Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig
Hessische Energiespar-Aktion
Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt

Glasarchitektur – Lehren aus einem Großversuch

„Wer im Glashaus sitzt, der schwitzt“, titelte ein Züricher Journalist im Jahr 2000 einen Artikel über die Zürcher Klinik für Zahnheilkunde, deren 1998 erbaute Ganzglasfassade den Nutzern ein unerträglich heißes Innenklima im Sommer und Zugerscheinungen im Winter beschert. Julius Posener schrieb 1992 zur Glasarchitektur des Bauhaus der zwanziger Jahre: „ Wie wenig praktisch der Glasbau war -und geblieben ist- wissen wir alle nur zu gut, im Sommer kann man in diesen Werkstätten nicht arbeiten, weil es zu heiß da drin ist und im Winter nicht, weil man friert.“ /1/ Diese Probleme stellen die Frage nach dem Warum? Büro- und andere Zweckbauten mit Ganzglasfassaden dominieren seit 10 Jahren den Bürobau und alle Architekturwettbewerbe.
Es scheint, noch heute ist die alte Bauhaus-Diskussion um die Moderne, verbunden mit der Charta von Athen mit ihrer Forderung nach Licht, Luft und Sonne nicht zu Ende geführt. Auch die alten gedanklichen Ansätze der Entmaterialisierung des Bauens führen von Buckminster Fuller bis Foster noch immer zur Wahl von Glasfassaden. Dem Baustoff Glas wird etwas Visionäres angeheftet, er steht für die Moderne gegen das konventionelle Bauen. Glasbauten werden von Architekten, Juroren, Investoren, Politikern stets als Ausdruck von Fortschrittlichkeit und Zukunftsoffenheit gedeutet, gar gleich für ganze Stadt oder Region reklamiert.
Transparenz der Fassade erscheint hier als Wert an sich und um ihr einen Nutzen zu geben, definiert man sie zur „Solararchitektur“. Unter „Entmaterialisierung“ verstand Buckminster Fuller noch die Reduktion der Herstellungsenergie unter dem Eindruck der Massivbaumassen der ersten (gemauerten) Hochhäuser in den USA. Geringen Herstellungsenergieaufwand können die heutigen Glas/Stahlfassaden aber nun gerade nicht für sich beanspruchen, also wird die Begründung der Recyclingfähigkeit nachgeschoben, die es vordergründig ermöglicht, Glasbauten mit dem Etikett „Ökologische Bauweise“ zu versehen, erst recht, wenn sie begrünte Wintergärten enthalten. Die Notwendigkeit, solche schnell auf- und überheizenden, zu entlüftenden und zu kühlenden Gebäude mit Computertechnik in Echtzeit steuern zu müssen, wird zur „intelligenten Architektur“ umgedeutet. Ihre Energiekennwerte werden kaum einmal veröffentlicht, die Gebäude aber trotzdem zur „Energiespararchitektur“ erklärt, mit dem Argument, sie verzichteten auf Klimaanlagen, was nicht einmal immer stimmt. Meistens beträgt die in Architekturzeitschriften publizierte Einsparung zwischen 25 und 50 % - verdächtig runde Zahlen, deren Bezug nicht angegeben wird.

Widersprüche blitzen überall hervor, die Frage nach der Sinnhaftigkeit dieser Konzepte bleibt offen und die seit Jahrzehnten warnenden Stimmen verhallen ungehört. Das wichtigste aber ist der Mensch. Über sein Wohlbefinden in Glasbauten wird kaum berichtet. Die Nutzungsqualität der Gebäude, die Frage nach der „Gebrauchskunst“ wird noch immer vernachlässigt. Literaturrecherchen zum Thema Nutzungsforschung über die Lebens- und Arbeitsbedingungen in Glashäusern führen schlicht zu keinem Ergebnis: es gibt sie nicht. In der Debatte um Glashäuser oder den richtigen Fassadentyp erhält man somit kaum einmal Antworten auf die folgenden Fragen:

- Wie ist das Raumklima im Sommer, wie werden Hitzephasen überstanden?
- Welche winterlichen Raumklimabedingungen stellen sich ein?
- Sind die Gebäude wirklich energiesparsam? Wie hoch sind die Energiekennwerte für Heizung und für Strom für die Gebäude. Wurde nach vorgegebenen Kennwerten geplant?
- Welche Energiekennwerte haben sich in der Nutzung wirklich eingestellt?
- Welche Betriebserfahrungen werden mit den von Objekt zu Objekt immer wieder variierenden Haustechnikkomponenten gemacht?

