-gemeinschaft: Omrania - Happold - Frei Otto

Beispiele für Fenstergestaltungen von AGD; großes Foto: 2,50 x 4 m große Inner-Lite-Installation mit Detail des Schattenwurfs



Drei von insgesamt 20 Oberlichtverglasungen der Franz Mayer'schen Hofkunstanstalt für Northshopping, Rio de Janeiro, entworfen von dem Glaskünstler Brian Clarke

Glas in der Masse, der Verbindungen sowie der konstruktiven Verwendung von Glas. Unter letzteren sind auch experimentelle Projekte zu finden wie gläserne Brücken, Treppen und Dächer oder seilverspannte Glasdecken. Neben individuell gefertigten Metallfittings für rahmenlose Verglasungen werden innovative Lösungen für Glasverbindungen angestrebt, wie das Verflechten mit Seilen oder das UV-

beständige, unsichtbare Verkleben. Glas erhält aber auch einen eigenen Ausdruck, wenn es brutaleren Verarbeitungsmethoden unterzogen wird, dem Meißeln, dem Modellieren durch grobkörnige Sandstrahlung, wenn es geschmolzen und verformt, mundgeblasen oder zu rohen, dickwandigen Formen gegossen wird oder aber geschliffen und zu optischen Qualitäten poliert. Dagegen ändern die zahlreichen Arten der Oberflächenbehandlung, die aus einer langen Tradition der Glasmacher und Graveure resultieren, zwar die äußerliche Erscheinung, nicht aber die Dicke des Materials. Hier versucht das Atelier, durch die Kombination und Überlagerung unterschiedlicher Techniken neuartige Oberflächen zu erzielen, z.B. durch Sandstrahlen in unterschiedlicher Körnung, das nachträgliche Polieren gefräster Oberflächen, die Blattsilberbeschichtung gemeißelter Flächen, die Überlagerung von Laminaten, Siebdrucken, Ätzungen, Emaillierungen und Metallbedampfungen, das punktweise Aufschmelzen von Glasprismen etc. Das Atelier arbeitet auch als Berater für Designer und Architekten, um die Kenntnisse von Verarbeitern und Planern in innovativen Projekten zusammenzuführen.

Dekor und Performance

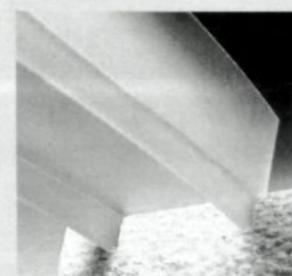
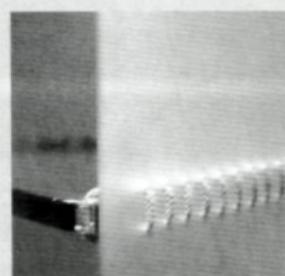
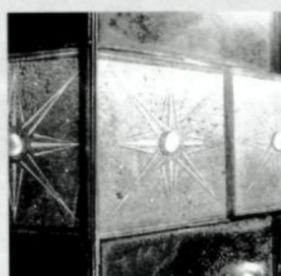
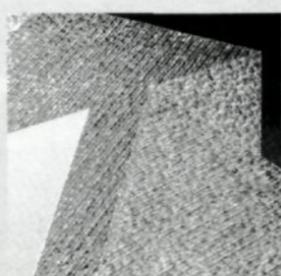
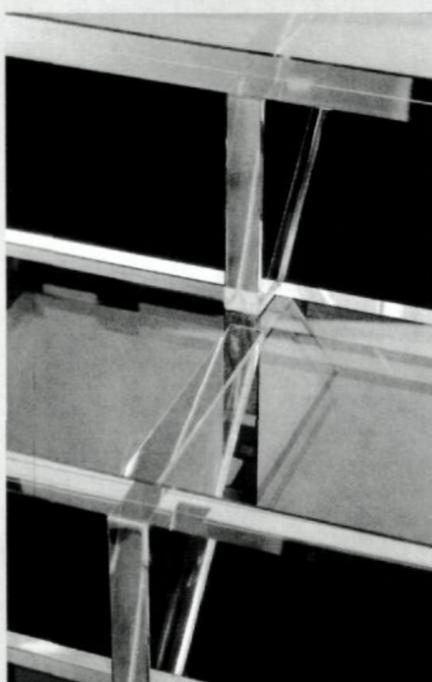
Die Geschichte der Architektur ist die Geschichte, wie Licht in Gebäude gelangte: von schmalen Öffnungen in gemauerten Wänden und Dächern, die später mit kleinen Glasstücken gefüllt wurden, bis hin zu ganzen Hüllen aus Glas. Die Geschichte der architektonischen Suche der Menschheit nach der Beherrschung von gravitas durch levitas begann in der Mitte des 19. Jahrhunderts, und ihre Grundlage war das Glas.

Während weiter Strecken des 20. Jahrhunderts wurde Dekor in einem architektonischen Selbstreinigungsprozeß fallengelassen, was der puritanische Adolf Loos in 'Ornament und Verbrechen' am klarsten vertrat. Licht symbolisiert edle Gesinnung, Aufklärung, Rationalität, Ordnung und Hygiene. So wurde Glas zu Beginn dieses Jahrhunderts zu einer sich selbst begründenden ästhetischen Kategorie: Seine kristalline Transparenz symbolisierte rationales und ökonomisches Denken. Als Architekturästheten des zwanzigsten Jahrhunderts haben wir dem heiklen Dekor aus Gründen der Tugend abgeschworen. Glas und andere Baumaterialien zu dekorieren galt als dekadent und unmoralisch, als unrein. Die Suche nach Minimalismus hat sich - als ginge es um eine klösterliche Existenz - nicht um die menschliche Natur zu scheren. Glas überlebte das alles und ist die erste Wahl unter den Materialien eines architektonischen Minimalismus. Warum?

Die Einzigartigkeit dieses Materials liegt in seiner Fähigkeit, Licht zu brechen und zu reflektieren. Glas ist ein Phänomen. Seine glatte und dauerhafte Oberfläche kann mit einer Vielzahl von Texturen behandelt werden, die mit keinem anderen Material zu erreichen sind - und dabei immer noch Licht brechen. Es kann von der Transparenz über unterschiedliche Grade der Transluzenz bis zur Opazität abgestuft werden, kann mit Maschinen makro- und mikrobehandelt werden, geätzt und gesandstrahlt, mit Mustern versehen und profiliert, durchgefärbt oder bemalt,

emailliert und bedruckt werden. Heute könnte das farbige Glasfenster wie ein Anachronismus wirken - als Produkt einer veralteten Glastechnologie, mit der nur kleine, unebene und unregelmäßig dicke Teile hergestellt werden konnten. Das aber geht am Kern vorbei. Die wesentlichen Qualitäten des Glases sind dieselben geblieben - Brillanz, Transluzenz und Komposition. Die Tatsache, daß wir so viel mehr Techniken beherrschen, kann diese Qualitäten nicht verdecken. Heute können wir - über die Lichtmalerei und Lichtstreuung historischer Erzählungen, Geschichten und Gleichnisse hinaus - mit den neuen Komposit-techniken arbeiten, um höhere, künstlerische Ebenen der Umweltperformance zu erreichen: gefärbte und sich überlagernde Laminare, punktweise Elektrolumineszenz, photochrome Gläser, Hologramme, Doppelbrechungen und schaltbare Flüssigkristalle, Photovoltaik, Informationstechnologien, Metallbeschichtungen und - in nicht allzu ferner Zukunft - biogenetische Beschichtungen und vielleicht eingepaßte Miniaturlaser. Die Anwendung dieser Techniken fordert dazu heraus, reagible thermische und intelligentere Glashüllen für Gebäude zu schaffen. Aber gleichzeitig können Anwendungen wie diese über die rein technisch-harmonische Integration von Glas in Gebäuden hinausgehen, um zu inspirieren, zu erregen und zu lehren, wie es das farbige Glasfenster vor so langer Zeit tat. Wir können Theophilus' 'De Diversis Artibus', im 12. Jahrhundert in Deutschland geschrieben, dankbar sein, auch Braque, Chagall und Miro, die Meistermann und Schaffrath inspirierten, aber ebenso Loos, Taut und Mies van der Rohe. Wir stehen am Vorabend einer erneuten Renaissance des Glases durch die intelligente Synthese von Kunst, Natur und Technologie, bei der Dekor Performance ist und Performance Dekor, und die eher dynamisch als statisch ist.

Ian Ritchie



Von links nach rechts: grobkörniges Sandstrahlen, Meißeln, Gußglas, geflochtene Glasverbindung, Ganzglasbrücke mit 4 m Spannweite

Glas und Brand-schutz

Unter Brandschutzverglasungen versteht man komplette Bauteile bzw. Bauarten, die aus verschiedenen Einzelkomponenten zusammengesetzt sind: aus Rahmen bzw. Rahmenkonstruktion, lichtdurchlässigen Elementen (Brandschutzgläsern), aus den erforderlichen Befestigungsmitteln (Dichtungen, Glashalteleisten) sowie der Wand, in die die gesamte Konstruktion integriert wird. Im Gegensatz zu den beweglichen Feuerschutzabschlüssen, z.B. T-Türen, sind Brandschutzverglasungen feststehende, nicht öffnende Bauteile.

Bei den Brandschutzgläsern, die den wesentlichen Bestandteil einer Brandschutzverglasung bilden, hat es in den letzten etwa 18 Jahren einen gewaltigen Entwicklungsschub gegeben. Existierten bis dahin lediglich Gläser mit Drahteinlagen und Glassteinwände als gegen Feuer widerstandsfähige Verglasungen, wurden Ende der 70er Jahre erstmals spezielle feuerhemmende bzw. feuerbeständige Gläser entwickelt und auf den Markt gebracht. Es entstanden u.a. Glasverbunde, die Wärmestrahlung über einen längeren Zeitraum fast vollständig zurückhalten können.

Brandschutzverglasungen erlauben heute große gestalterische Freiheit und Transparenz und leisten gleichzeitig wirksamen Widerstand gegen die Ausbreitung von Feuer, Rauch und Hitze. Die Entwicklung der Brandschutzgläser und entsprechender Profile und Rahmen hat dazu geführt, daß neben senkrechten Anwendungen auch Systemlösungen in horizontaler oder geneigter Form ohne Schwierigkeiten realisierbar sind. Nahezu alle Eigenschaften der heute bekannten Funktionsgläser lassen sich mit Brandschutzgläsern kombinieren. Dies bildet einen wichtigen Baustein, um Sonderwünsche von Planern und Bauherren zu verwirklichen.

Bauaufsichtliche Anforderungen
Die Grundanforderungen an den vorbeugenden Brandschutz sind in § 3 der Musterbauordnung (MBO 1994) wie folgt festgelegt: "Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und zu unterhalten, daß die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben oder Gesundheit, nicht gefährdet werden; sie müssen ihrem Zweck

entsprechend ohne Mißstände zu benutzen sein. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind zu beachten." Zu diesen zählen die von der obersten Bauaufsicht über das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt in Berlin) eingeführten technischen Baubestimmungen, z.B. die DIN 4102 ("Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen") bzw. die im Rahmen der europäischen Normungsgremien erarbeitete prEN 357.

Die einzelnen Länderbauordnungen regeln bzw. setzen die wesentlichen Aussagen und Anforderungen der MBO für die bei einem Bauvorhaben zulässigen Baustoffe und Bauteile um. Dabei überwacht die Untere Bauaufsichtsbehörde die Einhaltung der Vorschriften und legt die Anforderungen fest. Für besondere Bauaufgaben wie Krankenhäuser, Versammlungsstätten etc. sind eventuell weitere Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften zu beachten.

Beim Antrag auf Baugenehmigung sind u.a. Brauchbarkeitsnachweise der zu verwendenden Baustoffe und Bauteile beizubringen, die auf zwei Arten erfolgen können: Erstens in Form einer bauaufsichtlich eingeführten Norm, in der Baustoffe und Bauteile exakt beschrieben und klassifiziert sind, wobei die in DIN 4102 Teil 4 aufgeführten Baustoffe und Bauteile ohne besonderen Nachweis verwendet werden können. Zweitens durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, die für Brandschutzverglasungen auf Grundlage der DIN 4102 Teil 13 zu erwirken ist.

Brandschutzverglasungen gelten im baurechtlichen Sinne als noch nicht allgemein gebräuchliche und bewährte Bauteile, also als Sonderbauteile. Die Verwendung einer Brandschutzverglasung ist somit ausschließlich über den zweiten Weg nachzuweisen. Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt das DIBt-Berlin auf Antrag und auf der Basis eines Prüfzeugnisses durch ein amtlich anerkanntes Prüfinstitut.

In besonderen Fällen ist die Verwendung eines neuen Bauteils über eine "Zustimmung im Einzelfall" durch die Oberste Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes zu erreichen. Jede Abweichung von der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung beschriebenen Ausführung einer Brandschutzverglasung bedarf in der Regel der "Zustimmung im Einzelfall", z.B. wenn Gläser eingesetzt werden sollen, deren Abmessungen größer sind als die tatsächlich geprüften Maße.

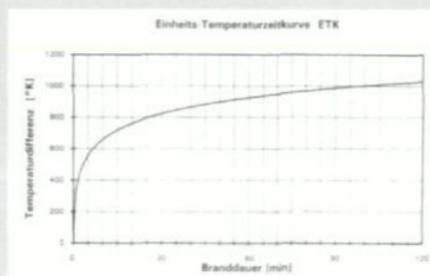
Die "Zustimmung im Einzelfall" kann in Sonderfällen auf der Basis zusätzlicher Prüfungen in einem akkreditierten Prüfinstitut, z.B. einem Materialprüfungsamt (MPA), erreicht werden und bedeutet einen erheblichen Zeit- und Kostenaufwand. Der Antrag bei der Obersten Bauaufsichtsbehörde kann mit Unterstützung des Zulassungsinhabers erfolgen; die Kosten trägt normalerweise der Bauherr.

Der Weg zur Erlangung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung beginnt mit offiziellen Brandtests an einem kompletten Bauteil im Maßstab 1:1.

Die Prüfanstalt erstellt daraufhin ein Prüfzeugnis bzw. einen Prüfbericht. Nach mindestens zwei erfolgreichen Prüfungen kann mit diesem Bericht ein Antrag auf Zulassung beim DIBt Berlin gestellt werden, über den ein Sachverständigenausschuß berät. Bei positivem Bescheid stellt schließlich das DIBt eine Zulassung aus, die neben allgemeinen Bestimmungen u.a. Vorgaben zur Konstruktion der Verglasung enthält, zum Einbau der lichtdurchlässigen Elemente (Brandschutzgläser), zur Überwachung der Herstellung und der wesentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Brandschutzgläser sowie eine Unterweisung der Hersteller zur Kennzeichnung der Verglasung.

Bei der Herstellung einer Brandschutzverglasung am Bau sind die Bestimmungen des Zulassungsbescheides detailliert einzuhalten, was der Hersteller/Verarbeiter durch eine Übereinstimmungserklärung gegenüber der Unteren Bauaufsichtsbehörde schriftlich zu bestätigen hat. Der Verarbeiter wird zum letzten Glied in der Kette der Produkthaftung, mit den damit verbundenen rechtlichen Konsequenzen.

F-Verglasungen	G-Verglasungen
Brandbeanspruchung nach Einheitstemperaturzeitkurve (ETK)	
<ol style="list-style-type: none"> Verglasung darf unter Eigenlast nicht zusammenbrechen*) Durchgang von Feuer und Rauch muß verhindert werden. Verglasung muß als Raumabschluß wirksam bleiben <ul style="list-style-type: none"> - keine Flammen auf der feuerabgekehrten Seite - angehaltener Wattebausch darf nicht zünden oder glimmen Die vom Feuer abgekehrte Oberfläche darf sich um nicht mehr als 140 K (Mittelwert) bzw. 180 K (größter Einzelwert) erwärmen. 	
*) Bei Verglasungen mit Verkehrslasten siehe z.B. DIN 1045	



Brandschutzprüfungen, oben: Pyroswiss G 30 mit Siebdruck in Stahlrahmen; unten: als asymmetrische Isolierverglasung in Horizontalprüfung

Prüfung von Brandschutzverglasungen

Die Prüfbedingungen für alle feuerhemmenden bzw. feuerbeständigen Bauteile der Feuerwiderstandsklasse F sowie für die gegen Feuer widerstandsfähigen G-Verglasungen sind im Teil 2 der DIN 4102 beschrieben. Die Prüfung erfolgt an einem Bauteil in Originalgröße in einem Brandofen, dessen Temperatur nach der sogenannten Einheits-temperaturkurve (ETK) geregelt wird.

Die Anforderungen an eine F-Verglasung gehen über die an G-Verglasungen hinaus. Der wesentliche Unterschied besteht in der Begrenzung des Temperaturanstiegs auf der feuerabgewandten Oberfläche des Bauteils auf im Mittel 140 K, wobei keine Stelle am Ende der angestrebten Standzeit mehr als 180 K aufweisen darf. Diese Forderung betrifft das gesamte Bauteil, die lichten Elemente wie auch den Rahmen. Deshalb sind bei F-Verglasungen spezielle Rahmenprofile mit thermischer Entkopplung oder Isolierung erforderlich. F-Verglasungen schützen vor Wärmestrahlung, z.B. bei Fluchtwegen in Gebäuden.

Die Klassifizierung einer Brandschutzverglasung erfolgt mit den Buchstaben F und G und einer Zeitangabe von 30 Minuten und mehr. Es existieren somit gemäß DIN 4102 die Klassifizierungsstufen:

- feuerhemmend bzw. feuerbeständig: F 30 / F 60 bzw. F 90 / F 120
- feuerwiderstandsfähig: G 30 - 120

Zwischen beiden Arten von Brandschutzverglasungen G und F, wie sie heute in den in Deutschland gültigen Normen bekannt sind, könnte sich in Zukunft im Rahmen der europäischen Harmonisierung eine weitere Klassifizierung schieben, die der 'strahlungsreduzierenden' Brandschutzverglasungen (EW-Klasse). In der nachfolgenden Tabelle sind die zukünftigen und die alten Klassifizierungen gegenübergestellt:

Klassifizierung	Feuerwiderstandsfähig	Strahlungsreduzierend	Feuerhemmend, Feuerbeständig
Deutsche Normung	G 30 - G 120	-	F 30 - 120
Europäische Normung	E 15 - 240	EW 30 - 60	EI 15 - 240

Verhalten von Glas unter Temperatureinwirkung

Obwohl Glas ein absolut nicht brennbares Material ist, verhält es sich gegenüber rascher und hoher Hitzeeinwirkung nur wenig resistent. Erstens führen starke Zugspannungen im Glas zum Bruch und zweitens beginnt jedes Glas unter hoher Temperatureinwirkung zu fließen, d.h. es erweicht.

Im Brandfall wird die Glasoberfläche von der Wärmestrahlung schnell erhitzt, während der Randbereich, der durch Glashalteleisten und Dichtungsmaterialien abgedeckt ist, relativ kühl bleibt. Die hierdurch verursachten Spannungen führen schon bei geringen Temperaturdifferenzen bei einigen Glasarten, z.B. gewöhnlichem Isolierglas, zum Bruch; gleiches gilt für Drahtgläser. Um eine raumabschließende Wirkung sicherzustellen, müssen die Scheiben aber möglichst unter allen Belastungen thermischer und mechanischer Art intakt bleiben. Dies kann bei Brandschutzverglasungen sichergestellt werden durch:

- Erhöhung der Festigkeit des Glases
- Verwendung von Gläsern geringer Wärmeausdehnung
- Einsatz infrarot-reflektierender Beschichtungen
- mehrschichtige Aufbauten mit Brandschutzschichten oder -gelen
- angepasste und geeignete Rahmenkonstruktionen.

Aufgrund der verfügbaren Glasarten entwickelten sich zwei in ihrer Funktion und Schutzwirkung unterschiedliche Gruppen von Brandschutzverglasungen, die G- und die F-Verglasungen.

Durch Brandschutzschichten bzw. -gele, vor allem in Gläsern mit mehrschichtigem Aufbau, konnte der Durchgang von Wärmestrahlung bei F-Verglasungen praktisch unterbunden werden. Gläser, die in G-Verglasungen eingesetzt werden, lassen dagegen einen nicht unerheblichen Teil der Wärmestrahlung passieren. Die spezifische Abstrahlung einer monolithischen Glasscheibe liegt bei etwa 50 Prozent der Brandraumstrahlung bei Prüfung

nach ETK. Einschränkungen für den Einsatz von G-Verglasungen als Sonderbauteile sind die Folge.

Gläser für G-Verglasungen

Gewöhnliches Flachglas ist für den Einsatz in Brandschutzverglasungen ungeeignet. Temperaturwechselbeständigkeit und Viskosität bei erhöhten Temperaturen sind zu gering. Zwar brechen auch Drahtgläser, Glassteine und Profilglas unter Feuereinwirkung relativ schnell, aber die Bruchstücke werden in der Regel so zusammengehalten, daß der Raumabschluß der Brandschutzverglasung meistens gewahrt bleibt.

Für Drahtgläser reicht die Bandbreite von G 30 bis G 60 und - mit Hilfe von Aufhängevorrichtungen über die Maschendrahteinlage - bis zu G 90. Für Glassteinwände in zweischaliger Ausführung ist sogar eine G 120-Anwendung möglich. Die Verwendung von Drahtgläsern wurde jedoch unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit mit Recht eingeschränkt. So dürfen in Fluren und Treppenhäusern öffentlicher Gebäude keine Drahtgläser mehr verwendet werden, sondern lediglich Sicherheitsgläser wie ESG und VSG. Hier sind also echte Brandschutzsicherheitsgläser gefordert. Auch im Überkopfbereich ist Drahtglas keine kostengünstige Brandschutzlösung, da wegen seiner geringen Temperaturwechselbeständigkeit, z.B. bei partiellen Abschattungen, häufig Thermosprünge auftreten.

Ähnlich den F-Verglasungen wurden für die Feuerwiderstandsklasse G Anfang der 80er Jahre sowohl monolithische Scheiben als auch Verbundgläser ohne Drahteinlage entwickelt. Gegenüber F-Verglasungen sind die Rahmensysteme deutlich einfacher aufgebaut.

