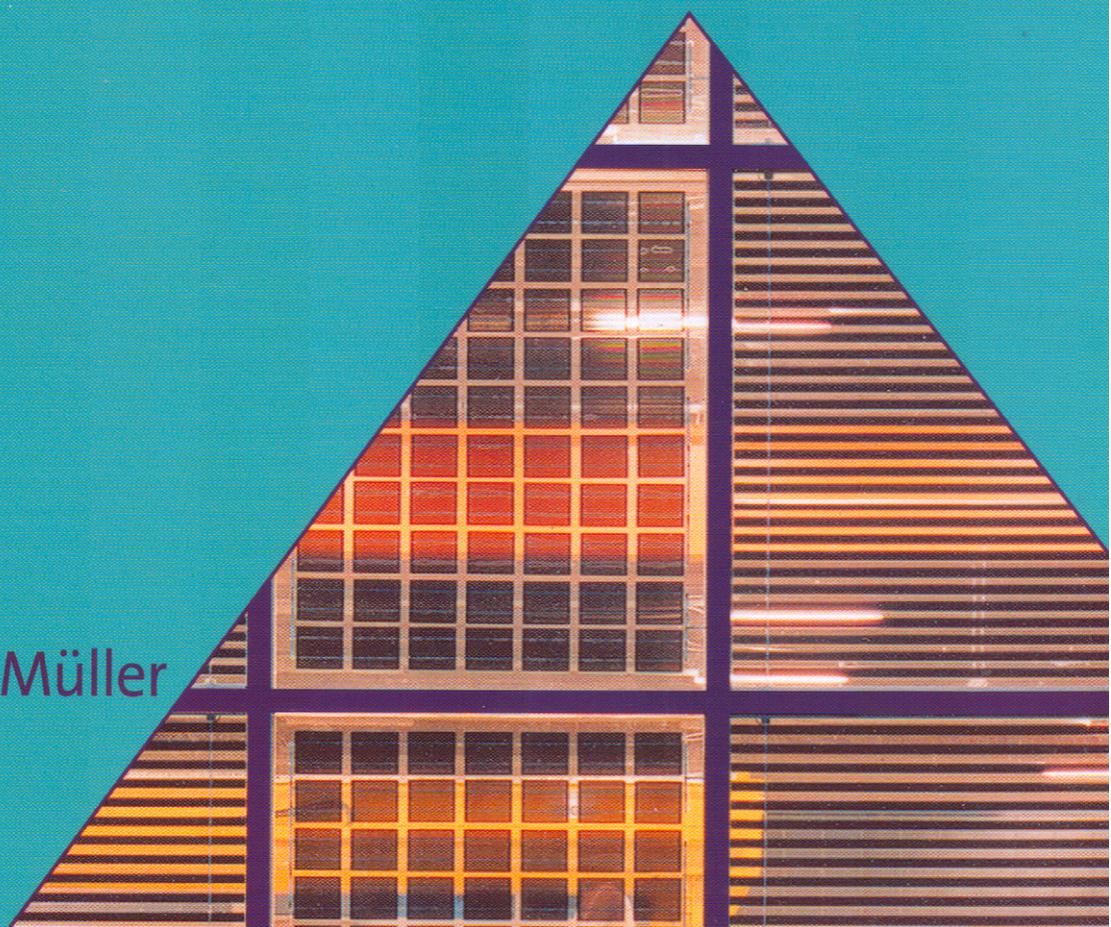


Susanne Rexroth (Hrsg.)

Gestalten mit Solarzellen

Photovoltaik in der Gebäudehülle

C.F. Müller



Ein neues Material – ein altes Material

Glas als Material hat sich über die Jahrhunderte kaum verändert: trotzdem funktioniert es als Träger der unterschiedlichsten Auffassungen und als Symbol vieler Theorien. Diese Ambivalenz, die es durch seine extreme Existenz – entweder vollkommen oder zerstört – verkörpert, zieht sich durch die Architekturgeschichte und beeinflusst jede neue Entwicklungsstufe.