Beim Kampf um die außergewöhnliche Form entstehen auch schon Stilblüten, wie dieses 2003 fertiggestellte Hochhaus in Frankfurt mit 14.500 m² Nutzfläche.
Um aufzufallen, ist die Rhombenform der Glasrahmen dem Muster der Frankfurter Äpfelweingläser nachempfunden, der Volksmund nennt das Objekt deshalb nach seinem geliebten Glas: „Das Gerippte“. Was dieses Buhlen um Auffälligkeit z.B. für die zukünftigen Münchner Glasbauten heissen könnte, wagt man nicht zu Ende zu denken.
Seine äussere Glashaut ist aus grün getönten Sonnenschutzglas, damit reduziert man bei dieser Glasfassade bewusst die natürliche Belichtung und wird zur Beleuchtung ganzjährig Kunstlicht einsetzen müssen. Warum dann 100 % Glas?
Schweizer Architekten kennen den Grundsatz: „Gebäude, die nach allen vier Seiten gleich aussehen, sind falsch geplant, weil jede Himmelsrichtung ihre eigene Klimaanforderung hat.“

Fragen wir einmal bewusst nicht nach dem Energieverbrauch, sondern gezielt nach der Nutzungsqualität von Glashäusern. Die zu ergründen hat der Autor eine Vielzahl von Objekten begangen und trifft Einschätzungen an Hand der dabei vorgenommenen Temperaturmessungen oder zieht die wenigen Analysen und Zustandsbeschreibungen aus verschiedenen Literaturquellen heran, denn nicht alle Gebäude stehen Besuchern offen.

Im Zentrum des Interesses steht hier das Bürohaus bzw. das „Nichtwohngebäude“. Denn für den Wohnungsbau ist die Frage „Wie viel Glas ist sinnvoll“ bereits durch das Leben gelöst: Die Wintergartenmode hat sich durch ihre Bauschäden von selbst überlebt und die frühen Glasbauten, die eine Antwort auf die Energieressourcenfrage sein sollten, haben sich als nicht behaglich, energetisch ineffizient und zu teuer erwiesen. Demgegenüber stehen im Bürobau Glasbauten seit 10 Jahren hoch im Kurs. Ein sich bisher nur wenig abschwächender Trend, der immer neue Glas-Fassadenkonstruktionen hervorbringt.
Der Autor hat die unten vorgestellten Gebäude ab Mai 2003 bereist. Die Temperaturmessungen sind Momentaufnahmen, weil Langzeitmessungen nicht vorliegen. Diese Lücke muss durch Nutzungsforschung geschlossen werden. Auch Energiekennwerte sind nur in ganz seltenen Fällen dokumentiert, soweit dies der Fall ist, werden sie genannt. Die Aufstellung enthält sowohl „berühmte“ Großbauten mit doppelschaliger Glasfassade, als auch kleinere Objekte mit einfachen Glasfassaden oder auch nur Teilflächen aus Glas

Schaut man sich die errichteten Glasbauten genauer an, so fallen zwei Typen auf:

- Die „Solitäre“, gebaut für große Investoren, geplant durch Architekten von nationalem oder internationalem Ruf, im Verein mit Haustechnikplanern neuen Typs (Simulationsingenieure). Diese Gebäude weisen meist doppelschalige Glasfassaden auf, sind hochtechnisiert und werden über Leittechnik im Betrieb EDV-gesteuert „gefahren“. Sie dominieren die Architekturdebatte. Teilweise werden sie nach wie vor klimatisiert, teilweise werden neue Kühlungs- und Lüftungstechniken ausprobiert. Hier läuft ein Großversuch ab. Für diesen Typ stehen: RWE-Glasturm, SONY-Center, Düsseldorfer Stadttor, Post-Tower, ARAG-Europazentrale usw. Der Typ umfasst auch Gebäude mit einschaligen Glasfassaden und Gebäude, die fernab einer Solararchitekturdiskussion mit ganz anderen Begründungen errichtet werden, etwa an den klassischen Ästhetikfragen der Architektur orientiert (z.B. die Behnisch-Bauten).
- Die kleineren Objekte, ganz- oder teilverglast oder auch Plagiate, für deren Bau ein deutlich kleineres Budget zur Verfügung steht. Sie müssen als das durch die Solitairbauten hervorgerufene und an ihnen orientierte Massenprodukt bezeichnet werden. Ohne die Haustechnik und die Planungsteams der ersteren, bringen sie gravierende Probleme für die Nutzer mit sich.