Gläser für F-Verglasungen

Alle bekannten Lösungen für Gläser, die in F-Verglasungen eingesetzt werden können, machen sich den hohen Energieverzehr bei der Verdampfung von Wasser zunutze. Bei Contraflam z.B. (einem F-Glas im Isolierglas-aufbau mit zwei ESG-Scheiben) ist das Wasser physikalisch-chemisch im Scheibenzwischenraum in einem Hydrogel gebunden. Während der Brandbelastung verdampft das Wasser schichtweise, wobei das Gel aufgebraucht wird. Die feuerseitige ESG-Scheibe zerspringt nach kurzer Zeit, während der Raumabschluß von dem feuerabgewandten und vom Gel gekühlten Glas übernommen wird. Zusätzlich wird durch ein Opakwerden des Gels der Durchtritt von Wärmestrahlung unterbunden. Die

gewünschten Feuerwiderstandszeiten bezüglich Raumabschluß und Temperaturbegrenzung werden über die Ausgangsgeschichtdicke eingestellt.

Andere F-Gläser wie Promaglas, Pyrostop oder Swisssflam nutzen ebenfalls die hohe Verdampfungsenthalpie des Wassers zur Kühlung. Über den Effekt des opaken Schutzschildes hinaus bilden deren Brandschutzschichten auf Alkali-Wasserglasbasis eine aufquellende, zähe Isoliermasse, die die brechenden Einzelgläser aus Floatglas miteinander verbindet, so daß der Raumabschluß gewährleistet bleibt. Die Feuerwiderstandsdauer wird bei diesen Gläsern durch die Zahl der Wasserglasschichten und ihre Dicke bestimmt.

Die nutzbaren Temperaturbereiche der F-Gläser unterscheiden sich nur wenig. Alle Produkte sind bei Temperaturen > 15°C bis < + 40°C ohne zusätzliche Maßnahmen im Innenraum bzw. - durch einen zusätzlichen Scheibenzwischenraum als Isolierglas aufgedickt - in Fassaden einsetzbar. Die verwendeten Brandschutzschichten und Gele sind meist UV- und lichtstabil. Einige Gläser können durch ihren mehrschichtigen Aufbau relativ einfach mit einer Vielzahl von Sonderfunktionen versehen werden, wie Wärme-, Sonnen-, Sicht-, Einbruchs- und Schallschutz sowie Alarmfunktionen. Auch die Kombination mit verschiedenen Dekorgläsern ist möglich.

Einsatz und Anwendung von Brandschutzverglasungen

Rechtlich können transparente F-Brandschutzverglasungen überall dort Verwendung finden, wo F 30- bzw. F 90-Bauteile im Sinne des Bau-/Bauordnungsrechts gefordert werden. G-Verglasungen dürfen jedoch "... nur an Stellen eingebaut werden, wo nach bauaufsichtlichen Vorschriften wegen des Brandschutzes keine Bedenken bestehen (z.B. als Sichtöffnung in Flurwänden), wobei die Unterkante der Verglasung mindestens 1,80 m über dem Fußboden angeordnet sein muß". Diese restriktive Behandlung der G-Verglasungen liegt darin begründet, daß in der Regel ein relativ hohes Maß an Wärmestrahlung auf der feuerabgewandten Verglasungsseite auftritt. Durch die Reststrahlung von etwa 50% könnten sich brennbare Stoffe noch entzünden. Eine Gefährdung von Menschen in Fluchtwegen kann ebenfalls nicht gänzlich ausgeschlossen

werden. Hier werden deshalb ausschließlich F-Verglasungen gefordert und eingesetzt.

Das Anwendungsspektrum der F- und G-Verglasungen ist neben verglasten Feuerschutztüren (T) außerordentlich groß: Trennwände in Ständerkonstruktion, Sprossenwände, Verglasungen in Außenwänden, Treppenhäusern, Dach-, Horizontal- und Schrägverglasungen sind möglich. Bei den Rahmenkonstruktionen ist die Verwendung von Holz, Stahl und z.T. Aluminium in zahlreichen bauaufsichtlichen Zulassungen geprüft.

Da Licht und Transparenz mittlerweile ein Grundelement der architektonischen Gestaltung sind, werden auch zukünftig Anforderungen an den transparenten Brandschutz gestellt werden. Ziel der weiteren Glasentwicklungen muß die Ausschöpfung aller Potentiale in Kombination von vorbeugendem Brandschutz, Verkehrssicherheit und Komfort sein, um ein breites planerisches Instrumentarium zur Verfügung zu stellen.

Ralf Linden
Vetrotech Kinon
Deutschland GmbH

Brandschutzgläser

BI-FireStop

BGT Bischoff Glastechnik GmbH ist ein monolithisch aufgebautes Brandschutzglas ohne Draht- oder sonstige Einlagen. Das auf Floatglasbasis hergestellte Glas kann ab 6 mm Dicke für G 30-Verglasungen eingesetzt werden. Zu Isolierglas kombiniert, erfüllt es zusätzlich funktionelle Anforderungen an Sonnen-, Wärme- und Schallschutz. Auch Verbundgläser sind möglich. Neben Zulassungen mit Metallrahmen bietet BGT jetzt auch eine Zulassung für Brandschutz-Isolierverglasungen mit Holzrahmen für maximale Gesamthöhen von 300 cm und Einzelglasflächen bis 140 x 140 cm. Eine Besonderheit aller BI-FireStop-Gläser ist die allgemeine Zulassung der Bedruckung mit keramischen Farben, die dauerhaft eingebrannt, abriebfest, lösemittel- und UV-beständig sind. Damit werden farbig gestaltete Brandschutzverglasungen ohne den zusätzlichen Aufwand einer Zulassung im Einzelfall möglich.

Ganz oben: Pyrostop-Isolierglas für Überkopfverglasungen mit zusätzlichen, splitterbindenden Folien, darunter: Sächsischer Landtag Dresden, Pyrostop-Verglasung zum Plenarsaal

Pyrodur / Pyrostop Flachglas AG

Beide Brandschutzgläser der Flachglas AG sind schichtweise aufgebaut und funktionieren nach dem gleichen Prinzip. Zwischen dünnen Silikatglasscheiben sind Brandschutzschichten aus festem Wasserglas eingebettet. Hierfür wird Wasserglas, einer Lösung von Alkalisilicaten, das Wasser entzogen, so daß eine zwar feste, aber immer noch wasserhaltige Schicht entsteht. Im Brandfall zerspringt zunächst die feuerseitige Glasscheibe, dann verdampft nach und nach das in der Brandschutzschicht gebundene Wasser, um eine dicke, feste und zähe Schaumplatte zu bilden, die die Scherben der gesprungenen Glasscheibe festhält. Der entstehende Schaum ist hoch temperaturbeständig. Steigt die Temperatur auf über 600° C, fließt das feuerseitige, glühflüssige Glas von der Schaumschicht ab. Bei weiterer Temperaturerhöhung wird auch die direkt dem Feuer ausgesetzte Schaumschicht weich, läuft nun ihrerseits ab und legt die nächste Glasschicht frei. Je nach Dicke des Schichtaufbaus werden nach diesem Prinzip Standzeiten von



über 90 Minuten (bei Temperaturen von über 1000° C nach Einheitstemperaturkurve) erreicht.

Unter dem Namen Pyrodur werden Brandschutzgläser für G-Verglasungen zusammengefaßt, unter Pyrostop solche für F-Verglasungen. Dabei sind letztere als Sicherheitsverglasungen im Sinne der DIN 18361 anzusehen. Beide Produktgruppen sind für Innen- und Außenanwendungen (auch als Isoliergläser) geeignet und können mit anderen Funktionsgläsern des Unternehmens vielfältig kombiniert werden. Die Feuerwiderstandsdauer reicht von G 30 bis F 90, geprüft

te und zugelassene Scheibengrößen erreichen je nach Typ max. 140 x 230 cm, wobei größere Abmessungen lieferbar sind.

Im Laufe langjähriger eigener und gemeinsam mit Systemherstellern durchgeführter Entwicklungen ist eine breite Palette von rund 160 geprüften und zugelassenen Brandschutzsystemen entstanden, die ständig erweitert wird. Dazu zählen Anwendungen bei Türen, Trennwänden, Fassaden und Schrägverglasungen mit den dafür geeigneten Profilen.

Fivestar / Pyroswiss Vetrotech Kinon GmbH

Das Unternehmen aus der Saint-Gobain-Gruppe bietet eine umfangreiche Palette von Glasprodukten für Brandschutzverglasungen der Klassen F und G. Die Produktfamilie der Gläser für G-Verglasungen umfaßt die Typen Fivestar, Pyroswiss und Vetroflam. Fivestar ist ein nur 5 mm dünnes Brandschutzsicherheitsglas mit hoher Vorspannung, das speziell für Anwendungen mit Sicherheitsanforderungen, bei denen bisher vornehmlich Drahtglas eingesetzt wurde, eine Alternative darstellt. Mit diesem Produkt lassen sich einfach und kostengünstig G 30-Verglasungen herstellen. Pyroswiss ist ebenfalls ein Einscheibensicherheitsglas auf der Basis des gewöhnlichen Floatglases mit erhöhter Festigkeit, das in Dicken von 6 bis 19 mm produziert wird und G 30 erreicht. Es ist in großen Maßen bis 180 x 280 cm geprüft und in Abmessungen bis 200 x 400 cm herstellbar. Diese Gläser erfüllen erhöhte Sicher-



Oben: Pyroswiss G 30-Verglasung im Landtag Düsseldorf; darunter: Pyroswiss G 60-Fassade am Broadgate London

heitsanforderungen (Ballwurfsicherheit, Pendelschlagversuch, Kugelfall) und sind auch für 2- und 3fach-Isoliergläser zugelassen, sowie für die Kombination mit Sonnen- und Wärmeschutzgläsern geeignet. Pyroswiss wird auch als echtes Verbundglas mit PVB-Folie angeboten und erreicht dadurch nochmals verbesserte Sicherheitseigenschaften und zusätzlich erhöhten Schallschutz.

Vetroflam Vetrotech Kinon GmbH

nimmt mit seinem Potential zur Anwendung als G 60-Verglasung eine Sonderstellung unter den Brandschutzgläsern für G-Bauteile ein. Es ist ein Isolierglas auf der Basis zweier beschichteter Pyroswiss-Scheiben, das die IR-Strahlung zu einem erheblichen Teil reflektiert und auch ohne Edelgasfüllung k-Werte um 1,5 W/m²K erreicht. Aufgrund seines Aufbaus ist es als strahlungsreduzierend anzusehen, steht folglich zwischen G- und F-Verglasungen und ist für die geplante Euro-Klassifizierung EW geeignet. Im Fassadenbereich könnte sich mit diesen EW-Verglasungen eine Alternative zu den aufwendigen und teureren F-Verglasungen entwickeln.

Swissflam / Contraflam Vetrotech Kinon GmbH

sind Produkte für F-Verglasungen. Contraflam besteht aus zwei ESG-Scheiben, die durch Abstandhalter voneinander getrennt sind. In den Scheibenzwischenraum wird ein transparentes und unter Wärmeeinwirkung aktiviertes Brandschutzgel eingefüllt. Es kann relativ einfach mit einer Vielzahl von Sonderfunktionen in Ergänzung zum Brandschutz hergestellt werden. Wärme-, Sonnen-, Sicht-, Einbruch- und Schallschutz gehören ebenso zum Leistungsspektrum wie die Kombination mit unterschiedlichen Dekorgläsern. Contraflam kommt mit herstellbaren Abmessungen von max. 200 x 300 cm in mehr als 100 geprüften und zugelassenen Systemen zum Einsatz. Swissflam hat einen grundsätzlich unterschiedlichen Aufbau. Zwischen mehreren 3 mm dicken Floatgläsern sind Brandschutzschichten eingelagert, die im Brandfall aufschäumen und eine Isolierschicht bilden. Mit einer Gesamtdicke von 16 mm ist es ein relativ dünnes F 30-Glas, das mit einem zusätzlichen Scheibenzwischenraum als Isolierglas auch für Außenanwendungen geeignet ist. Contraflam ist für die Klassifizierungen F 30 bis F 90 verfügbar, Swissflam zur Zeit nur für F 30-Verglasungen.

**Pyran / Pyranova
Schott Glaswerke**

Borosilicatglas, das unter dem Markennamen Pyran eingeführt ist, wurde speziell für Brandschutzanwendungen entwickelt und hat sich bereits seit 20 Jahren bewährt. Es ist ein veredeltes Flachglas mit Sicherheitseigenschaften, das sich durch einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (1/3 des normalen Floatglases) und eine bei erhöhter Temperatur vergleichsweise hohe Viskosität auszeichnet. Pyran übersteht die kritische Aufheizphase bei einem Brandversuch deshalb leichter als andere (Kalk-Natron-Float-) Gläser. Im weiteren Verlauf der Brandbelastung sorgt die hohe Viskosität zusammen mit einer starken Einspannung der Scheiben im Rahmen dafür, daß ein Herausrutschen verhindert wird. Die erreichten Feuerwiderstandsklassen liegen für Einfachverglasungen bei G 30 mit einer Dicke von 5 mm, G 60 bis G 90 mit 6 mm und G 120 mit lediglich 8 mm. Durch die geringen Materialdicken sind einfache, leichtgewichtige Rahmenkonstruktionen möglich. Pyran ist in über 40 zugelassenen Systemen vom DIBt anerkannt. Für Isolierglasaufbauten liegen Zulassungen von G 30 bis G 90 vor; Wärmeschutz- (1,6 W/m²K), Sonnenschutz-, Schallschutz- und Dekorverglasungen sind möglich. Wurden Pyran-Gläser bislang im Ziehverfahren mit dem Nachteil nicht auszuschließender Streifenbildung hergestellt, gelang Schott in Kooperation mit dem japanischen Glashersteller Asahi erstmalig das Floaten von Borosilicatglas. Es kann damit in Großformaten bis 160 x 300 cm produziert werden. Die außergewöhnlichen Materialeigenschaften ermöglichen auch transparente, geklebte Endlos-Trennwände, bei denen Pyran Stoß an Stoß, also ohne vertikale Rahmenprofile mit einem Spezialkle-

ber aneindergereicht wird. Entsprechende Brandversuche wurden erfolgreich abgeschlossen.

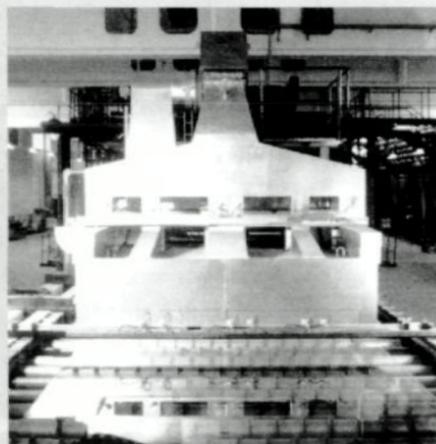
Darüber hinaus entstand in Zusammenarbeit mit der Bayer AG ein neues Brandschutzglas für F-Verglasungen unter dem Namen Pyranova, das die Einsatzbereiche für F-Gläser neu definiert. Die Verbundgläser mit den speziell entwickelten Bayfomox-Geschichten sind sonnenlicht- und wärmeresistenter als bisher verfügbare F-Gläser. Sie schützen vor wärmebedingter Mikroblassenbildung und Trübung des Glases und ermöglichen dauerhaft klare Brandschutzgläser bis zu 80° C Umgebungstemperatur. Mit nur 36 kg/m² (eines der leichtesten F 30-Gläser) und lediglich 16 mm Aufbau werden schlanke, kostengünstige F 30-Konstruktionen möglich. Das Verbundglassystem ist mit anderen Basisgläsern kombinierbar und wird in Scheibengrößen bis max. 160 x 260 cm produziert. Während das Standard-Produkt F 30-Anforderungen erfüllt, entspricht Pyranova Plus den Brandschutzklassen F 30 und G 90 und bietet damit über DIN-Anforderungen hinaus zusätzliche 60 Minuten Schutz vor Wärmestrahlung, Flammen und Rauch (vgl. 124/125 ARCH⁺, S.120).

**G 30 - Brandschutzfassade
Staba Wuppermann GmbH/
Schott Glaswerke**

Die gestalterische Freiheit des Architekten bei der Planung von Glasfassaden wird nicht nur durch bauphysikalische und klimatische Anforderungen eingeschränkt, sondern wesentlich auch durch Anforderungen an den Brandschutz. Sind Gebäudeecken verglast oder werden Glasfassaden geschoßübergreifend vorgehängt, werden an diese zwangsläufig Brandschutzanforderungen gestellt. Die nach DIN 4102 geprüften und bauaufsichtlich zugelassenen Verglasungen entsprechen jedoch in der Regel nicht den Wünschen von Planern und Bauherren. Auch ausführende Firmen haben oft Schwierigkeiten, die Forderungen der Bauaufsichtsbehörden zu erfüllen. Folglich kommen Brandschutzverglasungen zum Einsatz, die mit der Beschreibung des Zulassungsbescheides nicht übereinstimmen, wodurch zwangsläufig der Weg über die

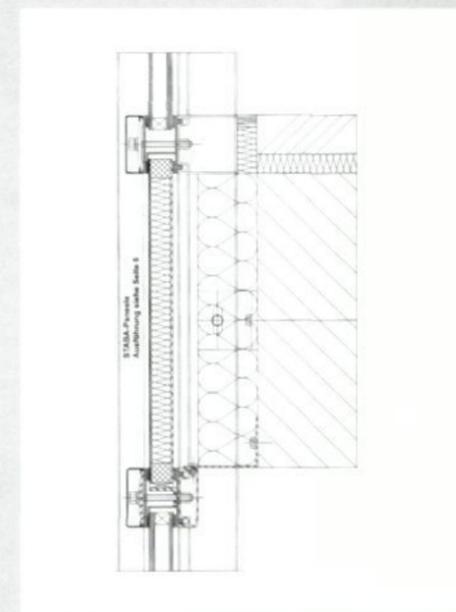
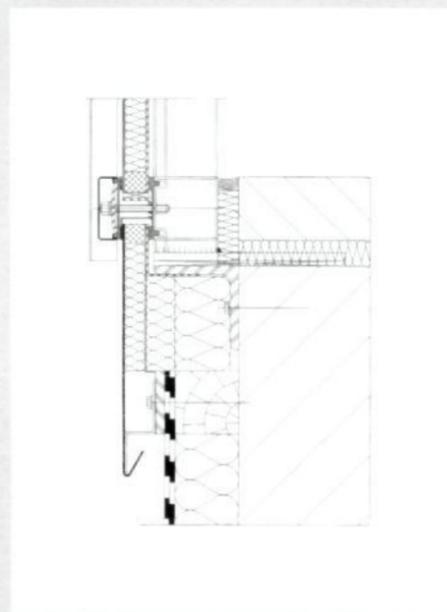
Zustimmung im Einzelfall eingeschlagen werden muß. Auch gestalterisch laufen die bekannten Systeme den Vorstellungen des Architekten häufig entgegen; Brandschutz in der Fassade ist als solcher meist optisch erkennbar.

Um der baurechtlichen und -technischen Absicherung und den Forderungen von Architekten gerecht zu werden, hat Staba Wuppermann in Zusammenarbeit mit Schott die Neuentwicklung einer Brandschutzfassade G 30 für die Außenanwendung vorangetrieben und eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung beim DIBt Berlin beantragt. Die bekannten Staba-Fassadensysteme aus Stahl wurden nach Brandschutzkriterien weiterentwickelt mit dem Ziel, keine störend sichtbaren Veränderungen an der Innen- und Außenansicht der Fassade vorzunehmen. Übergänge von der Normal- zur Brandschutzfassade sollten nicht wahrnehmbar sein. Typische Gebäudean- und abschlüsse wurden konstruktiv und materialspezifisch überarbeitet und umfangreichen Brandtests unterzogen. In einem Konstruktionskatalog, der dem Anwender die Arbeit erleichtert, sind Ausführungsdetails exakt beschrieben. Neben herkömmlichem Pyran-Isolierglas wurden spezielle Kombinationen mit Sonnenschutzgläsern und Wärmeschutzschichten geprüft. Für nichttransparente Teile wurde ein neues Brandschutzpaneel entwickelt, das mit den entsprechenden Sonnenschutzgläsern als Brüstungspaneel zum Einsatz kommt.



Floaten von Pyran-Borosilicatglas in den Jenaer Glaswerken

Oben: Fließverhalten von Kalk-Natron- und Borosilicatglas im Vergleich



Konstruktionsdetails für G 30-Brandschutzfassade von Staba Wuppermann, links: Bodenanschluß, rechts: Übergang Geschoßdecke

Forschung und Entwicklung

Vakuumglas
Universität von Sydney
School of Physics

Der Baustoff Glas, Inbegriff lichtdurchfluteter Transparenz und Offenheit, Leichtigkeit und Eleganz und zugleich mit dem Problem großer Energieverluste behaftet, wurde in den letzten zwanzig Jahren rasant weiterentwickelt, um diesen Schönheitsfehler zu kompensieren. Aus Einfachverglasung wurde Zweischeiben-Isolierglas, aus Isolierglas beschichtetes, gasgefülltes Wärmefunktionsglas, aus Wärmefunktionsglas Drei-Scheiben-Superglazing; der k-Wert, der die Summe aller Wärmeverluste durch Strahlung, Konvektion und Leitung wiedergibt, sank dramatisch von 5,8 auf 0,8 W/m²K. Aber damit ist nicht das Ende der Entwicklung erreicht: Die einfache Glasfassade verwandelt sich derzeit in die Doppelfassade, die Doppelfassade in eine mehrfach geschichtete, steuerbare Maschinerie, ein Sonnenkraftwerk sui generis mit dem Ziel einer in Zukunft gesamtwirtschaftlich positiven Energiebilanz.