Photovoltaik ist untrennbar mit dem Baustoff Glas, seinen Eigenschaften und seiner Bedeutung verbunden. Zum einen besteht das Ausgangsmaterial herkömmlicher Solarzellen aus dem gleichen Rohstoff wie Glas, nämlich Silizium, zum anderen wird bisher als Deck- und Trägermaterial zur Herstellung von Photovoltaikmodulen häufig Glas verwendet. Die Photovoltaikmodule werden in Verbundglasstechnologie hergestellt und nehmen somit die Eigenschaften der Produkte dieser Technologie auf.

Der ersten baulichen Aufgabe, nämlich dem dekorativen Einsatz farbiger Gläser in den Kirchenbauten der Romanik, stehen wir im Moment wieder sehr nahe: der Wunsch nach totaler Transparenz, der in den zwanziger Jahren seinen gestalterischen Höhepunkt erreichte, verklingt langsam und weicht der Entwicklung von steuerbaren, dynamischen Paketen, die die Transluzenz von Glas in völlig neuen hochtechnischen Zusammenhängen zum Inhalt haben. Glas also nicht mehr als Fenster, sondern als reaktionsfähiges Bauelement, dessen funktionale Qualitäten den Bedürfnissen entsprechend beeinflusst werden können.

Glas als Ornament

Zunächst machte man sich die transluzente Qualität farbigen Glases zunutze. Glas wurde als Träger von Kunst eingesetzt, die Schönheit der Kirchen zu Gottes Ehren zu erhöhen. Zu Beginn galt die Bemühung der Glasbläser der Herstellung möglichst flacher Glasstücke. Die flächenstatische Bauweise der Romanik ließ nur recht kleine Öffnungen für den Einsatz von Glas, so dass die Größe der Glasteile zunächst kein Problem darstellte. Erst der Übergang zur Rahmenbauweise in der Gotik erlaubte immer größere Öffnungen im Gestein und gab damit den Fensterreihen Raum, die mit ihren erzählerischen Bildfolgen zum Ruhm der Bauten beitrugen. Von den immer gewagteren Größen der Fenster blieb die Größe der Glasteile unabhängig, da man nach dem Rahmen-Füllung-Prinzip kleine Scherben mit Blei verband und in Metallrahmen zusammenfasste.

In der heutigen Kunstszene spielt farbiges Glas nur noch als Zitat eine Rolle. Sigmar Polke, der sich in seiner Kunst mit Überlieferungen und Traditionen deutscher Geschichte beschäftigt, wählt Glas als Träger seiner Märchen- und Sagenwelten, um mit der Distanz und der sinnlichen Magie zu spielen, die farbige Glasflächen ausstrahlen.

Eine ganz andere Rolle spielt das Glas in der Kunst von Dan Graham. So hat er zum Beispiel einen Glaspavillon, der als Museumscafé genutzt wird, in den Hof eines Ausstellungsgeländes platziert. Hier wird die oft als Schwäche des Materials betrachtete Reflektion zum Thema erhoben. Durch vielfache

Die Hülle des Café-Pavillons besteht aus transluzentem, opakem und Einwegspiegelglas; die Konstruktion ist mit poliertem Edelstahl verkleidet. Der Körper erscheint mal transparent, mal spiegelnd.



Spiegelung der Glasflächen, die den Körper bilden, wird der Raum von außen betrachtet kristallin und ungreifbar. Im inneren herrscht eine angenehm ruhige und geschützte Atmosphäre, da die Passanten ja keinen Einblick haben und der Besucher umhüllt ist und doch frei ausblicken kann. Fast nur durch die Begrenzung des Luftraums spürt der Besucher die Raumgrenze.

Der hauptsächlichlichen Verwendung von Glas in der Kunst begegnen wir verstärkt bei Installationen, die mit

Bill Violas Video-Installation „The World of Appearances“. Zwischen Boden- und Wandscreen ist eine überdimensionale Glas-scheibe angebracht. Wie eine starre Wasseroberfläche ist die Scheibe zugleich transparente und spiegelnde Fläche.



Bildprojektionen auf Glasflächen oder Monitoren arbeiten. Die optische Abwesenheit des Materials spielt eine große Rolle bei der Visualisierung virtueller Welten.