1997 errichtet war es eines der ersten Objekte mit doppelschaliger Glasfassade in Deutschland: das Debis-Hochhaus, gebaut von Renzo Piano für DaimlerChrysler in Berlin. Die Gebäudedaten: 22 Stockwerke, 46.000 m² Nutzfläche, 106 m Höhe. Das Bestechende an der Fassade: Sie ist gar keine doppelschalige Glasfassade, sondern streng genommen eine „langweilige“ Lochfassade mit 60 % Glasanteil. Die vorgeschalteten Glaslamellen (Foto) werden nämlich ab10 °C Außentemperatur (März-Oktober) ganz geöffnet. Damit wird sogar auf den Schallschutz verzichtet, der seinerzeit ein wesentliches Argument für die Doppelschaligkeit war. Der Grund für die Total-Öffnung: Vermeidung von Überhitzungen. Mit geöffneter Fassade scheint das Gebäude ganz gut zu funktionieren, so der Betreiber. Hierfür zeichnen verantwortlich:

12 cm Fassadendämmung, Wärmeschutz-Isolierverglasung, Beton-Speichermassen in der Decke, Teil-Kühldecken (25 W/m²), Zuluftkühlung und eine Nachtlüftung über automatisch gestellte Oberlichter, an deren Funktion die Nutzer z.T. erst gewöhnt werden mussten. Die Regelfunktion der Lüftungsanlagen werden von den Nutzern nicht bedient, die Anlagen laufen immer durch.

Der Energieverbrauch des Objektes ist nicht bekannt und wird auch auf Nachfrage nicht veröffentlicht

Als Prototyp für die „natürliche Belüftung“ im Jahr 1996 gebaut hat der „RWE-Tower“ (Abb. 2) versagt /2/. Er hat eine Höhe von 162 m, 25.000 m² BGF und markierte Mitte der neunziger Jahre wegen seiner „natürlichen Belüftung“ die „Wende beim Hochhausbau“, weg von der Klimatisierung. Verblüfft stellt man aber fest: Das Objekt wird klimatisiert, und zwar mit einer 2,1 MW Kälteanlage, die gut ist für ca. 85 bis 100 W Kühlleistung pro m². Die Belüftung des 50 cm starken Scheibenzwischenraums wurde im Windkanal entwickelt („Fischmauleinlässe“) und funktioniert trotzdem nicht, denn ein Haus ist nun einmal kein durch Antrieb von vorn angeströmter Flugzeugflügel. Bei der Begehung im Juni 2003 fiel auf, dass die Planer den Glashaus-Aufheizeffekt wohl nicht mitsimuliert hatten. Werden die Fenster in der Innenfassade zum Fassadenzwischenraum hin geöffnet, strömt auf den jeweils sonnenzugewandten Turmseiten Heißluft ein (schon am Morgen). In den „höherwertigen“ Räumen wurden deshalb Klimageräte nachgerüstet, erzählen Angestellte. 40 RLT-Anlagen fördern 400.000 m³ Luft pro Stunde, die auch gekühlt werden. Der Architekt Ingenhofen will die „Fischmaullüftung“ nicht wieder bauen. Zweifellos geht es den Mitarbeitern im RWE-Glaspalast im Hinblick auf die thermische Behaglichkeit durchweg gut, wofür sowohl Klimaanlagen als auch Kühldecken in den Büros sorgen (solange man im Sommer nicht die Fenster öffnet). Durch die sehr aufwändige doppelte Glashaut, die immense Ausstattung des Glasturms mit Hightech-Haustechnik sowie eine First Class-Einrichtung im Innern dürfte dem RWE-Tower ein deutscher Rekord in den kommenden Jahren kaum streitig gemacht werden, nämlich der des „personenbezogenen“ teuersten Bürobaus. Im Tower sind