Eine weniger erfreuliche Folge dieser Entwicklung ist, daß der Baustoff Glas Gefahr läuft, seine Leichtigkeit zu verlieren und schwer wird - ästhetisch, aber auch faktisch -, und von so mächtigen Trag- und Rahmenkonstruktionen gestützt werden muß, daß ihr Zweck nur noch darin zu liegen scheint, sich selbst zu tragen. In diesem Kontext bietet Vakuumglas die Chance der Rückkehr zu mehr Leichtigkeit und Eleganz.

Das Prinzip von Vakuumglas, hohe Wärmeisolierung durch Evakuierung des Zwischenraums zwischen zwei Glasscheiben zu erreichen, ist denkbar einfach und die Idee nicht neu. Bereits 1913, nur 20 Jahre nach Erfindung der Dewarschen Flasche (Thermosflasche) entwickelte Zoller einen Vorschlag zur Konstruktion von Vakuumglas, der 1924 als Patent angemeldet

wurde. Seitdem tauchten immer wieder neue Patente auf (vgl. 116 ARCH⁺, S. 86), die offensichtlich wenig praktikabel waren, um die auftretenden Detailprobleme zu lösen. So erfordert Vakuumglas die Herstellung eines hermetisch dichten Randverbundes der beiden Glasscheiben, Vorrichtungen zur Evakuierung des Zwischenraums und eine hoch belastbare mechanische Zwischenkonstruktion, um die Trennung der beiden Glasscheiben unter dem größeren atmosphärischen Außendruck aufrechtzuerhalten.

Erst Collins von der School of Physics an der Universität von Sydney gelang die Entwicklung von Vakuumglas bis zur Marktreife. Es besteht aus zwei Scheiben Calciumsulfatglas, die durch Stützsäulchen in einem Abstand von 0,1 mm gehalten werden, das Vakuum liegt unter 0,1 Pa. Ein eingelassenes und versiegeltes Röhrchen dient dazu, den Zwischenraum leer zu pumpen. Eine oder beide Innenseiten der Glasscheiben sind transparent beschichtet, um die Emissivität des Glases zu senken. Seit 1989 wurden an einer Serie eigens hergestellter Vakuumgläser bis zur Größe von 1 m x 1 m Messungen des Wärmeflusses durch die Scheiben und die Stützsäulen vorgenommen, getrennt nach dem Anteil von Strahlung, Leitung und Konvektion, sowie die auftretenden mechanischen Biegespannungen infolge des atmosphärischen Drucks und das Verhalten des Glases im Hinblick auf Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außenseite untersucht. Es erwies sich, daß das Vakuum stabil auf hohem Niveau gehalten werden konnte und der k-Wert 0,8 W/m²K beträgt. Das bedeutet, daß in absehbarer Zeit ein Glas von wahrscheinlich 6 - 8 mm Dicke mit derselben Wärmeschutzfunktion wie ein 30 mm dickes Superglazing zur Verfügung stehen wird. Die Kosten werden mit denen von herkömmlichem Wärmefunktionsglas vergleichbar sein. Die Produktion erfolgt durch Nippon Sheet Glass, Verhandlungen mit europäischen Lizenznehmern stehen an.

Gasochrome Verglasungen Fraunhofer-ISE

Die Regelung von Strahlungsflüssen in Fenstern und Glasfassaden ist ein zentrales Problem bei der Nutzung von Sonnenenergie in Gebäuden. Der Energie- und Lichtbedarf korreliert häufig nicht mit dem solaren Angebot. Das hat entweder an sonnigen Tagen Überhitzung zur Folge oder - bei Sonnenschutzgläsern - eine zu geringe Ausnutzung solarer Zugewinne während der Heizperiode. Mechanische Verschattungssysteme ermöglichen zwar eine variable Solartransmission, sind aber wartungs- und kostenintensiv.

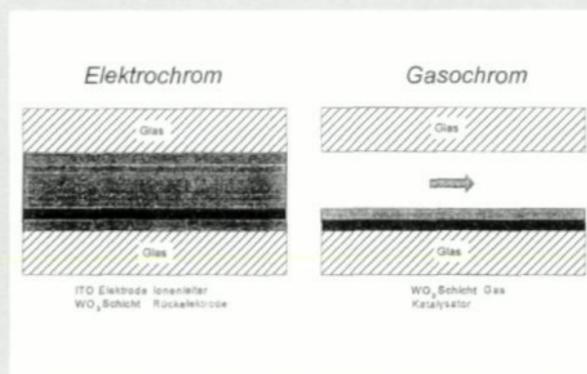
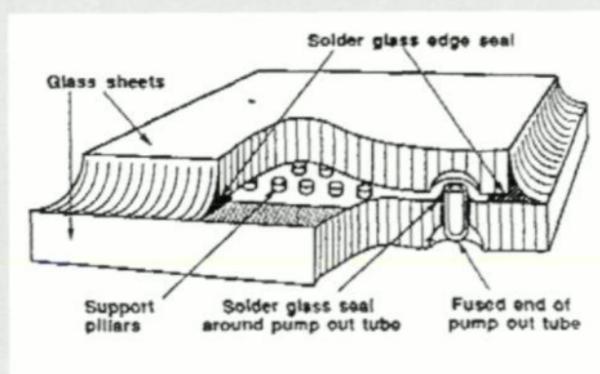
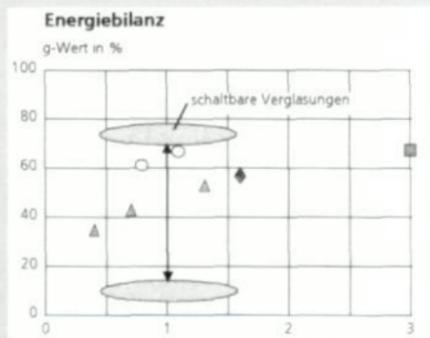
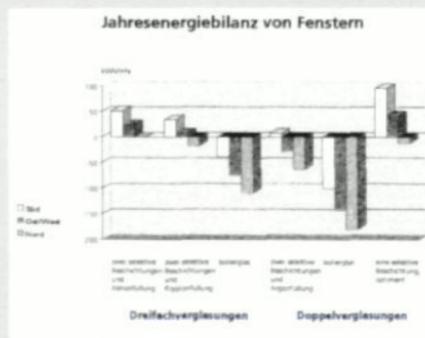
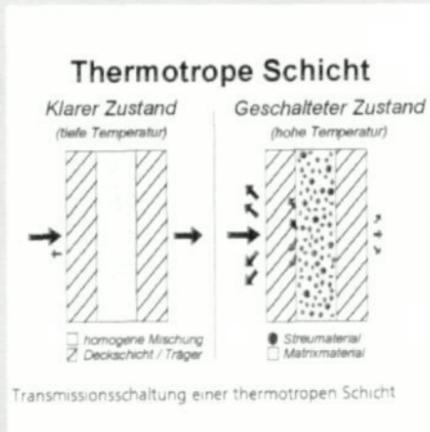
Zur Zeit wird weltweit an der schaltbaren Lichttransmission von Verglasungen durch elektrochrome Schichtsysteme gearbeitet, bei denen die Transmission durch Zuführung von Ionen verändert werden kann. Diese Systeme haben einen fünfschichtigen Aufbau: zwei leitfähige, transparente Elektroden, eine ionenleitende Schicht, eine Ionenspeicherschicht und die aktive Schicht, z.B. Wolframoxyd. Sie sind durch ihren komplizierten Aufbau teuer und problematisch in der Homogenität ihres Schaltverhaltens und ihrer Temperaturabhängigkeit.

Eine Neuentwicklung des Fraunhofer-ISE führte zu einer grundsätzlichen Neuorientierung: Die zur Einfärbung der Wolframschicht benötigten Protonen werden durch einen Katalysator direkt aus der Gasphase genommen. Dafür genügt bereits ein Wasserstoffanteil im Promillebereich. Zur Entfärbung wiederum reicht das Beaufschlagen mit sauerstoffhaltigem Gas, z.B. Luft. Dieser Prozeß ist reversibel und benötigt im Gegensatz zu elektrochromen Verglasungen keine Stromzufuhr. Darüber hinaus ist

der Schichtaufbau drastisch reduziert. Es genügt eine Wolframoxidschicht, die mit einer dünnen Katalysatorschicht belegt ist. Diese Schichten können sowohl durch Aufdampfen als auch durch reaktives Sputtern hergestellt werden. Neben der ökonomischeren Herstellung und der Möglichkeit, über den Gasstrom die bei der Lichtabsorption anfallende Wärme abzuführen, sind auch höhere Lichttransmissionswerte im ungeschalteten Zustand ein deutlicher Vorteil gegenüber elektrochromen Systemen.

Thermotrope Schichten Fraunhofer-ISE

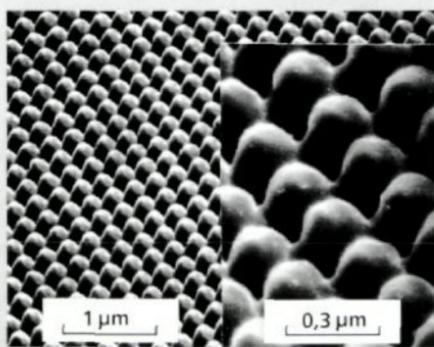
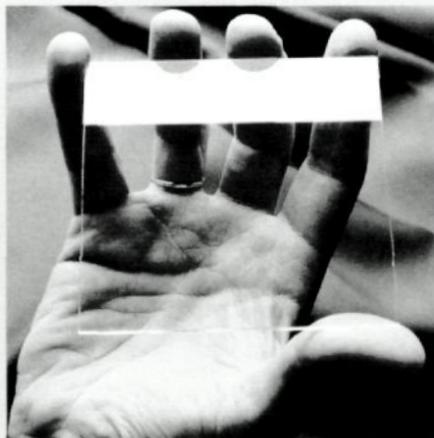
Ein selbstregelnder Überhitzungsschutz für Fenster und Fassaden, der bei niedrigen Außentemperaturen Sonnenlicht und damit Wärme durchläßt, bei höheren Temperaturen aber reflektiert, wird derzeit am Fraunhofer-ISE entwickelt. Dabei werden thermotrope Schichten in Form eines dünnen Films zwischen Folien oder Gläsern aufgebracht. Sie sollen vor allem im Sommer ohne Installation aufwendiger Abschattungssysteme vor Überhitzung schützen. Für die Entwicklung thermotroper Verschattungen zur Marktreife arbeiten die Firmen BASF, Interpane und STO AG in einem Industrieverbundprojekt zusammen.



Oben: Energiebilanz unterschiedlicher Verglasung (Quadrat: Isolierglas, Dreieck und Raute: Wärmeschutzgläser, Kreis: TWD); daneben: Jahresenergiebilanz von Fenstern (linke Drittelbalken bei Süd-, mittlere bei Ost/West-, rechte bei Nordorientierung)

Thermotrope Schichten bestehen aus einer Mischung von zwei Komponenten mit unterschiedlichem Brechungsindex: bei Hydrogelen ein Polymer und Wasser, bei Polymerblends zwei unterschiedliche Polymere. Diese sind bei tiefen Temperaturen auf molekularer Basis miteinander vermischt, so daß die Schicht homogen und transparent ist. Bei steigender Temperatur kommt es in einem definierten Temperaturbereich, der im Herstellungsprozeß in bestimmten Grenzen einstellbar ist, zur Entmischung der beiden Komponenten. Die Schicht trübt sich weiß ein, das Licht wird stark gestreut, der größte Teil diffus reflektiert. Nur ein geringer Lichtanteil wird noch transmittiert. Dieser Prozeß ist reversibel, bei sinkender Temperatur wird die Schicht wieder klar. Thermotrope Schichten eignen sich für Fassaden und Überkopfverglasungen, bei denen die fehlende Durchsicht im 'geschalteten' Zustand nicht von Nachteil ist.

Breitbandentspiegelungen durch mikrostrukturierte Oberflächen
Fraunhofer-ISE, IWM und ISC
Transparente Abdeckungen, z.B. Glas, reflektieren immer einen Teil des einfallenden Lichts. Die dabei entstehenden Energieverluste liegen bei etwa 4 % bei ei-



nem Einfallswinkel von 0° bis zu etwa 17 % bei einem Winkel von 70°. Um größere solare Gewinne durch Fenster und Fassaden, aber auch durch Abdeckungen von Solarkollektoren zu erzielen, sind reflektionsmindernde Oberflächen nötig. Drei Fraunhofer-

Institute haben sich mit dem Ziel, preisgünstige, großflächige Breitbandentspiegelungen zu entwickeln, zu dem Verbund 'Optisch-funktionale Oberflächen' zusammengeschlossen.

Reflektionen an Grenzflächen werden durch die abrupte Änderung der Materialeigenschaften, d.h. des Brechungsindex verursacht. Weicht man die Grenze auf, indem ein kontinuierlicher Übergang des Brechungsindex geschaffen wird, kann die Reflexion in einem breiten Lichtwellenspektrum und bei geringer Abhängigkeit vom Einfallswinkel drastisch verringert werden, durch periodische Strukturierung der Oberfläche im Submikronbereich von durchschnittlich 8 % auf unter 1 %. Die Oberflächenstrukturen sind dabei so fein, daß sie vom Licht nicht aufgelöst werden, mit dem Auge also nicht wahrnehmbar sind.

Dafür müssen Brechungsindices maßgeschneidert und durch einfache Prägeprozesse vervielfältigt werden. In dem gemeinsam entwickelten Verfahren werden periodische Oberflächenstrukturen durch holografische

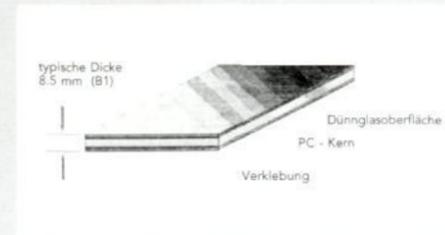


Belichtung hergestellt, indem zwei aufgeweitete Laserstrahlen unter einem bestimmten Winkel überlagert werden. Das Interferenzbild dieser Überlagerung ist eine sinusförmige Intensitätsmodulation, mit der ein Photoresist belichtet wird. Bei der Entwicklung wird dieser entsprechend abgetragen, und es entsteht ein Oberflächengitter, das galvanisch nahezu strukturverlustfrei in Nickel abgeformt werden kann. Diese Abform wiederum dient als Muster für die Strukturierung von Polymeren, Sol-Gel-Systemen etc., mit denen dann preisgünstig großflächig entspiegelte, transparente Oberflächen hergestellt werden können. Erste Labormuster, die die gewünschten Oberflächeneigenschaften aufweisen, liegen bereits vor. Das entwickelte Verfahren eignet sich im übrigen auch für Entspiegelungen.

Glastec / Constructec '96 Neue Gläser

Leichtes Sicherheitsglas Inglas GmbH

Inglas LSG ist eine hochtransparente Verbundscheibe aus einem schlagzähen Polycarbonatkern und sehr dünnen Glasoberflächen. Die Scheibe vereint die Vorteile beider Materialien und bietet sowohl den extrem hohen Widerstand von Kunststoff gegen Durchschlag als auch die Kratzfestigkeit von Glas. Erstmals ist damit ein Scheibenverbund verfügbar, der hohe Sicherheit (Durchbruchhemmung B1, Durchschußfestigkeit) mit minimalem Gewicht verbindet. Der gesamte Scheibenaufbau ist lediglich 8,5 mm stark.



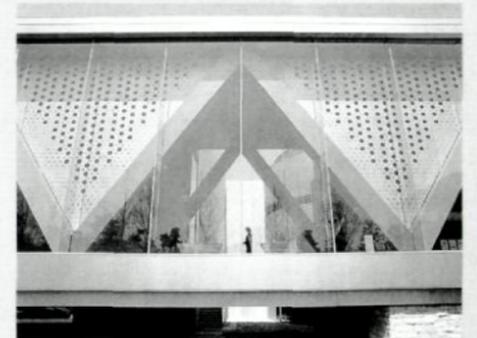
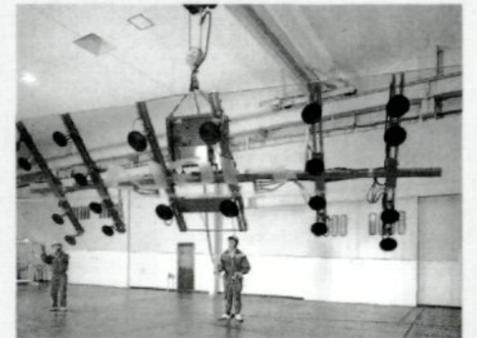
Laminiertes Sicherheitsglas Siglam GmbH

Das von der britischen Unilam Ltd. entwickelte Kalt-Laminierverfahren, mit dem einfaches Glas wirtschaftlich zu Mehrscheiben-Sicherheitsglas verarbeitet werden kann, wird mittlerweile in über 47 Ländern vertrieben. Das Verfahren erlaubt Klein- und Großbetrieben, eine breite Palette an Sicherheits-, Schallschutz- und Dekorgläsern in nahezu allen Größen und Farben herzustellen, einschließlich kugelsicheren und Panzergläsern, opaken, transparenten und gemischt-farbigem Gläsern. Als Ausgangsmaterial kommen alle verfügbaren Glastypen in Frage. Zwischen zwei mit Klebeband abgedichtete Scheiben wird über einen Spezialtrichter eine vorberechnete Menge Gießharz eingefüllt, die Einfüllöffnung anschließend abgedichtet. Im ausgehärteten Zustand entspricht

das fertige Produkt EN- und DIN-Normen. Das Verfahren mit einer Produktionszeit von max. 5 Minuten benötigt in der preisgünstigen Standardausrüstung keine teuren Maschinen oder Werkzeuge, wird aber auch für Fließbandanlagen mit automatischen Mengendispensern angeboten.

Ultragroße Glasscheiben Figla Co. Ltd.

Das japanische Unternehmen ist weltweit der einzige Glashersteller, der über eine kommerzielle Produktionslinie zum Laminieren von ultragroßen Glasscheiben verfügt. Bei konventionell lami-



niertem Glas wird ein PBT-Film als Bindschicht verwendet. Dieser ist jedoch produktionstechnisch auf eine maximale Breite von 1,20 m beschränkt. Mit der Gießharztechnologie sind dagegen Scheibengrößen bis zu 3 x 8 m möglich. 1995 wurden Glasscheiben dieser Größe erstmals beim Tokyo Museum of Contemporary Arts eingesetzt.

Glas-Beton-Verbund Betoglass GmbH

Der von der Betoglass GmbH entwickelte Glas-Beton-Verbund vereint die Vorteile der Baustoffe Glas, Beton und Stahl und bietet in deren Kombination wirtschaftliche Lösungen für eine neue Generation von Betonbauteilen, hauptsächlich zur Instandsetzung oder zum nachträglichen Schutz von Betonoberflächen. Planes oder gebogenes Floatglas in einer Dicke zwischen 4 und 19 mm sorgt dabei für hervor-

gende Korrosionsbeständigkeit und Wasserdichtigkeit sowie Schutz gegenüber aggressiven Flüssigkeiten und Gasen. Beim glasgeschützten Betonbauteil werden Risse überbrückt, chemischer Angriff und Karbonatisierung gestoppt. Der kraftschlüssige Verbund wird mit Hilfe eines werkseitig auf die Glasscheibe aufgetragenen Polytransmitters realisiert. Der neue Verbundwerkstoff wird als großflächiges Bauteil in Fassaden, Fußböden, Dachflächen, Behältern und Kanalisationen verwendet. Betoglass ist in Formaten von 0,25 bis 10 m² lieferbar, mit strukturierten, beschichteten oder keramisch bedruckten Glasoberflächen, bei erhöhten Anforderungen auch als thermisch vorgespanntes Sicherheitsglas. Es wird zur Sanierung als Halbzeug gefertigt, das mit Hilfe eines Spezialklebers auf der Betonoberfläche befestigt wird, als Verschalelement, das nach dem Ausschalen im festen Betonverbund bleibt (z.B. zum Neubau von Klärwasserbecken), sowie als Beton/Glas-Verbundelement, das - im Fertigteilwerk produziert - für Dach, Wand, Boden, Becken, Verkehrswege etc. verwendet wird. Halbzeuge lassen sich in Formaten von 60 x 100 cm schnell und kostengünstig verlegen, übliche Schalelementgrößen sind 270 x 270 cm oder 270 x 135 cm, die Größe von Fertigteilen ist nur durch die Transportmöglichkeiten eingeschränkt.

TWD & Lichtlenkung

Profilverglasung mit TWD
Glasbau Thom / Lamberts GmbH
 Die seit mehr als zehn Jahren propagierte Anwendung von Transparenter Wärmedämmung (TWD) im Bausektor fand in Deutschland bisher kein nennenswertes Echo. Der Preis pro installiertem Quadratmeter war das größte Hemmnis für eine Verbreitung. Die Sanierung einer Werkhalle in einem Unternehmen der Preussag AG soll an einem konkreten Bauvorhaben demonstrieren, daß TWD nicht nur innovativ, sondern auch preiswert sein kann, und dem Glasfassadenbauer eine Technologie an die Hand geben, die er weitgehend beherrscht. Die vom BMBF geförderte und mit Simulationen des Fraunhofer-ISE begleitete Maßnahme wird 1998 abgeschlossen sein. Es werden ca. 8000 m² TWD-Fassade an einem einzigen Objekt verarbeitet werden, was im Vergleich zu den bislang in Deutschland installierten kaum mehr als 5000 m² einen Quantensprung darstellt. Das Forschungsvorhaben soll stellvertretend für eine breite Palette großer Industriehallen stehen.

Das angewandte System besteht aus einer doppelschaligen Profilverglasung der Glasfabrik Lamberts, bei der zwischen den Scheiben eine Kapillar-Isolierplatte aus Kunststoff eingelegt und befestigt wird. Es ist kostengünstiger als vergleichbare Ver-

glasungsmethoden und eine Alternative zu den bekannten TWD-Systemen. Von außen erregt sich der Eindruck einer herkömmlichen Bauglasfassade, im Inneren dagegen wirkt sie auch ohne direktes Sonnenlicht wie ein Flächenscheinwerfer. Der Lichttransmissionsgrad beträgt annähernd 81%, die lichtumlenkende Wirkung sorgt für blendfreie Beleuchtung mit hohem Tageslichtanteil. Abhängig von der Dämmschichtdicke werden k-Werte bis zu 1,2 W/m²K und damit äquivalente k-Werte bis zu 0 erreicht. Zusätzlich ergeben sich gute Schalldämmwerte von annähernd 36 dB. Mit den Linit-Profilgläsern können vertikale Elementhöhen bis 7 m realisiert werden.