Glas als Öffnung

In der technischen Entwicklung des Glases für die Baukunst wird zu Beginn des 18. Jahrhunderts ein deutlicher Fortschritt erzielt. Louis XIV., berühmt für seine kapriziösen Ideen, fördert die Entwicklung der Glastafelproduktion, die bis dahin an technischen Grenzen gescheitert war. Mit neuen Verfahren gelingt in dieser Zeit die Herstellung großer, glänzender, farbloser Gläser und Spiegel. Glas ist nun ein präzise zu fertigendes Baumaterial, das kaum Toleranzen aufweist. Mit der Errichtung des Schlosses zu Versailles wird diese Errungenschaft prächtig gefeiert.

Glas gilt von nun an als Statussymbol der Wohlhabenden und wird besonders in den klimatisch kühleren Breiten Europas zum festen Bestandteil der Außenhaut von Häusern.

Glas als Hülle

Die seit dem Mittelalter existierenden Gewächshäuser erleben zur Mitte des 19. Jahrhunderts eine Blütezeit. Mit der Entdeckung des Skelettbaus aus Gusseisen entstehen phantasievolle Glashüllen, die das Interesse der Europäer an der Exotik ferner Länder widerspiegeln.

Krönung dieser Konstruktionen ist sicherlich der Kristallpalast von Paxton in England, der zur Feier der Weltausstellung 1851 erschaffen wurde.

Die industrielle Revolution, die Errungenschaften der Technik werden in neuen Gebäudetypen sichtbar. Mit großer Geste werden prächtige Bauten wie Markthallen oder Bahnhöfe errichtet, in denen das Licht zur

Inszenierung der neuen Materialien bewusst nach innen geholt und bereits in der Planung berücksichtigt wird. Um die Waren ausstellen zu können, um den neuen Boulevards die dazugehörigen Schaufenster zu bieten, öffnen sich die Fassaden der Geschäftshäuser im Parterre. Mit der Einführung der Metallrahmenkonstruktion entstehen die Vorhangsfassade und Ende des 19. Jahrhunderts die ersten Glaswolkenkratzer in Amerika.

Aus dem Glasvolumen, die die Glasbläser produzieren, hat sich über das Flachglas eine gigantische Gebäudehülle entwickelt und damit einer ganz neuen Ästhetik den Weg geebnet.

Glas als Fläche

Glas wird nun zum Symbol einer ganzen Generation. Der „Baustoff der Zukunft“ setzt Träume von Schwerelosigkeit, Reinheit und Perfektion in soziologischen, poetischen und spirituellen Zusammenhängen frei. 1914 entsteht der Glaspavillon von Bruno Taut (Werkbundausstellung) und bald darauf schlie-



Robert Delaunay, Ein Fenster 1912/13
„Der Bau soll Räume enthalten, welche die charakteristischen Erscheinungen der neuen Kunst in sich aufnehmen: in großen Glasfenstern die Lichtkompositionen Delaunays ...“ Bruno Taut, Eine Notwendigkeit, 1914

ßen sich Intellektuelle verschiedener Fachrichtungen zur „Gläsernen Kette“ zusammen. Glas wird benutzt, um gewagten Visionen als Projektionsfläche zu dienen.

Nach den düsteren Kriegsjahren soll Licht in alle Häuser; die Intimität gilt als verrucht und wird verdrängt durch Offenlegung der gewählten Lebensform. Öffnung der Architektur steht für Öffnung des Geistes, Erweiterung des Horizonts und für Ehrlichkeit. Glas wird als Transmitter mit moralischen und gesellschaftlichen Formeln behängt.

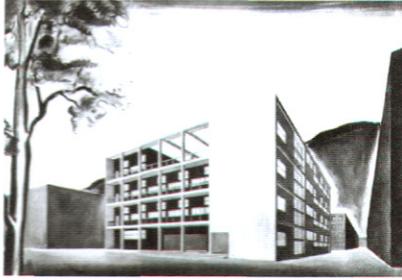
Schon 1919 bringt Mies van der Rohe den Wettbewerbsbeitrag „Bürohaus Friedrichstraße, Berlin“ hervor, das einen Meilenstein in der Annäherung von Visionen in Glas an die Realität markiert. Die tragenden Bauteile befinden sich im Kern eines Gebäudes und verleihen ihm eine schwebende Präsenz. Mit der freien Verwendbarkeit von Glasflächen erhalten die herkömmlichen Baumaterialien einen neuen Reiz. Die Massivität von Stein und Beton provoziert über den Kontrast die leichte Wirkung des Glases und wird daher sehr geschätzt.