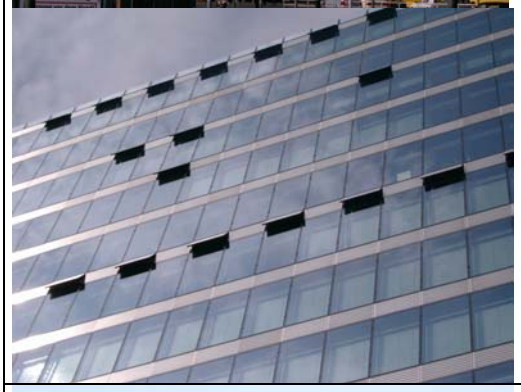
	rund 400 Mitarbeiter tätig, woraus sich bei Baukosten von etwa 300 Mio. DM ein „pro Arbeitsplatz-Invest“ von 750.000 DM errechnet. Ein Turm für die Ewigkeit, dem Typus „Paläste“ zuzuordnen, die schon immer ein wenig besser funktionierten.
	Haus des Architekten, Stuttgart, Baujahr 1993. Das Foyer, Treppenhaus und der große Vortragssaal sind großflächig verglast und weisen problemverschärfend zu kleine Lüftungsöffnungen auf. An Verschattungselemente hat beim Bau niemand gedacht Im OG wurden im August 2003, bei 34 °C Außentemperatur, Temperaturen von 47 °C gemessen, im teilverglasten Vortragssaal „Eiermann“ bei innenliegendem Sonnenschutz noch 31 °C. War es nicht Egon Eiermann, dessen Konzept der abgestuften Fassaden-Funktionsbereiche durch die entstehende Tiefe auch immer Sonnenschutz mitlieferte? Vielleicht ist das Objekt ein Lehrstück für die Architekten Baden-Württembergs, die sich hier weiterbilden.
	Das ARAG-Hochhaus in Düsseldorf wurde 2000 in Betrieb genommen. Es ist 125 m hoch, auf 32 Stockwerken sind 33.000 m² BGF vorhanden. Geplant wurde es von den Düsseldorfer Architekten RKW und Sire N. Foster. Die doppelschalige Glasfassade hat eine Fläche von 20.000 m². Ihre Lufteinlässe haben gegenüber der Fischmaullüftung beim RWE-Turm geradezu die Größe von „Scheunentoren“. Der Fassadenzwischenraum ist als Abluftkamin ohne Horizontalschotten über je 7 Geschosse geführt, jedes 8. Stockwerk wurde als Garten- und Technikgeschoss ausgebildet. Auf eine Klimatisierung wurde zu Gunsten „passiver Kühlung“ verzichtet, die Kühlleistung in den Räumen beträgt 90 W/m². über Zuluft und Kühldecken. Eine Lüftungsanlage ist vorhanden und fördert bis zu 600.000 m³ Luft/h. Der Bau zeigt damit, dass Planung der Lüftung über den Abluftspalt doppelschaliger Glasfassaden immer noch nach Versuch und Irrtum funktioniert, denn Essen und Düsseldorf weisen ähnliches Klima und Windbelastung auf. Es zeigt sich die alte Erfahrung, dass die Luftbewegung nicht berechenbar ist, da sie von zu vielen Variablen abhängt. Die schwedische Bauforschung sagt dazu weise: Die Luft ist immer dort, wo man sie nicht braucht und nie da, wo man sie haben möchte.... Der Energiekennwert des ARAG-Hauses wurde in [4] zu 300 kWh Endenergie pro m² BGF berechnet, was etwa 700 kWh Primärenergie pro m² BGF entspricht, ein verheerender Wert. Messwerte sind nicht bekannt.
	Der Technologiepark Duisburg wurde nach Entwurf von Foster Associates 1993 errichtet. Der „Rundling“ im Park ist mit der Technologie der doppelschaligen Glasfassade ausgestattet. Gegenwärtig steht er zu mehr als 50 % leer, die heruntergelassenen Jalousien zeugen am wolkenbedeckten Tag der Besichtigung davon. Neben dem Luftspalt ist das Objekt mit Kühldecken und einer Lüftungsanlage ausgestattet. Zu besseren Zeiten der Belegung hatte es zwei „kleinere“ Probleme: Der Hall in der inneren zylindrischen Erschließungszone, die auch für Veranstaltungen buchbar war und die Blendung trotz (oder durch) mikroperforierten Sonnenschutz. Die Blendung führte zu ganz neuen Erscheinungen des „Life-Style“: Zur Mittagszeit strömten die Angestellten mit aufgesetzten dunklen Sonnenbrillen aus den Büros in die innere Gebäudeerschließung. Die Blendung am Arbeitsplatz hat jedoch auch einen ernsten Kern: mögliche Augenschädigungen bei den Beschäftigten. Erstaunlich, wie leicht man sich bei der Planung über gesundheitliche Gefahren hinwegsetzt.