TWD aus Glas

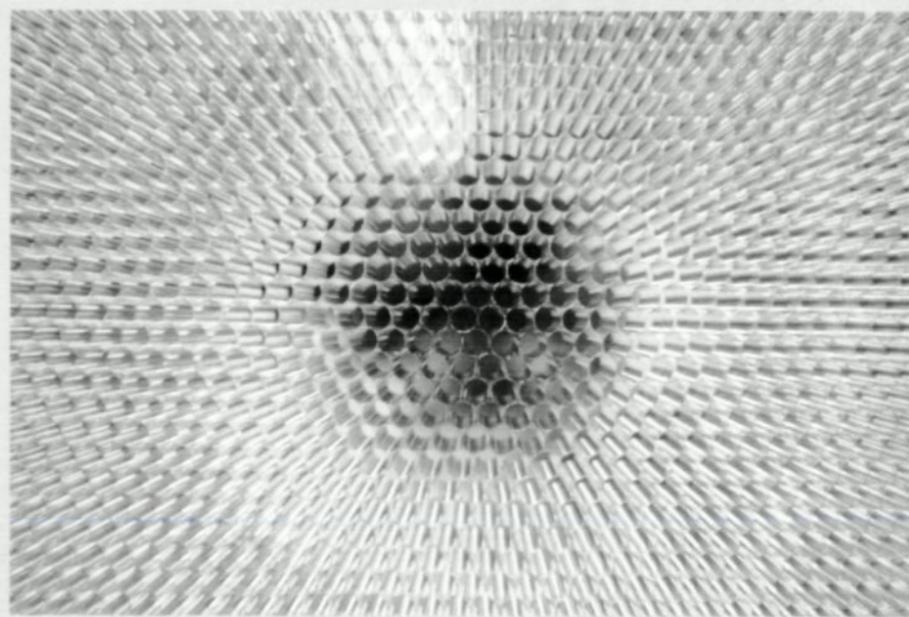
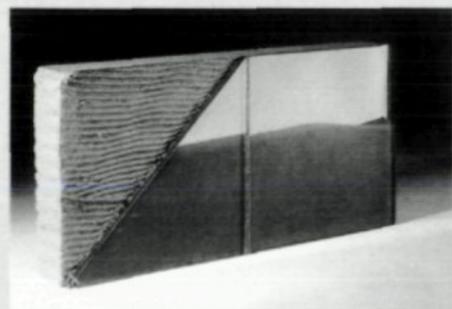
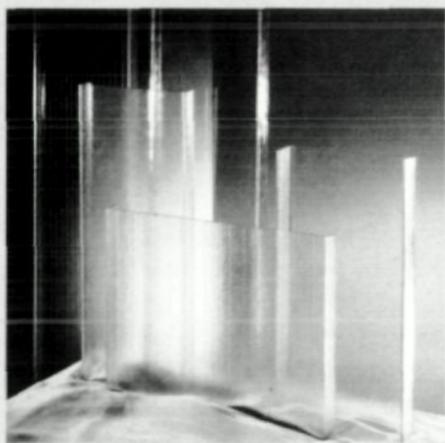
Schott Glaswerke
 Für transparente Wärmedämmung bietet sich Glas als idealer Werkstoff an. Ein Glas-TWD-Element ist temperaturbeständig bis 270° C, wobei die Grenze nur durch die im Rahmenverbund verwendeten Klebstoffe gesetzt wird. Glas ist nicht brennbar, farb- und alterungsbeständig gegen UV-Strahlung, recyclebar und bindet keine Feuchtigkeit, die im TWD-Modul zu Kondensationsproblemen führen könnte.

Im Rahmen eines Förderprojektes des BMBF wurde durch die Schott Gruppe eine TWD aus Glasröhrchen entwickelt und unter dem Markennamen Helioran zur Marktreife gebracht (vgl. 124/125 ARCH⁺, S.120). Glasröhrchen werden über ein

in der Industrie übliches Verfahren zur Glasrohrproduktion, das Danner-Verfahren, hergestellt und mit Lasern in kurze Abschnitte mit sauberen Schnittkanten getrennt. Die Glasrohrabschnitte werden anschließend in geeignete Rahmen gefüllt, fixiert und mit zwei Glasscheiben verschlossen, so daß ein Isolierglasverbund entsteht.

Ein Standardmodul besteht aus 80 mm langen Glasrohrabschnitten, deren Außendurchmesser je 7 mm und deren Wanddicke 0,1 mm beträgt. Mit zwei 5 mm starken Weißglasscheiben verschlossen, beträgt der k-Wert 1,1 W/m²K bei einem g-Wert und Lichttransmissionsgrad von 82% (direkt) bzw. 67% (diffus). Dadurch werden bei Südorientierung negative äquivalente k-Werte und somit Wärmegewinne erzielt.

Bei Verwendung als Tageslichtelement in der Fassade wird die Ausleuchtung großer Raumtiefen durch die lichtlenkende Wirkung entscheidend verbessert. Eventuell auftretenden Blendungseffekten kann mit einer Lichtlenkjalousie begegnet werden, die einfallendes Licht nach Bedarf zur Raumdecke umlenkt. Mit Helioran sind auch Fassaden zur passiven solaren Beheizung von Gebäuden nach dem Prinzip der Trombe-Wand realisierbar, die absorbierte Wärme wird dabei zeitverzögert an den Innenraum abgegeben. Da die Struktur zwar transparent, aber nur bei bestimmten Betrachtungswinkeln durchsichtig ist, bietet sich auch ein Einsatz in neuartigen Raumteilern und Trennwänden an.

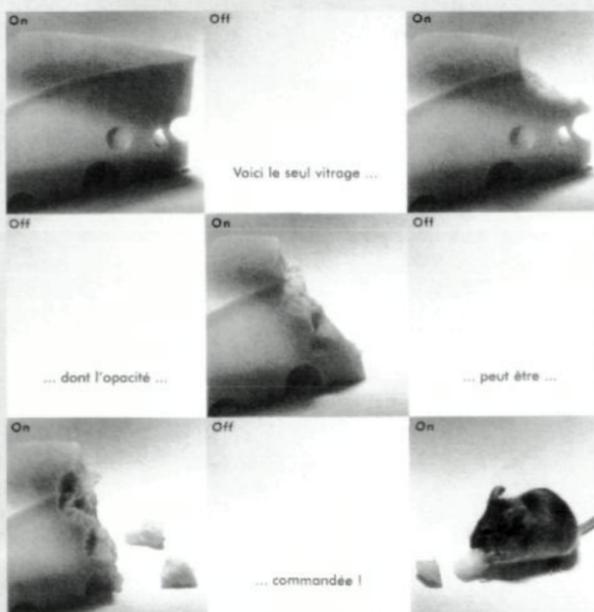


Helioran als Bestandteil der Solarfassade am Technologiezentrum Coburg (Entwicklung: FEZ, Coburg)



**Priva-Lite
Vegla GmbH**

In der Entwicklung schaltbarer Verglasungen sind in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte erzielt worden. Das von Vegla eingeführte, mit mikrogekapselten Flüssigkristallen ausgestattete Priva-Lite wurde um wichtige Anwendungen und Materialkombinationen erweitert und in seinen Leistungen verbessert. Das durch Anlegen einer elektrischen Spannung innerhalb von Millisekunden opak werdende Glas wurde bislang nur in Innenraum-Trennwänden verwendet, in Bereichen, wo schnell herzustellender Sichtschutz aus Gründen der Diskretion (Büroräume, medizinische und gastronomische Einrichtungen) oder der Sicherheit (Bankschalter etc.) gefordert war bzw. zur spektakulären Raumin szenierung in Ausstellungen oder Produktpräsentationen. Durch einen neuen, verbesserten Flüssigkristallfilm von 3M sind nun nicht einmal mehr Konturen erkennbar, auch Licht- und Wärmedurchgang

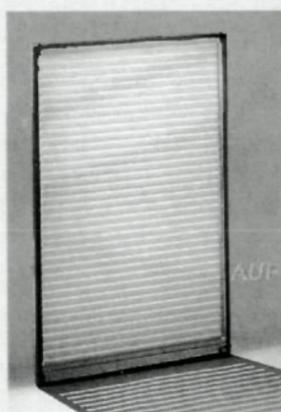


Ganz oben: Privalite im transparenten und darunter im opaken Zustand als Dia-Projektionsfläche

werden effektiver reduziert. Die Lichttransmission wechselt im eingeschalteten Zustand von 67,5% auf 40,3%, der g-Wert von 61% auf 43,4%. Neuerdings kann Priva-Lite auch für Außenverglasungen im Isolierglasverbund eingesetzt werden. Damit ist ein entscheidender Schritt in Richtung regelbarem Sonnen- und Blendschutz gelungen. Die naheliegende Weiterentwicklung zu stufenlos dimmbaren Gläsern ist bereits erfolgt. Prototypen existieren, wurden aber noch nicht zur Marktreife gebracht. Neu ist die mögliche Kombination mit anderen Funktionsgläsern. Auch Sonderanfertigungen der Basisgläser von Priva-Lite (gesandstrahlt, siebbedruckt, emailiert) sind möglich, ebenso die Verwendung getönter Gläser, wobei sich die milchweiße Farbe des Films mit den 5 unterschiedlichen Farbtönen des Glases vermischt (ausführliche Berichte in 108 ARCH⁺, S. 84 und 100/101 ARCH⁺, S.112/13).

**Isolierglas mit regelbarem Sonnenschutz
Inglas GmbH**

Das 1995 gegründete Unternehmen Inglass arbeitet an der Entwicklung und Umsetzung technisch anspruchsvoller Glasprodukte mit innovativem Charakter. Auf der diesjährigen Glastec wurde erstmals unter dem Produktnamen Zebra ein Isolierglas mit integrierter steuerbarer Sonnenschutzfunktion vorgestellt, das herkömmliche Kombinationen von Verglasung und Jalousie ersetzen kann. Die kompakte Isolierverglasung mit 20 mm Scheibenzwischenraum erreicht einen k-Wert von 1,1 W/m²K. Der regelbare Sonnenschutz entsteht durch streifenförmig siebbedruckte Scheiben, die gegeneinander verschoben werden,



wobei direktes Sonnenlicht reflektiert wird und eine weiche und diffuse Tageslichtausleuchtung erhalten bleibt. Lichttransmission und g-Wert können zwischen 35% und 17 bzw. 20 % eingestellt werden. Die Steuerung erfolgt individuell mit elektromotorischem Antrieb. Zebra kann sowohl in Überkopfverglasungen als auch in Fassadenteilen, die keine direkte Durchsicht benötigen, verwendet werden. Die Markteinführung des zusammen mit dem Fraunhofer-ISE entwickelten Produkts ist für Sommer 1997 geplant.

**Multifunktionale Glaslamellensysteme
Colt International GmbH**

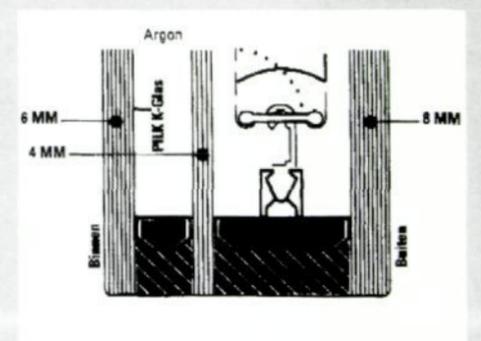
Transparente Lamellensysteme aus gefärbtem, reflektierendem oder bedrucktem Glas sind eine intelligente Alternative zu herkömmlichen regelbaren Systemen aus Aluminium. Sie erlauben nicht nur Sichtkontakt nach außen, sondern können neben Verschattungsfunktionen auch solche der Lichtlenkung und - mit einlamierten Solarzellen - die der Stromerzeugung übernehmen (vgl. 124/125 ARCH⁺, S. 111). Auf der diesjährigen Constructec wurde auch der mögliche Einsatz holografisch-optischer Elemente (s. 108 ARCH⁺, S. 84) in Glaslamellen gezeigt, die einzelne spektrale Bestandteile des Lichts ausblenden (sommerlicher Wärmeschutz) und Tageslicht umlenken können. Es werden zwei unterschiedliche Konstruktionssysteme mit punktförmiger Glashalterung und Lamellenbreiten von 270 bis 450 mm angeboten. LS-1, bei dem die Lamellenfelder durch ein Torsionsrohr



unterstützt sind, erlaubt Spannweiten bis zu 3,60 m, bei LS-2 mit freitragenden, 10 mm dicken Glaslamellen können die Einzelelemente bis 1,60 m lang sein. Das elektronische Steuerungs- und Regelsystem CCS 2000 garantiert eine bedarfsabhängige und automatische Lamellenpositionierung in Abhängigkeit von Sonnenstand, Strahlungsintensität, Tages- und Jahreszeit.

**Dreifachverglasung mit integrierter Lichtblende
Solaglas / Rapid Pane / Hunter Douglas**

Bei Michael Hopkins' Inland Revenue Centre in Nottingham kamen erstmalig dreifach verglaste Schiebefenster mit integrierter, benutzerkontrollierter Sonnenschutz- und Lichtlenkjalousie im äußeren Scheibenzwischenraum zum Einsatz. Das von Solaglas und Rapid Pane entwickelte System wurde aus mehr als fünfzig Kombinationen verschiedener Rahmenbauer und Glasproduzenten als das beste ausgewählt. Das Glaspaket kommt mit einem Scheibenaufbau 8/28/4/12/6 auf eine Gesamtdicke von 58 mm und erreicht einen k-Wert von 1,2 W/m²K. Der innere Scheibenzwischenraum erhält eine Argonfüllung und eine K-Glas-scheibe von Pilkington, während im äußeren eine elektrisch regelbare, horizontale Luxaclai-Jalousie untergebracht ist, die die Funktion des Sonnenschutzes und der Tageslichtumlenkung übernimmt. Mehr als 3000 dieser Einheiten sind bei dem Nottinghamer Gebäude verarbeitet worden. In Zusammenarbeit mit Hunter Douglas, dem Lizenzgeber von Luxaclai, wurden Central Operating Boards entwickelt, mit denen die Glaseinheiten der sechs Einzelgebäude, jedes Gebäudeteils, jeder Etage und jedes Rahmens angesteuert werden können. Die Einheiten können jedoch auch individuell bedient werden.



EcoSS-Tageslichtsysteme Figla Co. Ltd.

Unter dem Namen EcoSS (Ecology Sun System) wird eine Familie von Tageslichtsystemen zusammengestellt. Alle Systeme werden mit firmeneigener Software nach Gebäudeanforderungen, Orientierung und Standort ausgelegt, simuliert und optimiert. Die Systeme W, T und D bestehen aus unterschiedlich geformten Acrylprismen im Scheibenzwischenraum einer Isolierglaseinheit. Die gegen UV-Strahlung und Verfärbung resistenten Prismen aus PMMA werden in Längen bis zu 2,40 m extrudiert, horizontal übereinandergestapelt und mit Acrylhaltern in der Lage fixiert. Die fertigen Prismenstapel sind frei im Scheibenzwischenraum gelagert, um Ausdehnung und Kontraktion zu ermöglichen.

EcoSS W (Window)-Paneele werden typischerweise in Fenster-Oberlichtern eingesetzt, um Tageslicht an die Decke und in größere Raumtiefen zu lenken. Die trapezförmigen Prismen dieses Systems können in nahezu jede Fensterkonfiguration integriert werden.

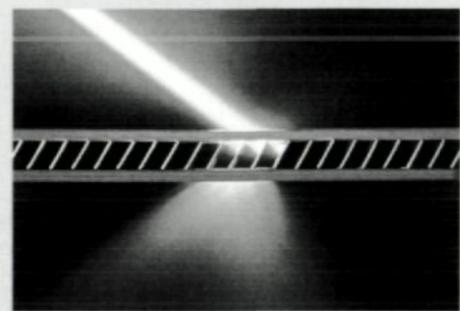
EcoSS T (Toplight) verwendet dagegen dreieckige Prismen, die hauptsächlich in Dach-Oberlichtern eingesetzt werden, um direktes Sonnenlicht auszublenden und zu reflektieren. In westlicher Orientierung eingesetzt, erlaubt dieses System solare Zugewinne aus nachmittäglicher Sommer- und tiefstehender Winter-sonne.

EcoSS D (Diffusion) steht für Tageslichtsysteme aus stabförmigem Acryl, die sowohl Sonnenlicht als auch Zenitlicht einfangen und es diffus ins Gebäudeinnere streuen. Während aller

Jahres- und Tageszeiten und unabhängig vom Sonnenstand werden fixe Tageslichtanteile erreicht. D-Systeme werden etwa in Oberlichtern großer Fabrikhallen, in Museen oder Konferenzräumen eingesetzt.

EcoSS Louver besteht aus einem 12 mm tiefen Lamellenrost aus Aluminium im Scheibenzwischenraum. Die horizontalen Lamellen haben standardmäßig Winkel von 60° oder 90°, die zwischen vertikalen Lamellen im Abstand von 72 mm gehalten werden. Louvers werden typischerweise an Südfassaden eingesetzt, um unerwünschte Mittagssonne auszublenden. Die Metallroste sind in unterschiedlichen Farben erhältlich.

EcoSS Honeycomb schließlich ist ein ebenfalls 12 mm tiefes Metallgitter mit wabenförmiger Hexagonal-Struktur. Es wird hauptsächlich in Dachverglasungen eingesetzt. Während unerwünschte Wärmezufuhr unterbunden wird, bricht sich das Tageslicht mehrfach und wird weich und diffus im Raum verteilt. Die Wabengröße und -dicke kann den Verschattungsanforderungen entsprechend modifiziert werden, eine farbige Ausführung ist möglich.



Ganz oben: EcoSS-Honeycomb (Matsushita-Building, Tokyo); darunter: Metallgittersysteme Louver (links) und Honeycomb (rechts), darunter: EcoSS T Winter (links) und Sommer (rechts); darunter: links EcoSS W, rechts EcoSS D



Glashalterungen & Fassadensysteme

Topspin-Türband Vegla GmbH

Das Problem, daß Türen beim Öffnen über den Boden schleifen, kann man mit herkömmlichen Türbändern nicht lösen. Während sich Holztüren jedoch abhobeln lassen, können Glastüren nachträglich nicht bearbeitet werden. Bei dem neuen Türband-System von Vegla sorgt ein Bandstift mit Gewindespindel dafür, daß der Türflügel sich beim Öffnen leicht anhebt und selbsttätig wieder schließt. Damit entfallen nicht nur teure Obertürschließer. Zudem kann in geschlossenem Zustand der Bodenabstand stufenlos verstellt werden, so daß ein breiter Luftspalt vermieden wird.

Glas-Fittings Sadev Decolletage

Das französische Unternehmen produziert neuartige Edelstahl-Glas-Fittings für Structural Glazing-Anwendungen. Bei dem System sitzt eine flexible Universalverbindung mittig in der Achse des zu tragenden Glases und erlaubt diesem, sich unter

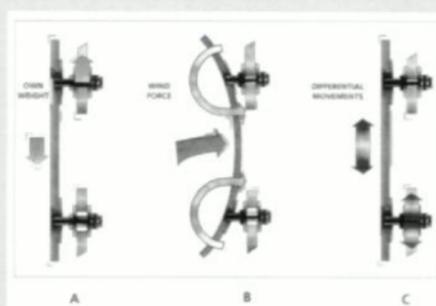
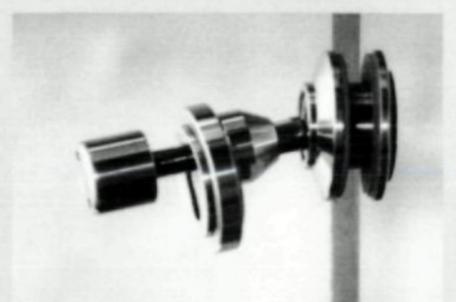
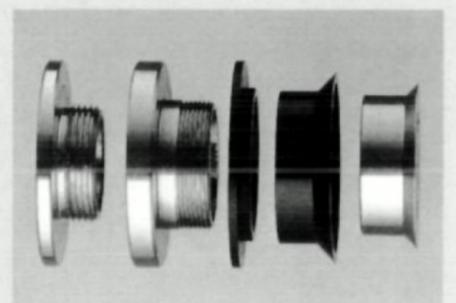
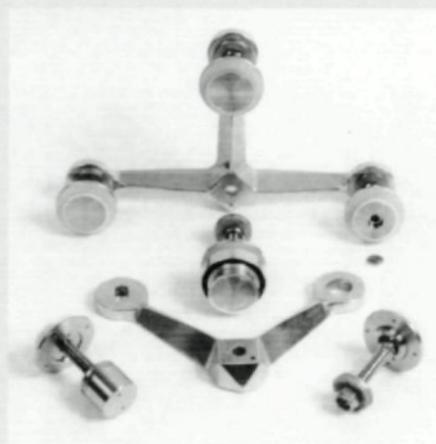
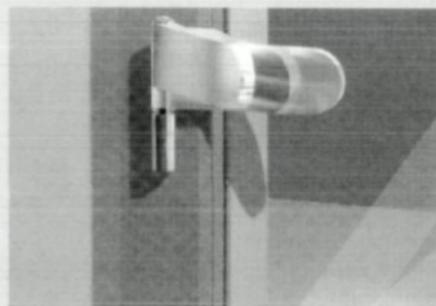
Windbelastung zu verformen, wobei die Biegemomente in der Verbindung selbst aufgenommen werden. Dadurch werden größere Scheiben realisierbar. Die Fittings für horizontale und vertikale Anwendungen werden für Einfach- und Isolierverglasungen gefertigt und sind in fünf unterschiedlichen Ausführungen erhältlich, vom einarmigen Typ bis zum Spider mit vier Punkthalterungen. Die Glashalterung ist oberflächenbündig.