Am Beispiel des Barcelona-Pavillons ist deutlich, wie die Räume ineinander fließen und sich die räumliche Trennung von innen und außen auflöst.

Unter den Faschisten wurde diese Idee auf das gesamte Menschenideal übertragen und damit zu einem grausamen Baustein der Diktatur. Plötzlich dienen die offenen Häuser der Obrigkeit nicht mehr zum Hineingucken, sondern zur Überwachung von innen nach außen – der vorher so positive Begriff der Transparenz wird hier zur Bedrohung.

Zurückgeworfen durch diesen Missbrauch in den Jahren des 2. Weltkriegs werden anschließend massenhaft Häuser gebaut, in denen dem Tageslicht eine geringe Bedeutung zukommt. Massive Mauern wünschen sich die schutzbedürfti-

Giuseppe Terragni:
Casa del Fascio in
Como (1932 – 36)



gen Menschen, und durch die Armut entstehen enge, düstere Wohnungen. Als Fenster zur Welt funktioniert nun der Fernseher.

Glas als Informationsträger

Die Ästhetik des Bildschirms wird – mit Zukunftsvisionen behaftet – in die Sprache der Architektur übertragen. Zunächst macht Jean Nouvel mit verschiedenen Gebäuden Furore, die mit großflächig bedruckten Glasscheiben ein raffiniertes Spiel mit Licht und Schatten, Innen und Außen, Volumen und Fläche treiben. Da sich der Betrachter im gebauten Umfeld bewegt, erscheinen die Körper durch unterschiedliche Lichtsituationen und Standpunkte immer wieder anders. Über die Fassaden erhält der Be-

trachter zusätzliche Information zur Nutzung des Gebäudes, seiner Kubatur und Masse.

Als logische Folge daraus haben sich besonders in Asien Medienscreens entwickelt. Diese Tafeln sind an sich undurchsichtig, nur die äußere Schicht ist Glas, erwecken aber den Anschein von Tiefe und Raum durch die Filme, die darauf abgespielt werden. Die Gebäudehülle wird als Ganzes zum Informationsträger. Das Tempo der bewegten Bilder ist losgelöst von der Bewegung des Betrachters, das Gebäudeinnere und seine Nutzung müssen nichts mit der Information der Filme zu tun haben. Die Innenräume können durch vollkommene Auskleidung mit screens zu Illusionsräumen werden und als virtuelle Welten ganz neue ästhetische Werte vertreten.

Glas als Applikation

Im Zusammenhang mit moderner, technischer Architektur hat Glas starken Symbolcharakter. Der sorgfältige Umgang mit passiver Energie weist Glasflächen einen hohen Stellenwert in der Materialsprache nachhaltiger Gebäude jeder Größe zu.

Diese Gedanken kamen in der Architektur zunächst als applizierte Glasräume wie Wintergarten oder Windfang an bestehenden Häusern zum Ausdruck. Obwohl sie oft aus mehr Rahmen denn Glas zu bestehen scheinen, wird auf diese Weise der Wunsch nach moderner, energiesparender Architektur transportiert.

Verbunden mit „identitätsstiftenden“, das heißt möglichst unkonventionellen Formen und Farben sind diese Annex-Räume heute noch beliebt bei Plattenbausaniierungen, wo sie die Enge der Erschließungszonen minimal entzerren, hauptsächlich aber den Endlosreigen der Baukörper unterbrechen sollen und ihnen damit den einzigen Reiz – den



Medienfassade der
Neuen Börse in New
York

der brutalen Konsequenz – rauben. Im sozialen Wohnungsbau der achtziger Jahre sind solche Räume schon Teil des Konzepts, allerdings nicht zusätzlich, sondern anstelle von Balkon oder Nebenraum, als Teil der Wohnfläche. Durch die Einsehbarkeit und den Platzmangel werden diese Räume aber häufig – statt als Schnittmenge zum Außenraum betrachtet und genutzt zu werden – zu Abstellräumen degradiert.