„Die doppelte Fassade ermöglicht eine völlig neue Klima- und Belüftungstechnik. Sie macht die bisher notwendige Vollklimatisierung in Hochhäuser nahezu überflüssig... Die revolutionäre Bauweise ersetzt zum Teil die klassische Klimatechnik“ /3/. Mit dieses Prämissen traten die Erschaffer des „Stadttor Düsseldorf“ 1996/97 an, um der Fachwelt zu zeigen, wie man künftig energiesparende Hochhäuser bauen sollte. Das von Petzinka in Form eines Rhomboiden errichtete Stadttor ist 70 m hoch und umfasst auf 20 Stockwerken rund 41.000 m² BGF. Die doppelschalige Glasfassade hat einen Glasabstand von 1,40 m und ist begehbar. Die Baukosten für diesen ungenutzten Raum liegen grob geschätzt bei etwa 1,8 Mio. Euro. Bei der Begehung empfing den Besucher am 24. Juli 2003 im Foyer das Strömungsgeräusch der Lüftungsanlagen, die den Eingangsbereich auf 25 °C herunterkühlten (Außentemperatur 26 °C). Eine zweischalige Glasfassade mit öffenbaren Fenstern soll die Kühlanlage (knapp 14.000 m² kombinierte Heiz- und Kühldecken, die mit Grundwasser betrieben werden) unterstützen. Zudem fördern Klimaanlagen, die auf Basis der Befeuchtungskühlung arbeiten, pro Stunde bis zu 150.000 m³ aufbereitete Außenluft über Schlitzdurchlässe in die Räume. Die Heizleistung für das Gebäude beträgt knapp 2,9 MW. Umfangreich beschrieben wurde die aerodynamische Form der auf Höhe der Geschossdecken befindlichen Luftein- und Auslässe. Sie sind nur für den Strömungsfall „thermischer Auftrieb“ ausgelegt. Die Lufteinlässe liegen mit 0,15 m²/m Größe zwischen denen der Fischmaullüftung im RWE-Turm und denen des ARAG-Hauses. Der Fassadenzwischenraum wird geschossweise belüftet. Nach außen aufgehende Lüftungsklappen lassen die an der Fassade aufgeheizte Heißluft ein und erzeugen damit einen Energiemehrverbrauch. Ein weiterer Versuch mit offenem Ausgang. Der Gebäudebetreiber berichtet über zahlreiche Anpassungen der Gebäudeleittechnik in den ersten Betriebsjahren /4/, z. B. über Fühlernachrüstungen, die ein nächtliches Beschlagen der Außenscheibe im Zwischenraum verhindern mussten. Als neues Erfordernis beschreibt der Gebäudebetreiber die Kommunikation mit den Nutzern zur Erläuterung der zahlreichen Steuerungsfunktionen, damit die Nutzer nicht fehlsteuernd eingreifen, wenn um Sie herum automatische Funktionen ablaufen. Das scheinen sie aber begriffen zu haben: Denn Messungen und Befragungen, die 1999 im Stadttor durchgeführt wurden, ergaben sehr gute Temperaturwerte und eine hohe Zufriedenheit /5/. Gleichwohl werden durch die Glasfasade erst entstehende Lasten hier technisch aufwendig heruntergekühlt – welch ein Erfolg. Petzinka würde Ganzglasgebäude nie wieder bauen, so seine Aussage auf der CCI-Tagung Doppelfassaden im November 2003.