Beschläge für Ganzglassysteme Dorma-Glas GmbH

Die Beschlagsysteme von Dorma umfassen Punkthalter, verstellbare Winkelverbinder für Glaswand-Konstruktionen und Bauelemente für rahmenlose Schiebewand- und Drehtüren. Sämtliche Beschlagteile für den Innenausbau sind in gebürstetem oder poliertem Edelstahl erhältlich. Mit den Dorma-Punkthaltern können Trennwände und Oberlichter aus Glas oberflächenbündig befestigt werden und Bautoleranzen durch variabel einstellbare Höhen ausgeglichen werden. Mit den Winkelverbindern lassen sich Glasscheiben in beliebigen Winkeln miteinander verbinden, auf Böden, Podesten etc. befestigen oder von der Decke abhängen.

Punkthalterungen Eurocontrol

GlasPro nennt sich ein neues patentiertes Punktbefestigungssystem für die schnelle und flexible Montage von Einscheibenglas und anderen Plattenmaterialien, das erstmals auf der diesjährigen Glastec vorgestellt



Lastverhalten der darüber abgebildeten Sadev-Fittings: Winddruck (Mitte) wird in Scheibenachse abgetragen

Oben: Dorma-Beschläge; darunter: GlasPro-Halterung von Eurocontrol

wurde. Das System aus Edelstahl mit verrottungsfesten Dichtungen ist für plane und gebogene Gläser/Platten von 8 bis 19 mm Dicke einsetzbar und verfügt - ähnlich den Glas-Fittings von Sadev - über ein Kugelgelenk zur Aufnahme von Biegemomenten. Zum einfachen Ausgleich von Materialtoleranzen ist es in allen drei Ebenen justierbar. Neben Fassaden und Außenverkleidungen ist GlasPro auch für Inneneinrichtungen und für den Möbelbau konzipiert.

Minimierte Tragstrukturen Welebny / TriPyramid

Das österreichische Unternehmen Welebny beschäftigt sich schon seit 25 Jahren mit Riggs und Deckausrüstungen für Hochseeyachten. In steigendem Maße wurde die Firma von Architekten auch als Zulieferer von Spezialanfertigungen für besonders filigrane Konstruktionen herangezogen. Welebny verwendet bisher im Bau nicht übliche Teile und - neben mittel- und hochfesten Edelstählen - Materialien aus dem Rennyachtbau, die stärker als alle bekannten Edelstähle sind. Mit speziellen Anschlüssen, die den vollen Materialquerschnitt ohne Schwächung durch Gewinde und Kerbwirkungen nutzen, entstehen extrem schlanke Zügelemente und Ver-

bindungen, die auch in Glaskonstruktionen Anwendung finden, etwa als mit Stabriggsystemen verspannte Yachtmasten, die der Abstützung von Glaswänden oder -dächern dienen. Welebny ist auf Komplettkonstruktionen spezialisiert, die mit Firmen-Knowhow und in enger Zusammenarbeit mit Architekten entstehen. Populäres Beispiel für eine extrem minimierte Konstruktion ist die Glaspyramide des Louvre von I.M. Pei, deren 3800 Zügelemente aus Yachtmaterial durch Welebny's amerikanische Partnerfirma TriPyramid gefertigt wurde.

Planar-System Pilkington Deutschland AG

Im Unterschied zu den zahlreich angebotenen Spezialbeschlägen und Punkthalterungen ist Planar ein ausgereiftes Fassadensystem, bei dem die mit speziellen Senkbohrungen versehenen Glaselemente und die dazugehörigen Beschläge aus einer Hand kommen. Die Beschläge wiederum sind so universell konstruiert, daß eine sichere Montage an verschiedensten Unterkonstruktionen gewährleistet ist: Seile, Rohre, Glas- oder Metallschwerter. Das von der Flachglas AG entwickelte System wurde mittlerweile an zahlreichen Bauvorhaben in Deutschland eingesetzt. In der Regel bedürfen punktförmig gelagerte Scheiben nach wie vor mindestens einer Genehmigung der Unteren Bauaufsichtsbehörde bis hin zu einer "Zustimmung im Einzelfall". Mit einem (vom Verarbeiter zu erbringenden) statischen Nachweis ist jedoch der überwiegende Teil

der bisher in Deutschland ausgeführten Objekte auch ohne gesonderte Zulassung oder Zustimmung genehmigt worden, da die Scheiben mechanisch gehalten und gesichert sind, die DIN 18516 punktförmig gelagerte Scheiben zuläßt und ein Prüfungsnachweis über die Belastbarkeit des Planar-Systems vorhanden ist. Die Standardbeschläge sind sowohl für Einscheiben- und Verbund-Sicherheitsglas als auch für Isolierglas geeignet und werden in zwei Ausführungen für die Verschraubung von außen oder innen angeboten. Mit Energiesparglas wird ein k-Wert von 1,8 W/m²K erreicht, der wegen des Rahmenanteils unter 5% dem Fenster-k-Wert gleichzusetzen ist (ausführlicher Bericht in 100/101 ARCH⁺, S.103).

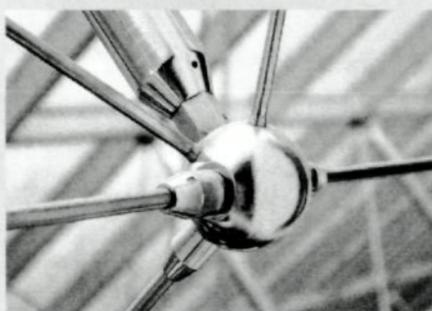
Structural Glazing-Fassade Fenster Werner

Die von Fenster Werner entwickelte Glasfassade SG wurde aus dem Prinzip der geklebten Fassade weiterentwickelt. Die Glasscheiben werden mit Adapterrahmen verklebt, die in eine am Bau montierte Tragkonstruktion eingehängt werden. Da deutsche Sicherheitsauflagen eine zusätzliche mechanische Sicherung vorschreiben, erhält jedes Glaselement vier Befestigungs- und Sicherungskreuze.

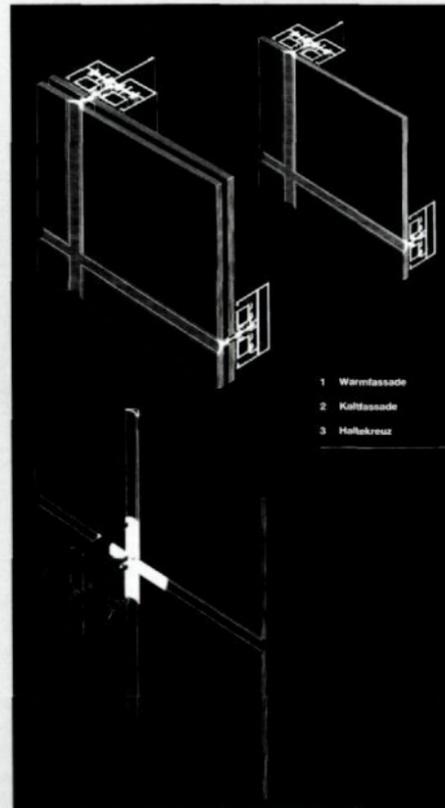
Diese patentierte Lösung garantiert über die Sicherheit hinaus eine witterungsunabhängige Montage. Das System ist für Einfach- und Isolierverglasungen ohne Einschränkung der Gebäudehöhe bauaufsichtlich zugelassen und für Einzelelemente bis zu einer Fläche von 3,4 m² verwendbar. In die SG-Fassade können speziell entwickelte Drehkipp-Fenster integriert werden, die nach außen nicht als Öffnungselemente in Erscheinung treten. Zudem ist es durch den 45° Kantenschliff der äußeren Glasscheiben möglich, (polygonal) gebogene Fassaden und Außenecken äußerst filigran auszuführen.

Minimierte Pfosten/Riegel-Fassade Fenster Werner

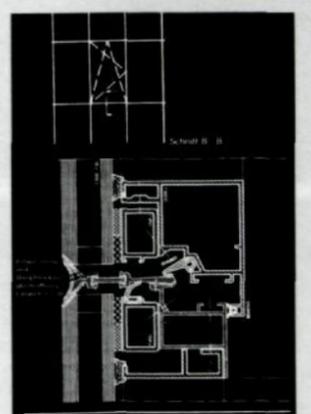
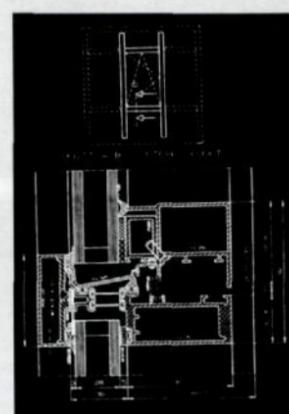
PR 50 ist eine neuartige Pfosten/Riegel-Konstruktion, die bei einer einheitlichen Profilsichtsbreite von nur 50 mm öffentbare Fenster von außen unsichtbar integriert. Durch den geringen Aluminiumrahmenanteil wird der k-Wert der Fassade durch Öffnungsflügel nicht beeinträchtigt. Das neue Fenstermodul, das aus der Entwicklung der Structural Glazing-Fassade des gleichen Unternehmens stammt und eine einwandfreie Entwässerung und Belüftung des Falzgrundes gewährleistet, kann auch in viele gängige PR-Konstruktionen eingebaut werden. Für höhere Anforderungen besteht die Möglichkeit einer zweiten Mitteldichtung. Mit PR 50 lassen sich aufgrund des Schrägzuschnitts der Gläser ohne Änderung der Profilsbreite auch gebogene Fassaden realisieren.



Oben: filigrane Seilverspannungen am Tokyo International Forum von TriPyramid (Arch.: Rafael Vinoly); darunter: Knotenpunkt einer seilverspannten Dachverglasung an der Harvard University



Oben: Structural Glazing-Fassade mit patentiertem Haltesystem, unten: "unsichtbare" Öffnungsflügel an PR-Fassade (links) und SG-Fassade (rechts) im Vertikalschnitt



Glass Technology Live

Sonderausstellungen auf der Glastec '96

Die diesjährige, von der Messe Düsseldorf veranstaltete Glastec hat mit ca. 800 Ausstellern nicht nur ihre Stellung als international größte und wichtigste Fachmesse der Glasindustrie verteidigt, sondern mit verschiedenen, unter dem Namen 'Glass Technology Live' zusammengefaßten Sonderausstellungen und Veranstaltungen neue Maßstäbe in der Vermittlung zwischen technologischem Wissen und Architektur/Design gesetzt.

Die im zweijährlichen Rhythmus stattfindende Messe für Maschinen und Ausrüstungen, Produkte und Anwendungen der Glasindustrie wird seit nunmehr 26 Jahren ausgetragen und spiegelt die Entwicklung eines Werkstoffs wider, der zunehmend Schlüsselfunktionen für neue und innovative Technologien übernimmt. Über das Wachstum

der Branche hinaus vermittelt die Glastec die Initiativen der Glasindustrie zu Energieeinsparungen und Nutzung regenerativer Energien.

Besondere Aufmerksamkeit seitens der Veranstalter und Träger galt in diesem Jahr den Innovationen im Bereich der Glasanwendung in Architektur und Ingenieurwesen sowie dem Diskurs zwischen Planern, Forschung und Industrie. Das Rahmenprogramm, das auf einer Fläche von 10.000 m² nicht nur räumlich einen enormen Umfang einnahm, sollte in Einzelausstellungen und Symposien die Brücke von der Architektur zur praktischen Umsetzung schlagen, aber auch visionäre Konstruktionen zeigen sowie künstlerische Anwendungen, die über die funktionale Bedeutung des Werkstoffs hinausgehen.

Neben einer Werkschau des Glaskünstlers Renato Santarossa präsentierte das Kunstmuseum Düsseldorf eine Ausstellung neuen Glasdesigns, mit Objekten von Mattheo Thun bis Philippe

Starck. In einer Installation des Berliner Werkbundarchivs wurde Bruno Tauts visionäres Glashaus - 1920 abgerissen - durch ein nach der Original-Bauakte rekonstruiertes Modell und 3D-Simulationen wieder erlebbar gemacht.

Höhepunkt des Rahmenprogramms war die Architekturausstellung, die den Besucher zunächst durch eine geometrische Installation aus Tafeln führte, auf denen die engen Verflechtungen von Architekturgeschichte und technologischer Entwicklung im Bereich der Glasherstellung verdeutlicht wurden. Der als begehbare Buch gestaltete historische Teil reichte von der gotischen Kathedrale zum barocken Spiegelsaal, vom Kristallpalast zu den Fagus-Werken, vom Dessauer Bauhaus zu den gläsernen Hochhäusern Chicagos. Er endete bei den neuesten Entwicklungen der Glasindustrie in den Bereichen schaltbarer Gläser, beschichteter und laminiertes Gläser und Gläsern mit integrierter Photovoltaik, trans-

parenter Wärmedämmung und integrierten Hologrammen. Die Produktschau machte innovative Technologien haptisch und optisch erlebbar.

Die eigentliche Architekturausstellung 'Masters of Glass' zeigte 30 herausragende Projekte der letzten fünf Jahre und damit einen umfassenden Überblick zum Stand der High-Technology-Verglasung in der Architektur. Die Entwürfe europäischer und amerikanischer Architekten wurden vier Themen zugeordnet, die als Tendenzen der jüngsten Entwicklungen im Bereich der Glasanwendung gesehen werden können: Doppelfassaden, Klimahüllen, Energie- und Lichttechnik sowie konstruktiver Glasbau. Neben exquisit gestalteten Tafeln umfaßte dieser Abriss des status quo Modelle der Architekten bis hin zu 1:1 mock-ups und Originalbauteilen der Fassadenhersteller. Teile der überaus sehenswerten Ausstellung sind ab Dezember im Deutschen Architekturmuseum Frankfurt zu sehen.

Der konstruktive Einsatz von Glas als tragendem Baustoff war das Schwerpunktthema der ausgestellten Studentenarbeiten. Eine eigens für die Glastec realisierte, über 4 m spannende Tensegrity-Struktur aus Stahl und Glas zweier Stuttgarter Studenten demonstrierte, wie mit Kombinationen aus druckstabilem Glas und Stahlseilen neue Gebäude entstehen könnten. Eine begehbare Glasbrücke - verstärkt durch geklebte Glasstege - veranschaulichte zudem die Tragkraft von Ganzglaskonstruktionen.

Verantwortlich für Konzeption, Design und Realisierung der architekturbezogenen Sonder-



Oben: Zur Einführung in die 'Glass Technology Live' gaben die ca. 60 'Fahnen' einen eindrucksvollen Überblick über den historischen Zusammenhang von Glasproduktion und Architektur; rechts: Eine Vielzahl von Modellen gab der Ausstellung 'Masters of Glass' ihren besonderen Charakter. Ausstellungsfotos: A. Quiram und S. Herrmann



Das Fassadenelement der Messe Leipzig von Glasbau Seele (oben) und das Dachsegment des Hamburger Museums von Helmut Fischer (darunter) waren nur einige der vielen Mock Up's und Bauteile der 'Masters of Glass'.

Masters of Glass

ausstellungen (Historie, Masters of Glass, Produkteschau und Studentenarbeiten) waren Stefan Behling und sein Team vom Institut für Baukonstruktion 2 der Universität Stuttgart, sowie für Präsentation und Inszenierung die Bühnenbildnerin Sophia Müller.

Erstmals wurde in diesem Jahr der Glastec-Preis vergeben. Aus etwa 25 Studentenarbeiten verschiedener Hochschulen Deutschlands wurden fünf Projekte prämiert, die sich in innovativer Weise mit dem Baustoff Glas auseinandergesetzt hatten.

Die Ausstellungen begleitete ein viertägiges Symposium, zu dem die Teams einiger der ausgestellten Architekturprojekte sowie Fachleute aus Forschung und Industrie geladen waren. Die Referate gaben Einblicke in Planung und Umsetzung und förderten den Dialog zwischen Architekten, Ingenieuren und Fassadenherstellern.

Herausragendes Thema des fachlichen Diskurses waren die leistungsfähigen Gebäudehüllen

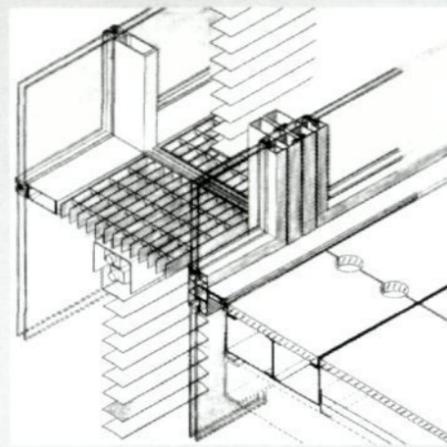
der Zukunft. In Verbindung mit den Ausstellungen und der Messe ergaben sich eine Vielzahl von Anregungen und Innovationen, so daß von einem gelungenen Technologie-Transfer die Rede sein kann. Jedes der in der Ausstellung 'Masters of Glass' gezeigten Projekte machte den engen Zusammenhang von architektonischem Konzept, Ingenieurleistungen und industrieller Fertigung und Montage deutlich und damit die Notwendigkeit einer kreativen, integrierten Planung.



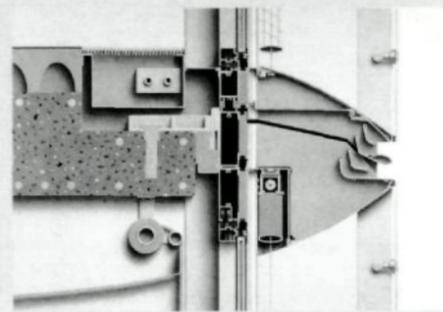
Doppelfassaden

Das aktuelle Thema der Doppelfassade dominiert die 'Masters of Glass'-Ausstellung. Es zeigt den historischen Schritt von der Fassade als schützender Hülle zur Fassade als - in energetischer Sicht - integralem Bestandteil der Gebäudeperformance. Einfache Glasfassaden mit Wärmeschutzgläsern können zwar k-Werte erzielen, die denen massiver Steinwände vergleichbar sind, haben aber das Problem der gezielten Nutzung der solaren Energiegewinne, sofern diese nicht 'ausgeblendet' werden. Erst durch einen mehrfach geschichteten Fassadenaufbau oder Doppelfassaden wird es möglich, die eingefangene Energie so weit zu nutzen, daß sie - theoretisch - den Betrieb des gesamten Ge-

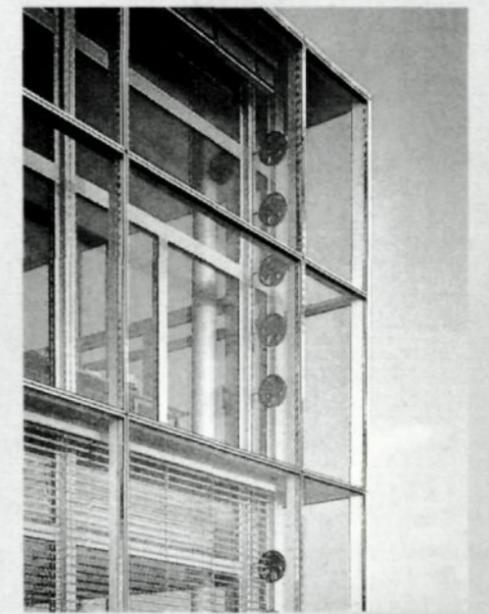
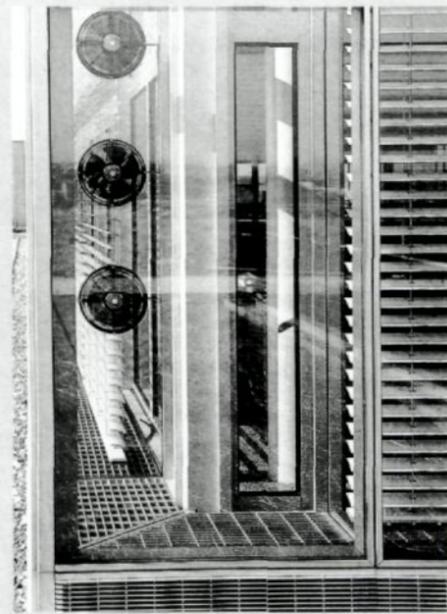
bäudes gewährleisten kann. Die ausgestellten Projekte reichen von den Anfängen der Entwicklung mit Rogers' Lloyd's of London über die Bibliothèque Nationale de France (Perrault) bis zu den soeben fertiggestellten Galeries Lafayette (Nouvel) und den im Bau befindlichen deutschen Hochhausprojekten der RWE Hauptverwaltung Essen (Ingenhoven), Commerzbank Frankfurt (Foster), das Stadttor Düsseldorf (Petzinka) und die Viktoria-Versicherung Düsseldorf (HPP) sowie das New Parliamentary Building in London (Hopkins). Richtungweisend für den klimatechnischen Einsatz der Doppelfassade ist das experimentelle Projekt der Hauptverwaltung Götz in Würzburg (Webler + Geissler).



Hauptverwaltung Götz in Würzburg (Webler + Geissler); links: Isometrie des Fassadenaufbaus; die Doppelfassade mit 60 cm breitem Zwischenraum erfüllt ihre Aufgabe als Klimapuffer mit Hilfe von Reflektor- und Absorberlamellen, Lüftungsklappen, Umluftventilatoren und einer eigenen Steuerungstechnik.



RWE Hauptverwaltung in Essen (Ingenhoven); links: Modell; von oben nach unten: Vorfertigung und Montage bei der Firma Josef Gartner / Geschobenes Fassadenmodul / Das Be- und Entlüftungselement 'Fischmaul' dient zur Luftzirkulation in der doppelschaligen Fassade und ermöglicht so einen Austausch zwischen Innen und Außen.