Glas als Energiefalle

Mit der Optimierung den verbesserten Wärmedämmeigenschaften von Glas sind die Grundparameter von Energiesparkonzepten nicht mehr länger allein dem Diktat der Kubatur (geringes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen) und der Materialien (hochisolierende Dämmstoffdicken) unterworfen.

Neue transluzente Materialien zur Wärmedämmung aus Kunststoffen oder Glas können transparente Fensterflächen ersetzen, wo nur noch Lichteinfall, aber kein Ein- oder Ausblick erwünscht ist. Die Materialien verbinden die Eigenschaften konventioneller Dämmungen (Wärmeverluste verringern) mit den Eigenschaften von Glas (Lichtdurchlässigkeit), ja können sogar passive solare Warmegewinne erzielen.

Die Integration fliesenartiger Solarzellen in Isolierglasscheiben, die mit ihrer schimmernden Oberfläche technisch elegant aussehen, ist ein



Karl-Philipp-Moritz-Haus in Berlin: Solarzellen im Fassadenraster der verglasten Wintergärten (Architekten: Torge / Gaa / Wercker, Berlin)

weiteres innovatives Gestaltungsmittel.

Glas als Membran

Der technische Fortschritt zeigt sich nicht bei der veränderten Zusammensetzung des Materials, sondern bei der Überwindung dreier Probleme im Umgang mit Glas:

Als erstes ist die Behandlung der Fuge zu betrachten.

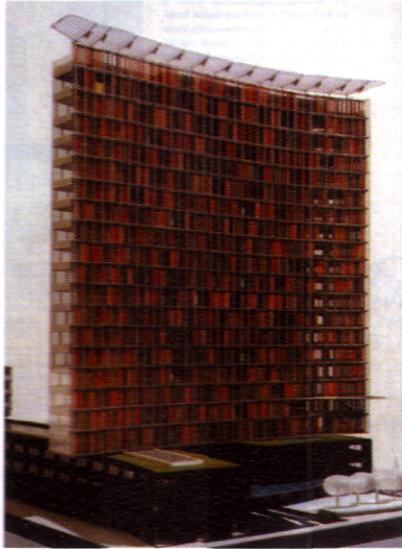
Glasflächen treten bei bestimmten Lichtverhältnissen nur durch die graphische Struktur des Befestigungssystems in Erscheinung. Um die Illusion von Grazie und Leichtigkeit zu erwirken, muss das Tragsystem möglichst unsichtbar sein. Mit der Verbreitung von *Structural Glazing* seit den Bauten von Bernard Tschumi für den Parc de la Villette in Paris sind die Planer diesem Wunsch kontinuierlich näher gerückt. Mithilfe genauer statischer Berechnungen am Computer werden die Haltekonstruktionen auch komplizierter Formen immer zielgerichteter und dadurch filigraner.

Als zweiter Forschungsaspekt steht die Verbesserung der Wärmedämmfähigkeit von Glas im Interesse. Ehemals als Loch in der thermischen Gebäudehülle bezeichnet, wandelt sich das Fenster zu einem Paket von Schichten, das mittlerweile bessere Werte aufweisen kann als opake Wände.

Doppelte Glasfassaden wie sie gegenwärtig entwickelt und gebaut werden, erscheinen als homogene Hülle, umgeben einen gebauten Raum wie ein Membran zwischen innen und außen.

Die Überwindung des Misstrauens in Glas als Teil des Tragwerks muss als die dritte Aufgabe betrachtet werden. Mittels Versuchen zur Eingrenzung der problematischen Kraftfelder tritt Glas als Teil der Tektonik auf. Insbesondere diese Errungenschaft macht deutlich, dass wir unsere Sehgewohnheiten den ver-

Modell des GSW-Hochhauses in Berlin: die Westfassade ist als gläserne Doppelfassade ausgeführt (Architekten: Sauerbruch und Hutton, Berlin / London)



änderten Möglichkeiten anpassen müssen. Durch die mentale Öffnung diesem Thema gegenüber entsteht im Zusammenhang mit den anderen zwei Entwicklungssträngen ein ästhetischer und technischer Spielraum, dessen Grenzen noch nicht absehbar sind.