Beim „TDS-Büroturm“ in Heilbronn-Neckarsulm ging es auch darum, mit dem 20 Stockwerke hohen Gebäude „ein Zeichen des Aufbruchs, nicht nur der Firma, sondern der ganzen Region auf dem Weg in das neue digitale Zeitalter“ zu setzen (Eröffnungsveranstaltung mit Ministerpräsident Erwin Teufel). Das Gebäude ist 70 m hoch, die Baukosten betrugen 55 Mio. DM, vorgesehen ist es für 550 Mitarbeiter /6/. Der Turm ähnelt dem RWE-Tower. Ein Blick auf die in Richtung Ökologie maximierte Lüftungstechnik: Bis zu 80.000 m³/h Außenluft werden per Ventilator durch einen Erdkanal gesogen, dort temperiert und strömen dann über Boden-Quelldurchlässe in den Raum. Zur Abluftentnahme aus den Büros dient ein im Turminnern befindlicher Abluftschacht, der infolge Thermik die erwärmte Raumluft absaugen soll. „Durch diese neue Form der Wärme- und Lufttechnik und Ausnutzen des gesamten Potenzials der Klimafassade werden weder Kühldecken, Teilklimaanlagen noch Kältemaschinen benötigt“, prognostizierten 1999 die Architekten und Planer des Towers. Soviel zur Theorie, nun zur Praxis: Das war wohl nichts, muss man einige Jahre später sagen. Die innovative Lüftungsstrategie (inklusive Nachtkühlung) und die doppelschalige Glasfassade mit ca. 0,5 m Scheibenzwischenraum ändert nichts daran, dass das Gebäude klimatisiert wird. Offensichtlich wurde nachträglich eine aktive Zuluftkühlung nachgerüstet, wie man an den Wärmeübertragern neben dem Gebäude erkennen kann. Doch auch diese Maßnahme reichte offensichtlich bereits im Mai 2003 nicht aus, um das Innenklima komfortabel zu gestalten. Bei der Begehung am 16. Mai um 19.00 Uhr wurden im EG-Bereich Innentemperaturen von 32 °C und eine relative Luftfeuchte von 75 Prozent gemessen, während die Außentemperatur bei 25 °C lag. Es herrschte ein regelrecht feuchtwarmes Klima im Gebäude, was u. a. auf die schlechten Sorptionseigenschaften von Glas hinweist. Der Glasturm steht überwiegend leer, die Tageszeitung Heilbronner Stimme schreibt am 9. Juli 2002 anlässlich der Verkäufe von Firmenanteilen der ins Trudeln geratenen Betreiberfirma: „Dass der Turm nicht auch daran glauben muss, liegt wohl eher daran, dass potenzielle (und potente) Nachmieter nicht gerade Schlange stehen.“

Wissenschaftspark Gelsenkirchen, erbaut 1995. Das Gebäude war Symbol für das neue Ruhrgebiet und erhielt den „Deutschen Architekturpreis“. Am Morgen des 24.07.2003 um 9.00 betrug die Außentemperatur bei Bewölkung erst 20 °C. Das Gebäude war vom Vortrag noch aufgeheizt, jedoch schon gelüftet. Die Innentemperaturen: 23 °C im EG der Glasarkade (bei Durchzug), 25 °C im 1. OG und 25,8 °C im 2. OG. Mit diesen Starttemperaturen ging das Gebäude in den heißen Tag. „Die Büros lassen sich klimatisieren“ erzählte ein kurzbehoster Angestellter im Hawaihemd, das beste aber sei Durchzug, „..das hilft“. In einem gekühlten, unbenutzten Konferenzraum wurden 23,7 °C gemessen, hier lief vernehmlich plätschernd die Wasserversorgung der Kühldecke. Drei Glaselemente der Wintergartenschrägen werden je 1 m hochgezogen, um Durchzug zu gewährleisten. Der Sonnenschutz (Stoffbahnen) der Glasarkade wurde gerade auf der gesamten Länge nach nur 8 Jahren komplett erneuert.

Die 300 m lange Glasarkade ist eher ein Wintergarten, er wird durch eine Fußbodenheizung beheizt (Foto), diese Information war in der Berichterstattung über die „Öko-Qualität“ des Gebäudes untergegangen. 1995 war dem Autor bei einer Begehung im November aufgefallen, dass ihre Vorlauftemperatur sehr