Klimahüllen

Die Ausstellung zeigt eine Auswahl der schönsten Klimahüllen, die in den letzten Jahren realisiert wurden. Von allen modernen Glasbauten stehen sie am unmittelbarsten im Kontext der großen historischen Vorbilder - Glaspaläste, Passagen, Bahnhofs-

hallen etc. -, die ein Halbklima zwischen Innen- und Außenräumen schufen. Großflächige Glasüberdachungen öffentlicher und halböffentlicher Räume wie das Waterloo Terminal (Grimshaw), die Messe Leipzig (Marg/Ritchie) und die Hofüberdachung des Museums für Hamburgische Geschichte (GMP) führen diese Tradition fort, bzw. setzen wie der

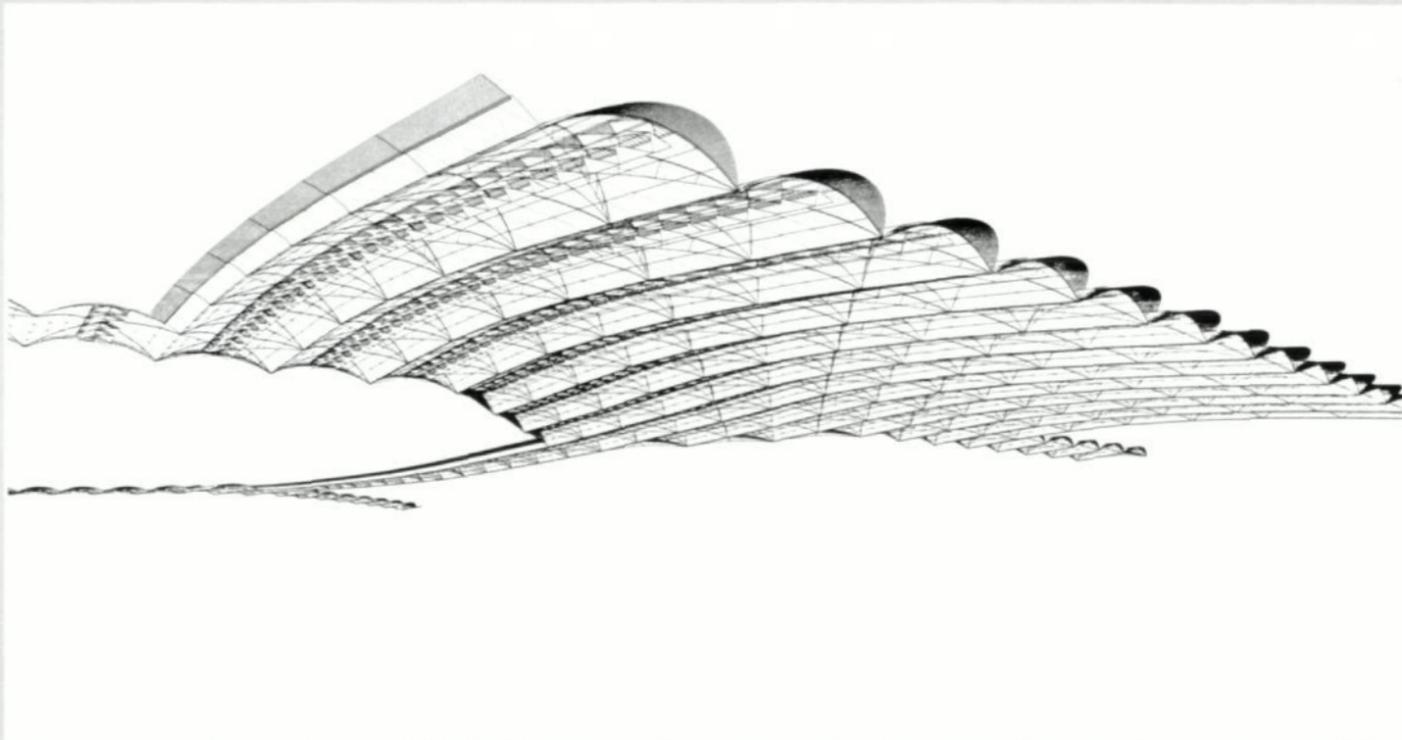
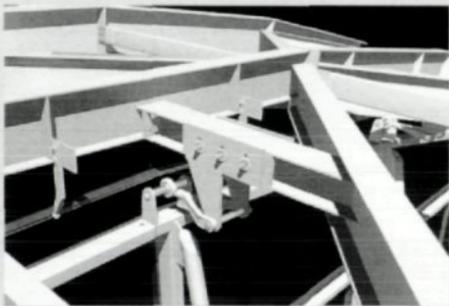
Chek Lap Kok Airport (Foster) neue Maßstäbe durch die gigantischen Dimensionen der Glashülle. Das Forstwirtschaftszentrum in Marche-en-Famenne (Samyn) und die Fortbildungsakademie Herne (Jourda/Perraudin) benutzen das Konzept der Klimahülle, um für den Bürobau eine Folge abgestufter Klimata zu schaffen.

Licht- und Energietechnik

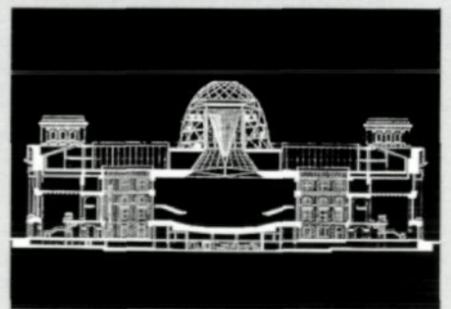
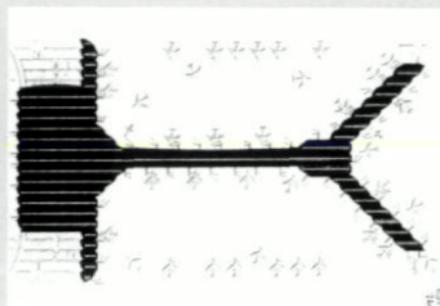
Die Ausstellung thematisiert die Möglichkeiten der Licht- und Energietechnik mit gesonderten Projekten, obwohl sie integraler Bestandteil der Doppelfassaden und Klimahüllen sind. Es geht darum, aufzuzeigen, daß die Durchlässigkeit von Glas für Lichtenergie, früher Vor- wie Nachteil optischer Transparenz, heute technologisch beherrscht und nicht nur energetisch, sondern auch rhetorisch genutzt werden kann. Die Reichstags-



Für den Flughafen Chek Lap Kok (Foster) werden 77.144 qm 7,5 mm dickes VSG von der Flachglas AG gefertigt. Die 2 x 3 m Scheiben müssen Taifune aushalten, Isolierverglasung ist für das Klima in Hongkong nicht nötig.



Mit einer Gesamtfläche von 430.000 qm ist Chek Lap Kok eines der größten Bauprojekte, die derzeit realisiert werden. Der Flughafen soll ein Passagervolumen von ca. 87 Mio. Menschen pro Jahr abfertigen.



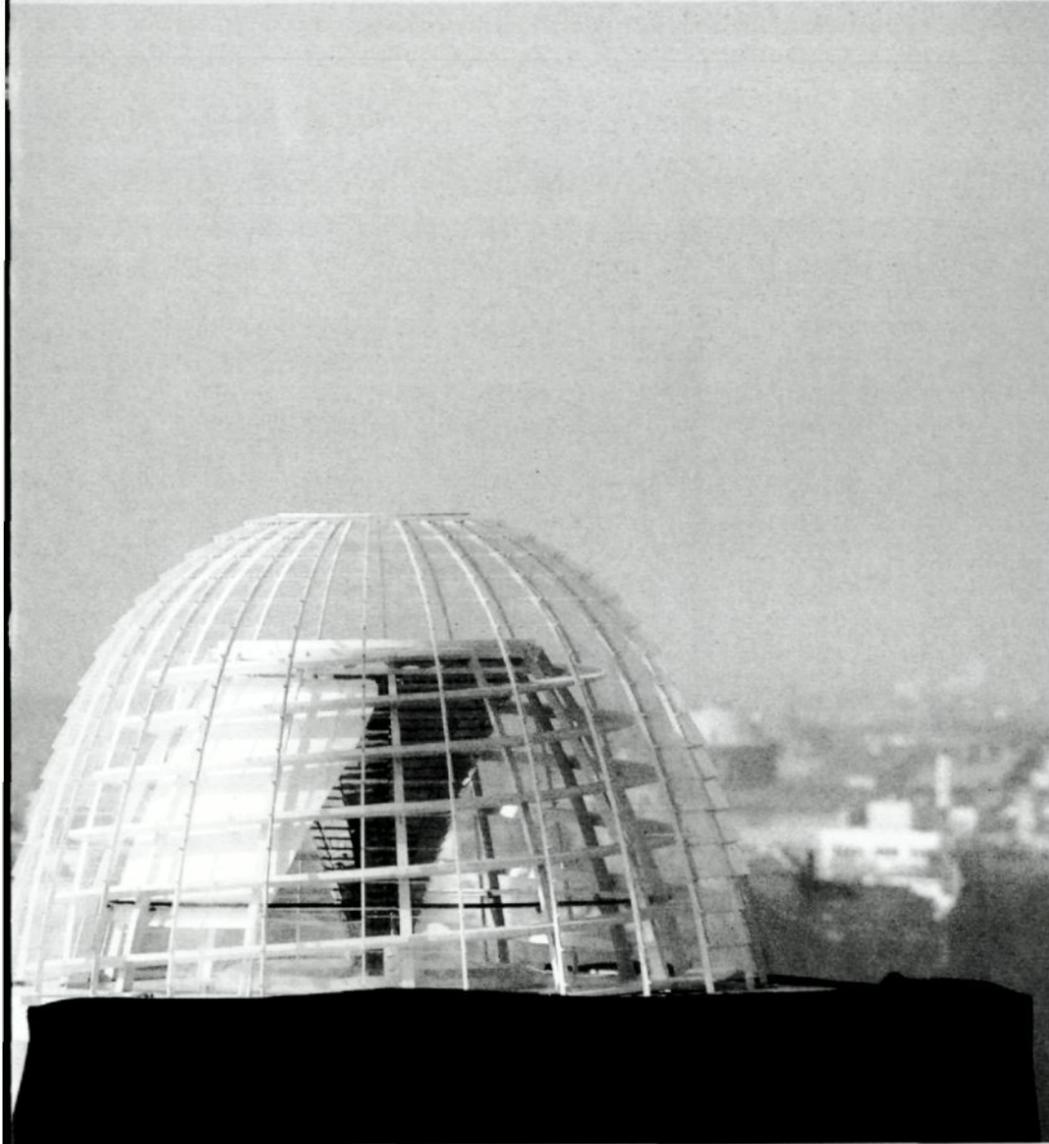
Reichstag Berlin (Foster): Die neue Kuppel über dem Plenarsaal bildet eine Symbiose aus Lichtlenksystem, Be- und Entlüftungsvorrichtung und Aussichtsplattform für die Öffentlichkeit. Die Besucher bewegen sich auf einer spiralförmigen Rampe 'über den Köpfen der Parlamentarier' in die Höhe. Die Kuppel ist zugleich gläsernes Symbol für angewandte Demokratie und Solar-technik.

kuppel in Berlin (Foster) und das Design Center Linz (Herzog) entwickeln ihr Architekturkonzept aus der Aufgabe der Lichtlenkung, der Crew Training Complex in Köln (KSP) verwendet sowohl wärmedämmende wie lichtlenkende TWD, der Wissenschaftspark in Gelsenkirchen (Kiessler) steht für integrierte photovoltaische Energienutzung, das Datapec-Gebäude in Gniebel (Kauffmann/Theilig) steuert über das Oberlicht die Klimatisierung der Computerfirma.

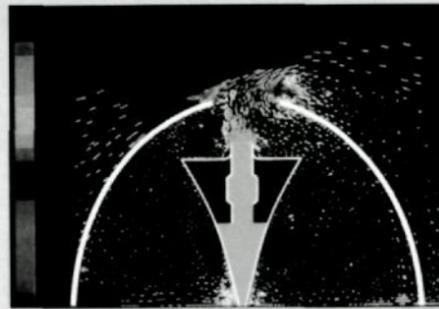
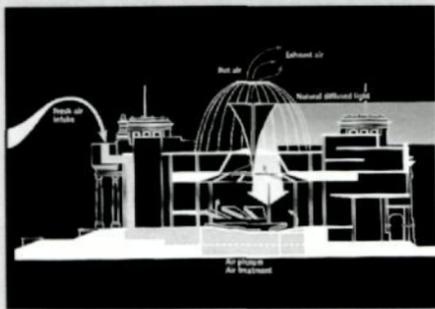
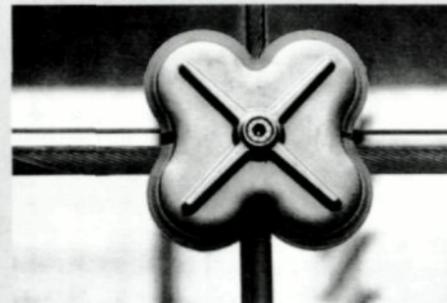
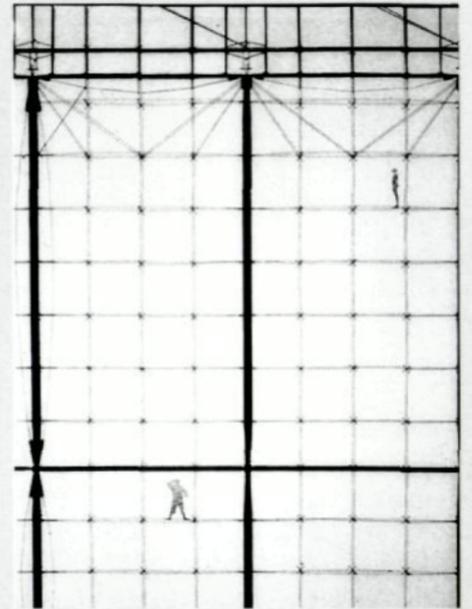
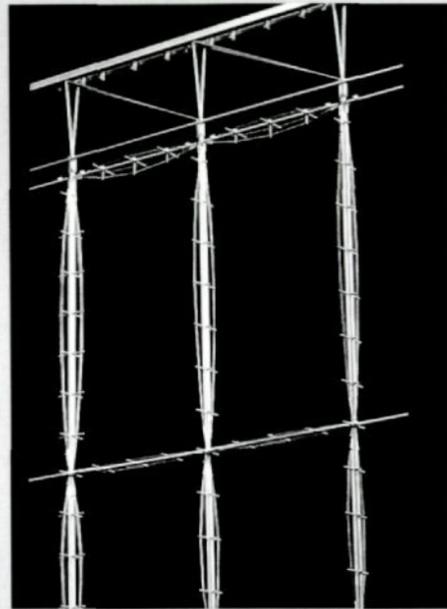
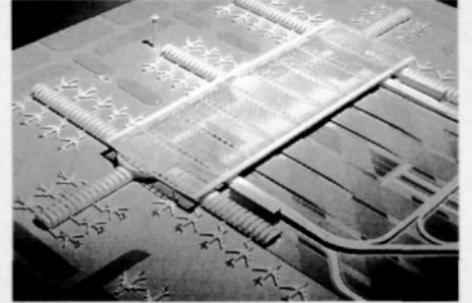
Konstruktiver Glasbau
Der Glasbau hat in den letzten 10 - 20 Jahren nicht nur aus ökologischer Sicht, sondern auch konstruktiv eine rasante Entwicklung vollzogen. Die Ausstellung zeigt, wie mit glatten Häuten, die auf jede sichtbare Tragstruktur verzichten, das Ideal des gläsernen Gebäudes ausgereizt wurde mit konstruktiven Lösungen, die von unterspannten Gittertragwerken über punktgehaltene und seilver-

spannte structural glazing Konstruktionen bis zu den Seilnetzkonstruktionen reichen. Die präsentierten Projekte reichen von Le Grand Louvre in Paris (I. M. Pei), über den Glaswürfel, die Gallery Bridge in London und Scottish National Science (Hordon), Werbeagentur Frankfurt (Schneider und Schumacher) Rad- und Schwimmsporthalle Berlin (Perrault), bis zur TGV Station Flughafen Roissy (An-

dreu), International Airport Bangkok (Murphy/Jahn/Sobek), Münchner Kempinski Hotels (Murphy/Jahn). Mit dem Refractive Glass Wall und dem Dichroic Light Field von Carpenter wird zugleich die neuere Tendenz eher skulpturaler Ganzglaskonstruktion und des Spiels mit Farbe und Licht dokumentiert.



Flughafen Bangkok (Murphy/Jahn/Sobek): Die Konstruktion der 40 m hohen Glasfassade besteht aus seilunterspannten Pylonen im Abstand von 9 m und dazwischen liegenden, vorgespannten Seilbindern, von denen die Glasscheiben vertikal abgehängt werden.



Kempinski Airport Hotel (Murphy/Jahn): Die 40 x 25 m Fassade besteht aus einem vorgespannten, ebenen Seilnetz, das von dem Bogenträger über

der Halle abgehängt wird. In den Stoßfugen der Glasscheiben verlaufen kreuzweise Edelstahlseile, von speziellen Klemmvorrichtungen gehalten.

Konstruktionsstudien mit Glas

Es gibt wohl keinen zweiten Baustoff, der wie Glas auch in nächster Zukunft einen ähnlich starken Innovationsschub für das Bauwesen und die Architektur mit sich zu bringen verspricht.

Anlaß dafür sind nicht nur die in den letzten Jahren entstandenen, teils beispielhaften Bauwerke weltweit, welche gemeinhin mit dem Begriff Glasarchitektur umschrieben werden, oder die zahlreichen inzwischen marktreifen Glas-Neuentwicklungen, sondern auch die damit einhergehenden Anstrengungen von Forschung, Industrie und Verbänden um einen innovativen Glasbau.

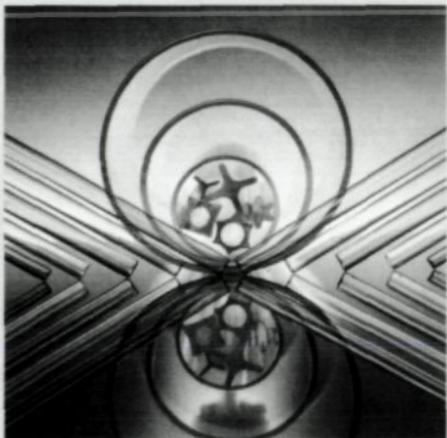
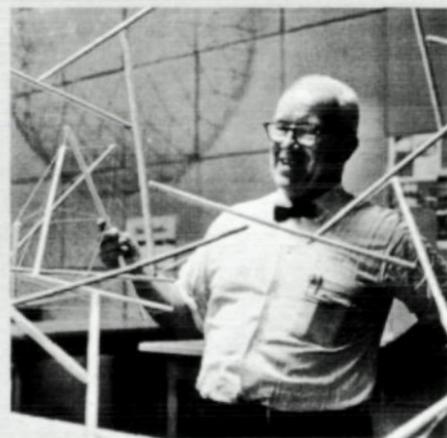
Letztere bemühen sich hierzulande zunehmend um eine Vereinheitlichung der teilweise stark divergierenden und damit hemmend wirkenden Ländervorschriften beim Einsatz von Glas am Bau. So z.B. der kürzlich gegründete 'Fachverband Konstruktiver Glasbau' (FKG), mit Sitz in Köln. Den Gründungsmitgliedern, den Firmen

- Helmut Fischer GmbH, Talheim
- Interpane, Lauenförde
- Okalux GmbH, Marktheidenfeld
- Bischof Glastechnik, Bretten
- Verroplan GmbH, Bretten
- Delta-X, Stuttgart
- Rodan, Schönaich, haben sich bereits weitere fünf namhafte Industrieunternehmen angeschlossen. Weitere Beitrittsanmeldungen liegen vor. Entsprechend den satzungsgemäßen Zielen darf man hier auf wertvolle Impulse hoffen, wie z.B. die Mitwirkung bei der Gestaltung bauaufsichtlicher Richtlinien, Auflagen und Normen sowie

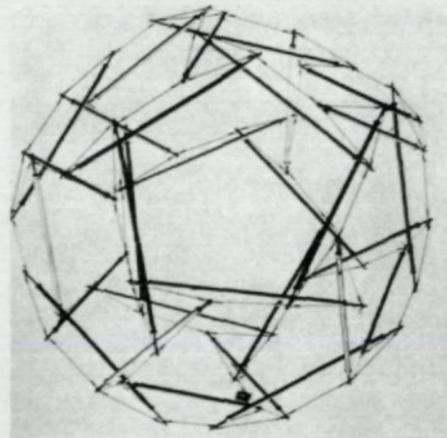
der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im konstruktiven Ingenieurbau mit Glas.

Die im Rahmen der Glastec'96 bei der Sonderausstellung 'Glass Technology Live' präsentierten 22 Konstruktionsstudien belegen das breit gefächerte Interesse und intensive Bemühen der Hochschulen um innovative (Bau)Konstruktionen mit Glas in Forschung und Lehre.

Die vier im folgenden abgebildeten und auszugsweise besprochenen Studien sind unter meiner Leitung an der Universität Stuttgart, Institut für Baukonstruktion, Lehrstuhl Stefan Behling, entstanden. Sie stehen stellvertretend für den insbesondere an den Architekturfakultäten in Aachen, Berlin, Stuttgart und München anzutreffenden, hier und da auch in Archiven verschwindenden Ideenreichtum im Umgang mit dem Werkstoff Glas. Die erfreuliche Tatsache, daß zwei dieser Studien als Prototyp realisiert werden konnten, ist auch dem besonderen Einsatz der bereits erwähnten Firmen bzw. Gründungsmitglieder des 'Fachverbands Konstruktiver Glasbau' sowie Jörg Schlaich mit dem Institut für Konstruktion und Entwurf II, Stefan Beh-



Die Druckelemente bestehen aus Duran - Schott Rohrglas, $d = 135 \text{ mm}$



Anhand dieser Modellstrukturen kann das Prinzip von Kontinuität bzw. Diskontinuität der Systemkomponenten (Zugglieder bzw. Druckstäbe) anschaulich gemacht werden. In sich 'geschlossene' Strukturen wie diese sind von 'offenen' zu unterscheiden.

ling und Friedrich Wagner von unserem Lehrstuhl zu verdanken.