Glas als dynamisches Bauteil

Nach der Ausdehnung von transparenten Räumen bis in die privatesten Wohnbereiche und das dazugehörige Credo der totalen Offenheit als moralischem Wert in unserer Gesellschaft entsteht nun wieder eine Gegenbewegung. Man glaubt nicht mehr uneingeschränkt an die Fähigkeit der Raumbegrenzung durch Glas, gleichzeitig werden viele Eigenschaften dieses Baumaterials nach wie vor geschätzt. Neben den klimatischen Vorteilen fallen besonders die sinnlichen Qualitäten wie Licht – und Schattenspiele, Ein- und Ausblicke und die Bewegung und Farbe des Tageslichts im Raum ins Gewicht. Die Auflösung der Grenzen zwischen Wand und Öffnung sowie zwischen Masse und Luftraum spielt dabei eine große Rolle. Um die Transparenz einzugrenzen, nähert man

sich der Lösung mittels dickerer Zusatzschichten vor, hinter und innerhalb der Glasscheiben.

Der Nutzer entscheidet selbst über Grad der Abgeschlossenheit seines Raumes von der Außenwelt: Das Glas als Wand, als transluzente Membran oder als transparente Fläche. Die sichtbare Schichtung der verschiedenen Zusätze kann der Glasscheibe zeitweise ihre sprichwörtliche Zweidimensionalität nehmen und stattdessen die komplexe Struktur der sich optisch verwebenden Lagen thematisieren.

Glas kann mittels Färbung, Oberflächenbehandlung, Dünnfilmschichtungen (zum Beispiel mit Photovoltaikzellen), Strukturänderungen (zum Beispiel dichroitische Gläser) Funktionen wie Sichtschutz, Blendschutz, Sonnenschutz, Wärmedämmung, Brandschutz, Tageslichtlenkung sowie Energieumwandlung übernehmen. Dynamische Lagen (elektrochrome, gasochrome, photochrome Schichten) zwischen den Glasscheiben modulieren die Eigenschaften des Glasproduktes. Die Steuerung dieser Fähigkeiten kann manuell oder sensorisch erfolgen.

Je routinierter sich die Planer mit den technischen Anforderungen auseinandersetzen, desto freier wird erfahrungsgemäß der Umgang mit den Komponenten und erlaubt die Einbeziehung ästhetischer Fragen.

Toyo Ito arbeitet mit Spezialisten an der Verwirklichung einer Vision: Ein zunächst unsichtbares Gel zwischen zwei engliegenden Glasscheiben reagiert dort, wo direkt einstrahlendes Sonnenlicht auftrifft, indem es opak wird. So bildet sich beispielsweise ein an einer sonnigen Kreuzung stehendes Auto für den Moment der Rotphase als durchsichtiges Bild auf der besonnten Scheibe ab, das verblasst, sobald das Auto weiterfährt. Ein im Wind schwankender Baum hinterlässt ei-



Shigeru Ban: Curtain Wall House, Tokyo 1995. Privatheit und Offenheit werden mittels einer dünnen Membran moduliert.

nen verwischten Abdruck, der mit dem Stand der Sonne

über die Glasfläche wandert. Diese neben ihren eindeutigen klimatischen Qualitäten höchst poetische Erfindung wäre eine Weiterführung der technischen Innovation zum Thema Glas in einen Bereich, der der Gestaltung wieder Raum gibt.

Die Vorstellung einer Ansammlung solcher Häuser, die dann nicht nur auf die Umgebung, den Verkehr und die Menschen reagieren, sondern auch aufeinander, kommt der Natur wieder sehr nahe.

Weiterführende Literatur

Colin Rowe and Robert Slutzky: *Transparency – Literal and Phenomenal* in: Rowe, *The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*, Cambridge 1976

Terence Riley: *Light Construction*, New York 1995

Michael Wigginton: *Glas in der Architektur*, Stuttgart 1996