	hoch eingestellt war. Die Wärmestrahlung vom Fußboden war deutlich noch in Höhe der Hände wahrnehmbar. Zu einer Dach-Solaranlage mit 210 kW_{peak} fehlt das Stromsparkonzept für die Haustechnik und die Arbeitshilfen in den Büros, das einem solaren Erzeugungskonzept stets vorausgehen sollte. Energiekennwerte sind für das Gebäude nicht bekannt. Das Konzept, in der Glasarkade Shopping und Bistros anzusiedeln hat nicht funktioniert, die Arkade steht gespenstisch leer.
  	Berlin „Neues Kranzlereck“, Baujahr 2002. Das Gebäudeensemble ist mit einer einschaligen Glasfassade ausgestattet. Auf 16 Stockwerken entstanden 30.000 m² Fläche nach Entwürfen des Architekten Helmut Jahn (Chikago), die Baukosten lagen bei ca. 360 Mio EUR. Für Jahn ist es schlicht „moderne Architektur ... für eine moderne Stadt“, für viele Berliner eine „kommerzielle Serienarchitektur, die der Architekt auf der ganzen Welt platziert hat.“ Im neuen Kranzlereck waren keine Temperaturmessungen möglich, weil der Büroteil der Gebäude ohne Genehmigung nicht begangen werden darf. Eine „natürliche Belüftung“ soll über ausfahrbaren Klappen in Höhe der Geschossdecken sichergestellt werden. Über diese wird nun leider die an der Fassade aufsteigende bis zu 80 °C heiße Luft in das Gebäude gelenkt und von konventionellen Klimaanlagen unter Stromeinsatz wieder gekühlt (Intelligentes Gebäude?). Die Lüftungsklappen auf der von der Morgensonne beschienenen Ostseite waren schon (oder noch) am Morgen offen. Bereits beim ebenfalls von Jahn entworfenen SONY-Center wurde diese Klappenlüftung eingesetzt. Die negativen Erfahrungen des Warmlufteintritts durch nach aussen aufschwingende Elemente sind im Bürobau seit den Drehflügelfenstern der sechziger Jahre bekannt.
	„Ein Bürogebäude wie ein Gewächshaus“ titelte die BZ über den 2000 errichteten Verwaltungsbau des BMBau. Er hat keine Klimaanlage, was angesichts der Umweltziele der Bundesregierung nur gerecht und gewollt ist. Diese Aufgabe soll eine Lüftungsanlage übernehmen (Fensterbrüstungsgeräte mit Zuluft, Abluft und Wärmerückgewinnung), zusätzlich sind die Fenster eine handbreit öffenbar. Im ersten Jahr lagen die Innentemperaturen weit über 26 °C (7/. Die nachgerüstete Verschattung gleicht eher einer Verdunkelung (Foto: weiße Bahnen in den Fenstern). „Sonne scheint – Verdunkelung runter – Kunstlicht an“, kann man die Handlungskette beschreiben: Hier wäre evtl. ein feststehender außenliegender Sonnenschutz sinnvoll gewesen, hätte aber das klare architektonische Gebäudekonzept des BMBau-„Kastens“ zerstört. Schon 60 % der Fassadenfläche als Glasfläche scheinen ohne Kühlung unbeherrschbar, gleichwohl baut man sie ohne Konzept. Hätte sich das BMBau, im Vorgriff auf die damals im Entwurf befindliche EnEV, nicht den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes für das Gebäude leisten können?

	Glas im Wohnungsbau: Bei diesen Darmstädter Reihenhäusern wurde der transparente Entwurf vom Reissbrett ohne Ansehen der realen Gebäudelage durchgehalten, obwohl das Objekt recht nahe an einer Kreuzung liegt. Die Folge: Die Bewohner schützen sich ganztägig durch dicke zugezogene Vorhänge vor den Blicken der an der Kreuzung wartenden Kraftfahrer. Warum dann noch geschosshohe Verglasungen? Und was geschieht, wenn geschoßhohe Fenster und Türen auf Kippstellung gehalten werden bei dem großen Öffnungsquerschnitt mit Lüftungswärmeverlusten, Lärm und Staub?
	Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Architektur, erbaut um 2000. Hier leistete sich das Hochschulbauamt nur einen halben Glasbau nach Südwesten orientiert. Die Ostseite ist massiv geklinkert. Bei Besuchen war das Klima in den Büros bereits im Frühjahr als schwülwarm aufgefallen. Der einzige, für eine Klimatisierung vorgesehene Raum ist der Hörsaal, der bei eingeschalteter Anlage jedoch eiskalt wird, ein im Prinzip behebbarer regelungstechnischer Fehler, jedoch wann wird er behoben sein? Am 23.07.2003 lag die Innentemperatur im 3. OG um 17.00 Uhr bei 30,3 °C, im 1. OG bei 29,5 °C bei einer Außentemperatur von 25,1 °C. In einem Seminarraum im 3. OG zeigte das Thermometer bei geöffneten Fenstern 29,7 °C (keine Belegung, Semesterferien). Die Innentemperaturen lagen also über der Außentemperatur.
	Zürich. Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, erbaut 1998. Der Architekt Hotz entschied sich für eine doppelschalige Glasfassade mit schmalem Zwischenraum für den zwischenliegenden Sonnenschutz. Die Energiekennwerte (gemessen) liegen bei 121 kWh/(m²*a) bei der Elektrizität und 42 kWh/(m²*a) bei der Heizenergie, zusammen 410 kWh/(m²*a) Primärenergieverbrauch. Das Gebäude hat ein Winter- und ein Sommerproblem. Im Winter wird die zweischalige Glasfassade kalt, weshalb die Raumtemperatur von 20 auf 23 Grad angehoben wurde. Im Sommer wurden in Gebäudeteilen Temperaturen von 53 °C gemessen. Die innere Glasscheibe der Fassade erwärmt sich auf 34 °C und mehr: Ein großflächiger Sommer-Heizkörper ohne Regelung. Die Raumtemperaturen liegen im Sommer schnell über 30 °C. Durch den zwischen den Glasscheiben liegenden Lammellen-Sonnenschutz, heizt sich der Glaszwischenraum auf, Temperaturen von 80 °Cwurden gemessen. In die nach außen aufgehenden Lüftungsklappen strömt die an der Fassade aufsteigende Heißluft ein. Der Sonnenschutz führt dazu, dass trotz Ganzglasfassade im Sommer tagsüber die Beleuchtung eingeschaltet wird. Schwarzbuch unter www.energiesparaktion.de . Es gibt auch kapriolenhafte Probleme: 1. Die Türknäufe in den Treppenhausfluren kann man bei Sonneneinstrahlung nur mit Tüchern anfassen, so heiß werden sie. 2. Da die Glasflächen keine Wasserdampfsorption ermöglichen, wellen sich alle Papiere im Gebäude, was bei Computerdruckern zu Störungen führt. Hier hat man wirklich einmal „fehlende Atmung“, aber durch ein Material, dem das nun gar nicht unterstellt wird. /8/