Glass-Cube

Hinter diesem Schlagwort verbirgt sich das Grundlagenstudium 'Konstruieren mit Glas' am IBK2. Ziel ist es hierbei, Glasstrukturen zu entwickeln, welche in erster Linie den Material- und Strukturgesetzmäßigkeiten folgend die besonderen Leistungsmerkmale von Baugläsern zur Geltung bringen. In weiteren Schritten lassen sich aus den so entstandenen Strukturen Einsatzmöglichkeiten für konkrete Baukonstruktionen ableiten.

1. Über Tensegrity

'There are no solids - there are no things.' Buckminster Fuller war davon überzeugt, daß - vergleichbar dem im Mikrokosmos herrschenden Kräftegleichgewicht zwischen den Elementarteilchen bzw. jenes im Makrokosmos zwischen den Planeten - die Form von hochentwickelten Strukturen vorrangig von Zug- und Druckkräften bestimmt werden.

Obwohl alle Elemente zueinander in Beziehung stehen, müssen diese Beziehungen nicht physischer Natur sein. Zusammenhalt wird auf der immateriellen Ebene durch untereinander wirkende Kräfte und eine eigen-

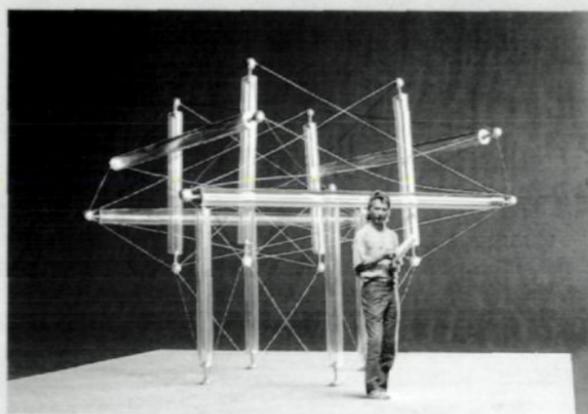
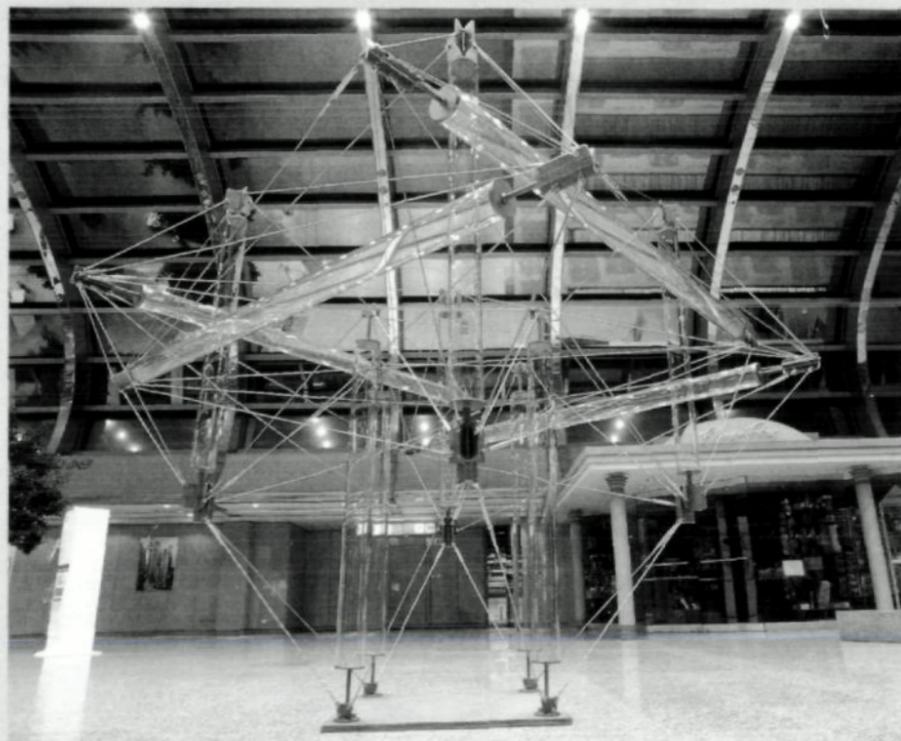
gesetzliche geometrische Ordnung innerhalb einer Struktur bestimmt.

Fuller leitete die Tensegrity-Strukturen aus der Erkenntnis ab, daß die Entwicklungsprinzipien in der Natur grundsätzlich auf größtmögliche Effizienz ausgerichtet sind. Praktisch umgesetzt bedeutet dies nach Fuller, daß auch die in Bauwerken auftretenden Kräfte vorrangig mittels Zug- und Druckkräften abgeleitet und Biegekräfte vermieden werden sollten. Ergebnis dieser Überlegungen waren vorgespannte Strukturen aus kontinuierlichen Zug- und diskontinuierlichen Druckelementen, welche so einen zumindest theoretischen Bezug zu Gesetzmäßigkeiten in der Natur herstellen. Die ersten Modell-Strukturen dieser Art nannte Fuller: 'tensional-integrity' (Tensegrity).

Als Tensegrity sind im Bauwesen 'offene' Strukturen, wie z.B. entsprechend ausgeformte Seilbinder, als äußerst leistungsfähige, massearme und je nach Vorspannung auch steife Tragwerke für weitgespannte Dachkonstruktionen am ehesten bekannt. Dabei werden die Vorspannkraften nicht wie bei 'geschlossenen' Strukturen in sich selbst, sondern in den Baugrund abgeleitet.

Tensegrity-Struktur aus Glas

Ziel dieser Studie war es, mit einer in sich schlüssigen Struktur die Materialeigenschaft von Glas,



Tensegrity : (Realisierter Prototyp). Studienarbeit von Stefan Gose und Patrick Teuffel. Fachberater: Stefan Engelsmann

hohe Druckfestigkeiten aufnehmen zu können, sinnfällig darzustellen. Es soll die Möglichkeit aufgezeigt werden, Glas für tragende Bauelemente einzusetzen.

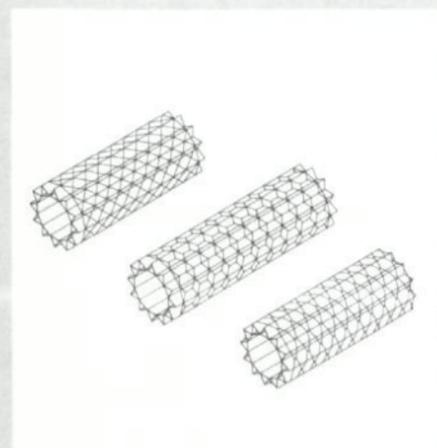
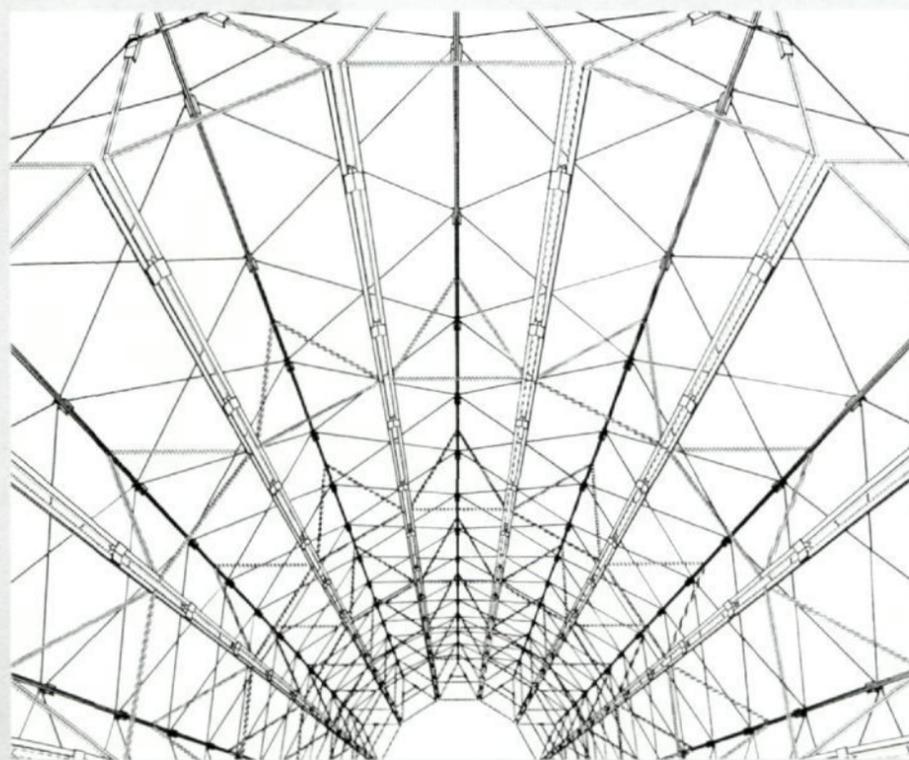
Dafür wird eine Tensegrity-Struktur entwickelt, die Rohrglasabschnitte in Verbindung mit Anschlußknoten und vorgespannten Zugelementen (Stahlseile) scheinbar schwerelos - ohne daß sie sich untereinander berühren - über dem Erdboden 'schweben' läßt und, wie auf der Glastec '96, Anziehungspunkt, Blickfang und Treffpunkt wird. Nutzungsanforderungen wie an ein Gebäude im üblichen Sinn wurden nicht gestellt.

In ersten Entwurfsschritten wurde versucht, ebene bzw. kreuzförmig zusammengesetzte Glasstreifen als Druckelemente einzusetzen, was aufgrund der mangelnden Knicksicherheit bzw. hohen Herstellungsaufwendungen in der Detailausbildung verworfen wurde. Nach Klärung der Strukturgeometrie erwies sich der Einsatz von Rohrglas als günstigere Option. Ausgehend von vier Grundelementen mit je drei Druckstäben und zwölf Zugseilen wurde die Gesamtstruktur durch Variantenbildung optimiert.

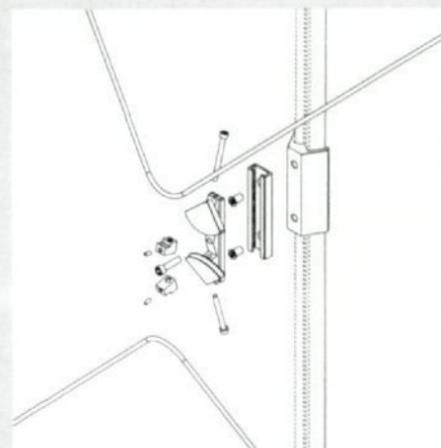
Aus den Grundelementen wird ein biegesteifer, horizontaler und räumlicher 'Tensegrity-Ring' gebildet, welcher wiederum auf vier Rohrglasstützen aufgeständert und verspannt ist.

Bei den insgesamt 24 Knotenpunkten an den Rohrenden, welche beim Prototyp als Stahlformteile hergestellt sind, treten drei grundsätzlich unterschiedliche Geometrien auf, mit denen die zahlreichen Spannseile aufgenommen werden können. Folgende Einzelkomponenten ergeben den ca. 4 m in der Höhe und Diagonalen messenden Prototyp einer geschlossenen Tensegrity-Struktur aus Glas und Stahl.

- 12 Druckelemente: Rohrglas, gehärtet, d = 135 mm
- 24 Knotenenden: Stahlformteile, kraftschlüssig mittels Epoxidharz-Verklebung mit Rohrglas verbunden.



Entwurfsvariante: Röhrenkonstruktion, horizontal.



Sechs Kraftvektoren treffen im äußeren Ring der Struktur aufeinander.

- 68 Zugelemente: Edelstahl-Spiralseile 1x19
- 1 Stahlblech-Basis: Stahlblechtafel d = 20 mm

2. Glas-Faltungen

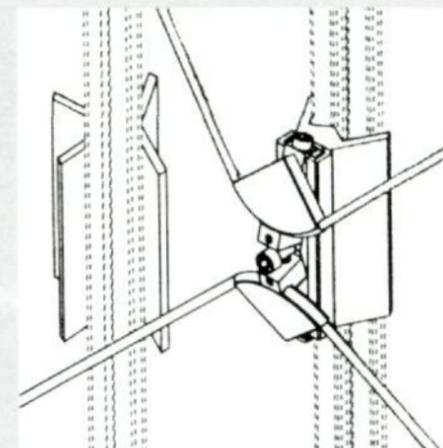
Die nachstehende Studie befaßt sich mit der Frage, ob eine Vielzahl ebener Glastafeln gleichen Zuschnitts mit einer Seilverspannung kraftschlüssig so miteinander verbunden werden kann, daß eine modular fortsetzbare und tragfähige Tonnen- bzw. Röhrenstruktur entsteht.

Eine Röhre, ein Turm aus Glasprismen Für 12 kreisförmig in der Grundriß- bzw. Schnittfigur angeordnete Prismen wurde ein Seilsystem entwickelt, das unter Vorspannung sowohl radial bzw. tangential wie auch längs zur Struktur wirkende Kräfte zu übertragen vermag. Die in der Länge addierbaren Prismenkreise ergeben damit in Verbindung mit den kraftschlüssig angebrachten und vorgespannten Seilen ein in sich statisches Gesamtgebilde. Da alle Kraftvektoren in Dreiecken fließen, wirken auch auf die Glastafeln (hier VSG) nur Normalkräfte.

Besonderes Augenmerk bei diesen Überlegungen ist auf die Anschlußdetails (Glas/Seilverspannung) zu richten, um punktuelle Spitzenspannungen bzw. Randverletzungsgefahr oder Biegezugspannungen möglichst gering zu halten. Darüber hinaus kommt den Anschlußpunkten die Aufgabe zu, Imperfektionen auszugleichen sowie die Fertigung und Montageabläufe zu begünstigen.

In diesem Fall sind die Verbindungsstellen im inneren Ring der Struktur als relativ einfaches, statisch bestimmtes Auflager (zweiteiliges, scharnierartiges Aluminium-EPDM-Formteil) zwischen jeweils zwei Glasprismen ausgebildet.

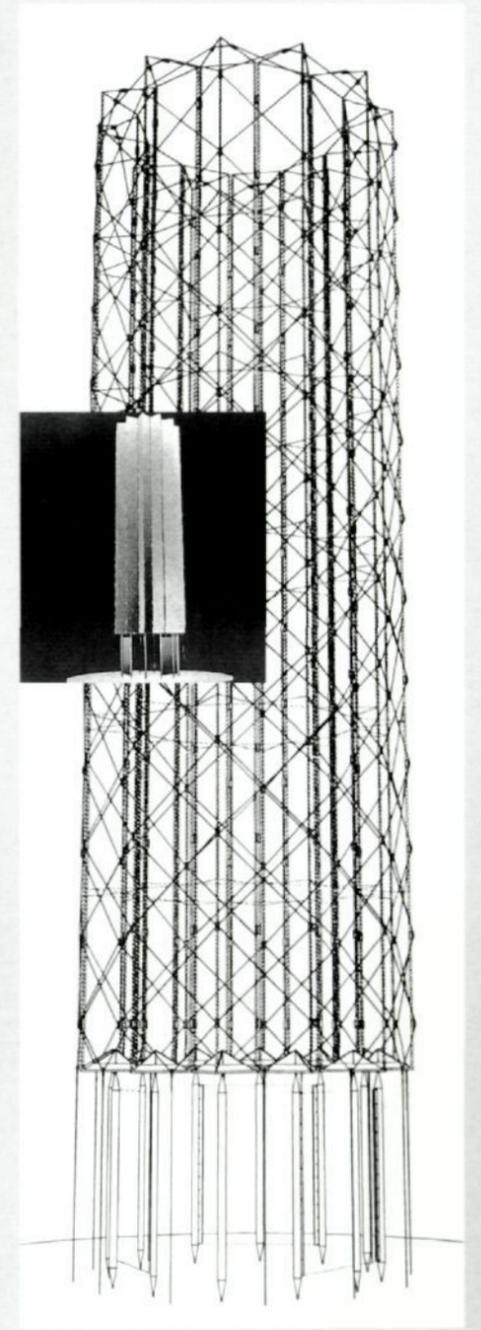
Komplexer gestalten sich die Verbindungselemente im äußeren Ring der Struktur, wo sechs



Knoten zur Aufnahme der resultierenden Kräfte.

Kraftvektoren (Glastafeln und Spannseile) ineinandertreffen und sich aus Belastung des Gesamtsystems resultierende Kräfte ergeben. Der abgebildete Knotenpunkt ist als Vorschlag zu sehen, diese Aufgaben auf engstem Raum zu bewältigen.

Die Seilverspannung erfährt im letzten Feld am Querrand der Glastafeln einen Geometriewechsel, damit die längs zur Struktur verlaufenden Zugkräfte dort kurzgeschlossen werden können. An dieser Stelle sind zusätzliche Spannschlösser vorgesehen, die eine planmäßige Verteilung der Grundspannung vor dem Fest-



Große Zeichnung links: Glasfaltwerk, hier als Tonnenkonstruktion dargestellt. Studie von Dieter Schmid; Fachberatung: Stephan Reusch, Matthias Kutterer. Darüber: Messestand, Sony 1994, Designer: John Young/ MICE Group, London. Oben: Röhrenkonstruktion, vertikal: Die gewählte zylindrische Geometrie der Konstruktion ist prädestiniert für eine turmhähnliche Senkrechtlagerung.

klemmen der Spannseile in den äußeren Knoten erlaubt.

Eine nähere Untersuchung ergab, daß bei liegender Ausführung der gesamten Konstruktion, z.B. als begehbare Röhre, eine möglichst tangential angreifende Auflagerung angestrebt werden muß.

Andernfalls würde ein erheblicher Teil der Vorspannkraft allein durch die Eigenlast der Bauteile aufgezehrt. Diese Tatsache belegt, daß der geschlossene Kreis als Konstruktionsgeometrie grundsätzlich besser für eine aufrecht stehende Lagerung geeignet ist. Hier ist diese 'turmhähnliche' Konstruktion mit stabförmigen Auflagern, welche durch Glasscheiben ausgesteift werden, dargestellt. Der Wechsel auf eine derartige Basis macht den Zugang zum Zentrum der Konstruktion möglich. Diese Variante ist eines der Ergebnisse aus den Überlegungen zum Thema.

3. Sandwich-Konstruktionen

Betrachtet man großflächige Zwei- oder Mehrscheiben-Isolierverglasungen, so fallen die stets verbesserten optischen und wärmetechnischen Werte solcher Verglasungen auf. In bezug auf deren Tragverhalten bleiben allerdings zugunsten der bauphy-

sikalischen Leistungsfähigkeit enorme Potentiale ungenutzt. Auf diesen Umstand wies bereits Friedrich B. Grimm, ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter hier am Lehrstuhl, in verschiedenen Veröffentlichungen (z.B. in: Der Architekt 2/93) ausführlich hin.

Um hier Verbesserungen zu erzielen, müßte mittels vorzugsweise 'durchsichtiger' und 'wärmebrückenfreier' Abstandhalter ein schubsteifer und damit tragfähiger Verbund der Glasscheiben untereinander hergestellt werden.

Die im folgenden erläuterte Konstruktionsstudie befaßt sich in erster Linie mit einem Teilaspekt dieser Überlegungen, nämlich mit der Frage, wie zwei großformatige Glastafeln auf einfache und praktikable Weise auf Abstand schubsteif miteinander verklebt werden können und welches Leistungsgewicht sich im Gegensatz zu 'Nichtverbundlösungen' ergibt.

Mechanische Verbindungsmittel, wie z.B. Verschraubungen, werden ihrer herstellungstechnischen Nachteile wegen hier nicht weiter besprochen. Hauptaugenmerk soll auf Glasmit-Glas-Verklebungen liegen. Und dabei wiederum auf Verklebungen, die unter UV-Licht relativ schnell und vollständig aus-

härten. Der wichtigste Vorteil neben der erreichbaren Festigkeit dieser Verbindung, die mit der Leistungsfähigkeit von Schweißnähten bei Stahl verglichen werden kann, ist, daß die Abbindezeit auch lange nach dem Auftrag des Klebstoffes mittels Speziallampen durch Glasschichten hindurch gesteuert werden kann.

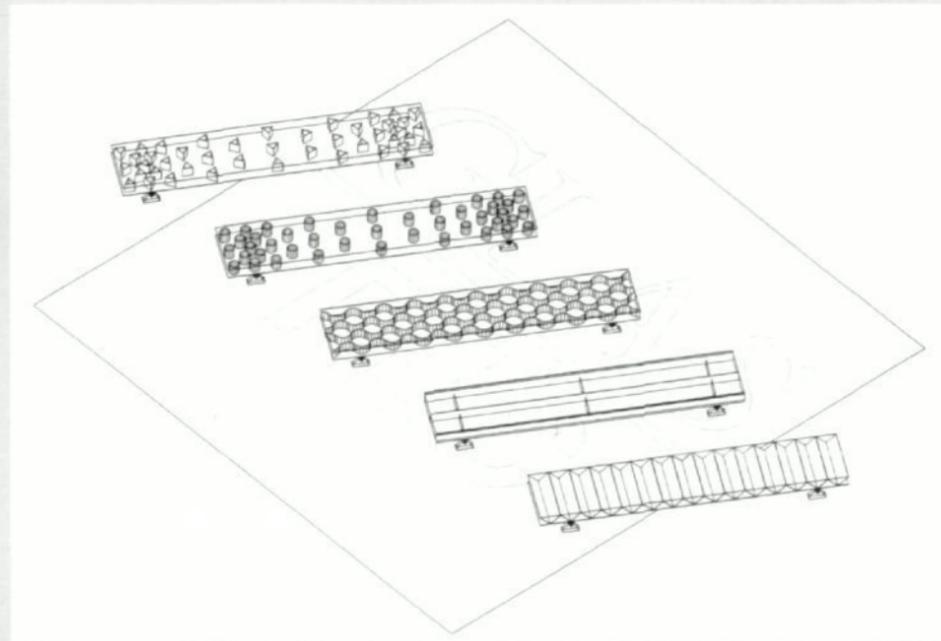
Dieser Umstand ist gerade für die Herstellung von Sandwichkonstruktionen von großer Bedeutung, denn nach Aufbringen der zweiten Deckschicht sind die Verbindungsstellen nicht mehr zugänglich. Nachteilig dagegen ist, daß dieses relativ dünnflüssige Klebemittel keine 'Überbrückungsqualitäten' zur Aufnahme von Toleranzen aufweist und sich dadurch Imperfektion bei der Herstellung der Einzelteile besonders gravierend auswirken kann. Die abgebildeten Varianten zeigen verschiedene Geometrien von punktuellen und linearen Glasabstandhaltern. Beim

Bau des ersten Prototyps als Einfeldträger-Brücke (LxBxH: 4,50 m x 1,00 m x 0,20 m) kamen ca. 1,00 m lange, versetzt angeordnete Glasstege als Abstandhalter zum Einsatz. Die vorberechnete max. Belastung lag bei deutlich mehr als 5,0 KN/qm. Beim Bruchlastversuch konnten in Feldmitte auf einem qm knapp 5,0 KN aufgelegt werden, bis der Glasbruch eintrat.

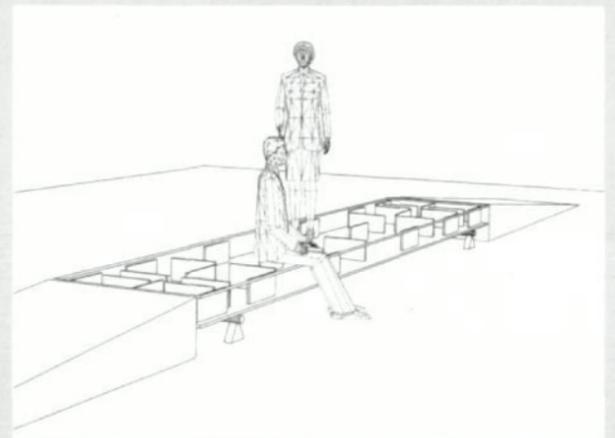
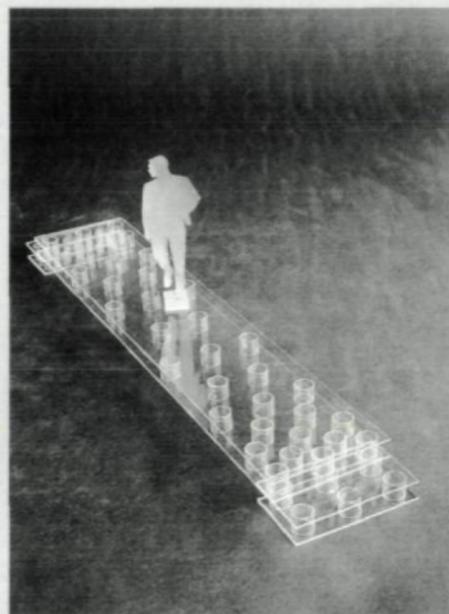
Zu erwähnen ist, daß diese Belastung trotz der erwähnten Imperfektion - es kamen nur ca. 50% der vorgesehenen Klebefugenabwicklung kraftschlüssig zustande - ein vielversprechender Wert ist, vorausgesetzt es gelingt, die Ausführungstechniken entsprechend zu verbessern.

4. Weitgespannte Glas-Kuppel

Im Gegensatz zu den oben gezeigten Konstruktionsstudien handelt es sich bei diesem Entwurf um einen zumindest kon-



Oben: Glasleichtbau-Sandwich-Konstruktionen mit unterschiedlichen transparenten Abstandhaltern. Studie bearbeitet von Tobias Lemberg Fachberatung; Adrian Pocanschi



Rechts: Studie für eine Glasbrücke als Sandwichkonstruktion mit Abstandhaltern aus Glasstegabschnitten.



Links: Modell einer Variante. Der Abstand zwischen den Deckscheiben wird hier durch Rohrglas-Abschnitte gebildet, die schubsteif mit den Deckscheiben verklebt werden.

Oben: Realisierter Prototyp für eine Glas-Sandwich-Brücke, unterstützt und ausgeführt von den Firmen: Böhm GmbH, Waiblingen; Ego Dichtstoffwerke GmbH, Gilching; Pilkington Deutschland GmbH, Gelsenkirchen; Syma-System AG, CH Kirchberg

zeptionell und rechnerisch belegten Nachweis für eine völlig neuartige, 140 m weit spannen- de Kuppel-Konstruktion mit Glas als primär lastabtragendem Werkstoff, die - wie hier vorge- sehen - als Messe- und Ausstel- lungshalle dienen könnte. Das hier gezeigte Beispiel soll Lö- sungswege aufzeigen, wie ein Hochleistungstragwerk mit der Gebäudehülle in großformatigen 'Glaspaketen' integriert werden kann.

Tragwerk

Bereits bei ersten Überlegungen zum Tragwerk dieser Glaskuppel wurde von einer unterseitig in Meridianrichtung seilverspann- ten Kugelkalotte ausgegangen. Die Glastafeln sind an den vier Eck- bzw. Stoßpunkten punktu- ell gehalten. Ursprünglich war jeweils in radialer und tangen- tialer Richtung eine räumliche Koppelung mit den Meridiansei- len vorgesehen.

Durch entsprechende Vor- spannkräfte in den Seilen wird die Schale (deren Geometrie so gewählt ist, daß ausschließlich Druckkräfte vorherrschen) so weit vorgedrückt, daß auch bei Wind- und einseitigen Schneela- sten Stabilitätsprobleme ausge- schlossen werden können. Zu- gleich ergibt die räumliche Dia- gonalverspannung zusätzliche Reststandsicherheit. Eine Über- prüfung der Seilnetz-Geometrie ergab, daß eine fachwerkartige Verspannung der Glastafel-Eck- punkte mit den Meridianseilen allein als ausreichend anzusehen ist. Dementsprechend sind die Seilumlenksättel an den Glashal- tepunkten bzw. den Meridian- seilen mit ausgebildet.

Glas-Laminat

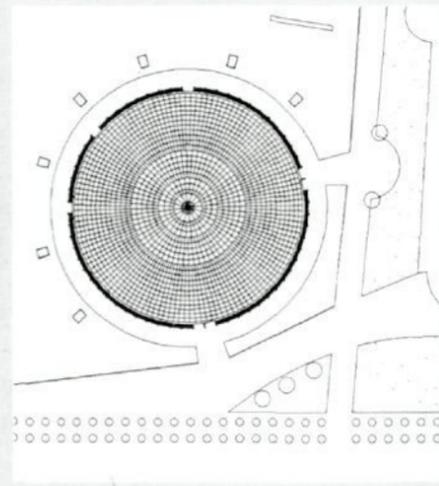
Zunächst wurde näherungsweise von einem Glaspaket $d = 100 \text{ mm}$, bestehend aus 10 laminierten 10 mm Floatglasscheiben ausge- gangen. Dieses 'Paket' ist in be- zug auf die errechneten Druck- kräfte 4-fach überdimensioniert. Hierbei wird der zu erwartenden Durchbiegung nach der Theorie

2. Ordnung mit überhöhten Si- cherheitsbeiwerten entgegen- gewirkt. Die Verminderung der Glasscheibenzahl bzw. Gesamt- paketdicke bei gleichzeitiger Er- höhung der Dicke der einzelnen Laminatscheiben sowie auf der Außenseite aufgebrachte Isolier- glasscheiben bringen eine deut- liche Optimierung im Hinblick auf Eigengewicht, k-Wert, Her- stellung und Tageslichtdurchlaß, wobei ein hohes Maß an Rest- standsicherheit gewährleistet bleibt. Die Reststandsicherheit bei dieser Struktur ist durch zwei Faktoren gegeben. Zum einen kann davon ausgegangen werden, daß die vorgestellte Laminatkonstruktion ähnliche Eigenschaften aufweist wie Pan- zerverglasungen. Zum andern können beim theoretischen Aus- fall einzelner Laminattafeln die benachbarten Bereiche Ersatz- funktionen übernehmen.

Bei nur 80 mm Glaspaket- dicke und 140 m Spannweite kann diese Konstruktion (unge- achtet der i.M. ca. 1,4 m tiefen Unterspannung) als extrem schlank bezeichnet werden.

Weitere Vorteile könnten hierbei Funktionsschichten im Laminat (z.B. elektrochrome Schichten) durch die damit ver- bundene Regel- und Steuerbar- keit der optisch/energetischen Eigenschaften mit sich bringen.

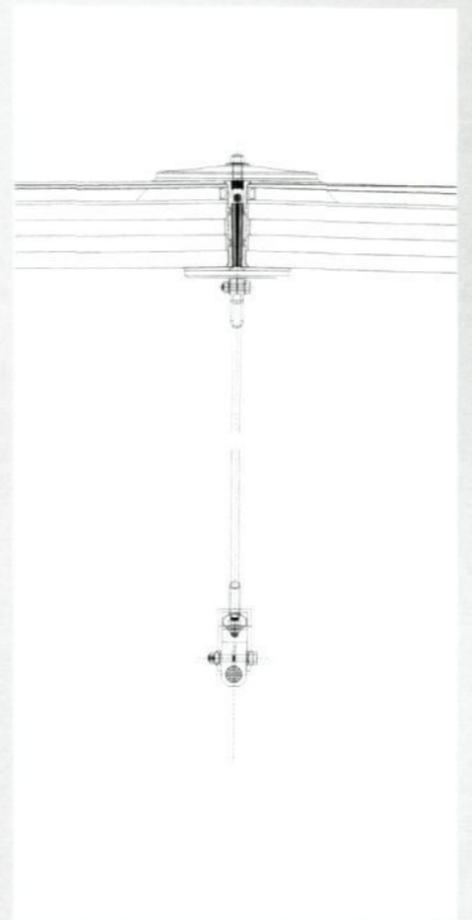
Eine ähnliche Wirkung ließe sich mittels Sonnenschutzspiegel- rastern erreichen, bei gleichzeiti- gem Erhalt einer richtungsge- bundenen Durchsicht.



Für die Montage einer solchen im Zenit offenen Struktur ist ein Untergerüst erforderlich, welches es ermöglicht, die Kalottenseg- mente kraftschlüssig mit dem als Druckring wirkenden 'Auge' der Kuppel zu verbinden. Im Zenit ist zentral zur Unterstützung ei- nes behaglichen Raumklimas im Sommer eine Abluftvorrichtung vorgesehen. Die hier vorgestellte Glaskuppel kann, zumindest was den vorgeschlagenen Einsatz von Glas als tragendem Werk- stoff betrifft, als realisierbar be- zeichnet werden. Es wird sich weisen, wann die erste 'baue- genehmigungsfähige' Konstruktion dieser Art Wirklichkeit wird.

Der in diesem Aufsatz gezeigte Einblick in die Arbeit an unse- rem Lehrstuhl und die Suche nach neuen, glastypischen Kon- struktionen sollen einerseits ver- deutlichen, welches form- und strukturbildende Potential in Glas als Bau- und Werkstoff liegt (auch für Anwendungen, über die bisher nur spekuliert werden kann). Andererseits wird aber auch deutlich, welche Grenzen das 'sprödebrüchige' Material jedem auferlegt, der sich um konstruktive Lösungen bemüht, die nicht direkt aus be- kannten Konstruktionen für Ma- terialien - wie Holz und Stahl - abgeleitet sind. Besonders wichtig für die Weiterentwicklung und Verbreitung der Kenntnis in den Themenbereichen 'Glas- bruch' und 'Reststandsicherheit' sind deshalb neben theoretischen Überlegungen praktische bzw. empirische Versuchsreihen.

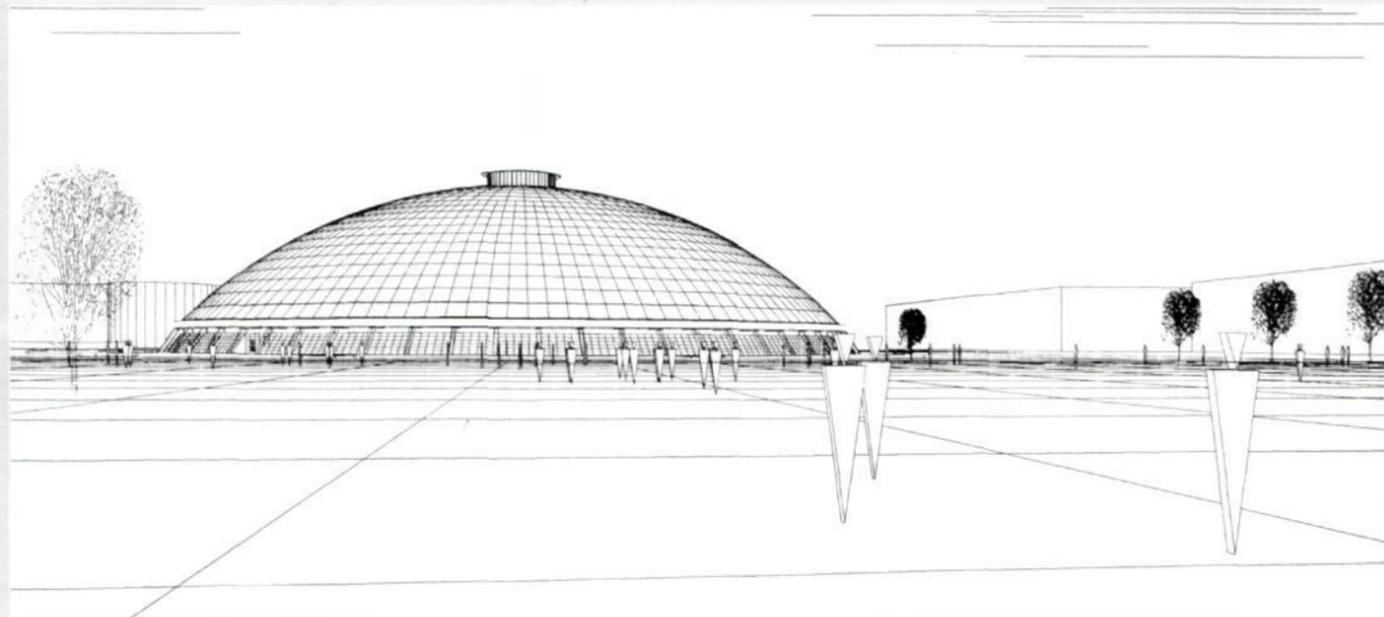
Deshalb ist an dieser Stelle nochmals für die fachlich frucht- bare Zusammenarbeit und wohl- wollende Unterstützung unserer Vorhaben am Lehrstuhl in den letzten Jahren besonders zu danken: den eingangs erwähn- ten Gründungsmitgliedern des 'Fachverbands Konstruktiver Glasbau' sowie den Firmen Pfeifer Seil- und Hebetchnik in Memmingen, Schott Rohrglas in Bayreuth, Böhm GmbH in Waib- lingen, Dow Corning GmbH in



Unterensung, Ego Dichtstoffwer- ke GmbH in Gilching, Pilkington Deutschland GmbH in Gelsenkir- chen und Syma-System AG in Kirchberg, Schweiz.

Joachim Achenbach

Aufbau Glaspaket
(Grundvariante): 2x4mm VSG mit Photovoltaik- Schicht; Magnetronebe- schichtung; 16mm SZR, Argonfüllung; 4mm Floatglas; Verbundlami- nat Standard; 80mm VSG (4x20mm Floatglas lami- niert) Technische Werte Glaspaket (berechnet): k-Wert = 0,9 W/qmK g-Wert = ca. 40% Gewicht = 230 kg/qm Der Druck des Anpreß- tellers und die Durchbie- gung der Deck-Isolier- glasscheibe werden durch Polysulfid-Abstandshalter egalisiert.



Weitgespannte Glas- Kuppelstruktur. Studie bearbeitet von Denny Spyra und Alexander Schmid; Fachberater: Adrian Pocanschi

Hersteller

Architectural Glass Design
101, S. Coombs Street
Studio D
USA - Napa, CA 94559
001-707-255 5954

Bernard Pictet
47, Rue Oberkampf
75011 Paris
0033-1-48 06 19 25

Betoglass GmbH
Speldorfer Straße 17-19
D - 46049 Oberhausen
0208-80 33 11

BGT Bischoff Glastechnik
Alexanderstraße 2
D - 75015 Bretten
07252-50 30

Cesar Color Inc.
880, Hinckley Road
USA - Burlingame, CA 94010
001-415-259 97 00

Colt International GmbH
Briener Straße 186
D - 47533 Kleve
02821-99 02 19

Deutsche Spezialglas AG
Hüttenstraße 1
D - 31073 Grünenplan
05187-77 10

Dorma-Glas GmbH
Postfach 3268
D - 32076 Bad Salzuflen
05222-92 40

Eurocontrol
Alwindstraße 4
D - 88131 Lindau
08382-94 46 94

FälländerGlas AG
Schwerzenbachstrasse 43
CH - 8117 Fällanden
0041-1-806 40 40

Fenster Werner
Staudinger Straße 5
D - 64293 Darmstadt
06151-85 50 51

Figla Co. Ltd.
13, Lancaster Ave
USA - Pine Brook, NJ 07058
001-201-882 80 15

Flachglas AG
Haydnstraße 19
D - 45884 Gelsenkirchen
0209-1680

Franz Mayer'sche Hofkunst-
anstalt
Seidlstraße 25
D - 80335 München
089-59 54 84

Fraunhofer Institut Solare
Energiesysteme
Oltmannsstraße 5
D - 79100 Freiburg
0761-40 16 60

Gerresheimer Bauglas GmbH
Heyestraße 178
D - 40625 Düsseldorf
0211-280 90

Glasbau Thom GmbH
Aug.-Wilh.-Kühlholz-Straße 4
D - 26009 Oldenburg
0441-20 40 20

Hunter Douglas GmbH
Erich-Ollenhauer-Straße 5-7
D - 40595 Düsseldorf
0211-70 30 88

Inglas GmbH & Co KG
Im Winkel 4/1
D - 88048 Friedrichshafen
07544-95 47 11

Interpane International
Sohnreyastraße 21
D - 37697 Lauenförde
05273-80 93 09

Intron GmbH
Otto-Schott-Straße 10
D - 07745 Jena
03641-60 58 76

James Carpenter Design
Associates Inc.
145, Hudson Street
USA - New York, NY 10013
001-212-431 43 18

Lamberts GmbH
Postfach 560
D - 95624 Wunsiedel
09232-60 50

Leucos S.p.A.
Via Treviso 77
I - 30037 Scorzé (VE)
0039-41-585 91 11

LSE GmbH
Ziegelstraße 23-25
D - 91126 Rednitzhembach
09122-97 56 90

Neuenburger Glaswerkstätten
Urwaldstraße 14
D - 26340 Neuenburg
04452-16 44

Oberland Glas AG
Division Bauglas
Siemensstraße 1
D - 56422 Wirges
02602-68 10

Pilkington Deutschland GmbH
Auf der Reihe 2
D - 45884 Gelsenkirchen
0209-16 80

Rapid Pane BV
Postbus 51
NL - 3140 AB Maasluis
0031-174-53 12 00

Sadev Decolletage
Z.I. de Vovray
B.P. 78
F - 7460 Seynod Cedex
(Annecy)
0033-450 337 058

Schott Glaswerke
Hattenbergstraße 10
D - 55122 Mainz
06131-660

Schott Rohrglas GmbH
Theodor-Schmidt-Straße 25
D - 95448 Bayreuth
0921-287 281

Siglam GmbH
Gließmannstraße 1
A - 4052 Ansfelden
0043-732-301 61 80

Staba Wuppermann GmbH
Ottostraße 5
D - 51381 Leverkusen
02171-500 00

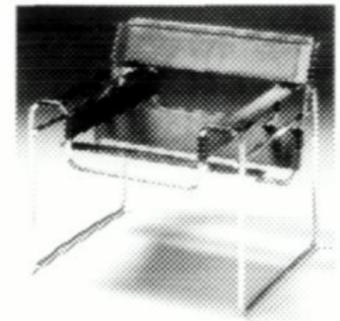
TriPyramid Structures Inc.
43 Bradford Street
USA - Concord, MA 01742
001-508-369 53 53

Vegla GmbH
Viktoriaallee 3-5
D - 52066 Aachen
0241-51 60

Vetrotech Kinon GmbH
Adlerstraße 9
D - 40211 Düsseldorf
0211-17 70 10

Welebny
Hausleiten 7
Tillysburg
A - 4490 St. Florian
0043-7224-41 11

ECHTE WERTE - VORTEILHAFT KAUFEN



KLASSIKER MÖBEL VON
**Marcel Breuer Mies van
der Rohe u.v.a. ZU
ITALIENISCHEN
TIEFSTPREISEN.
JETZT DIE GÜNSTIGE LIRA
NUTZEN!!!**

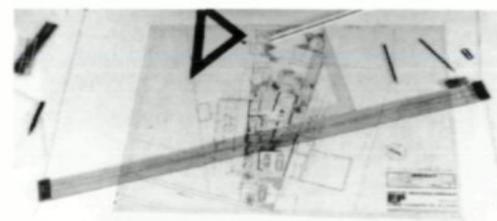
GRUBER MÖBEL
INFO-TEL. 01805 21 27 61

Bürogemeinschaftsuchende

Hallo Architekten, Statiker und Planer!
Für eine gewinnbringende Bürogemeinschaft
in **Berlin-Tempelhof** suchen wir Partner
für den berühmten synergetischen Effekt.

Raumaufteilung noch variabel,
hochwertige Ausstattung (Neubau).
Empfang, Besprechungsraum gemeinsam nutzbar.

Zuschriften mit eigener Kurzbeschreibung
der eigenen Vorstellungen bitte unter:
COMM, UNIT:T
Business Center Berlin
Konturstraße 18a
12099 Berlin



ARCHITEKT INFORMIERT

Die Ruchay Zeichenschiene 4 R (entwickelt von Architekt Klaus Ruchay), ist eine exakt parallel verlaufende Zeichenschiene, welche über Kugellager an einer Seilführung geführt wird. Winkeleinstellung ist möglich. Lieferbar sind 5 Serienlängen von 600 - 2000 mm und 8 Serienmodelle für jeden Bedarf.

RUCHAY Zeichentechnik 50829 Köln Günther-Plückow-Str.6
Tel. (0221) 593031 Fax (0221) 593032