	Malakoff-Galerie in Mainz - und fast überall an Glasbauten in Deutschland bei Sonnenschein: Semipermeable Fassaden – so wird u.a. das Zukunftsbild der Fassaden in der Architekturdebatte umschrieben. Möglicherweise wird das Ziel noch erreicht. Die Realität zeigt bis dahin ganz einfache Glasfassaden, die durch den heruntergelassenen Sonnenschutz ab April keineswegs „halbdurchlässig“ werden, sondern sich völlig gegen die Außenwelt abschotten. Von den „semipermeablen Häuten“ ist die Glasarchitektur noch weit entfernt, wie dieses Gebäude im April zeigt. Die Büros werden während der Übergangs- und Sommerzeit damit ständig elektrisch beleuchtet. Die Heizkörper sind vor den Fenstern angeordnet, weder eine ästhetisch befriedigende Lösung noch energetisch sinnvoll und zur Bauzeit durch die damals gültige WSVO auch nicht erlaubt.
	Sir Norman Foster entwarf diese Glas-Ellipse mit doppelschaliger Glas-Fassade mit einem gemessenen U-Wert von ca. 1,0 W/(m²K). Das 30 m hohe Gebäude wurde 1992 erbaut. Messungen der FH Duisburg zeigten einen Heizenergieverbrauch von 212 kWh/(m²*a) und einen hohen Stromverbrauch von ca. 131 kWh/(m²*a). Dies sind Werte für Alt- und nicht für Neubauten. Das Konzept ist haustechnikintensiv: BHKW, Absorptionskältemaschine, Gasbrennwertkessel, Kühldecken, Luftheizung, DDC-Regelung, aber letztlich kein effizientes Konzept. Die gemessenen Temperaturprofile im August 1995 zeigten im Fensterbereich trotz Kühldecke Temperaturen von 29-30 °C, hier wirkte sich die Aufheizung im Fassadenzwischenraum aus, dessen Entlüftung nicht funktioniert. In der Heizperiode wird das Gebäude auf 23 –24 °C beheizt, die Büros der Südseite sind (im Winter !) 25-26 °C warm. Und das Nutzerurteil? Die Angestellten des Mieters Stadtsparkasse Duisburg wurden 1996 befragt. 60 % wollten wegen des miserablen Raumklimas aus dem Glashaus raus. 2003 ist ihr Wunsch Wirklichkeit. Der Glasbau steht zu einem Drittel leer. Das Planungsverfahren für das Objekt war nicht an Energiekennwert-Vorgaben orientiert. /9/
	Irgendwo in Südhessen: Mieterwechsel sind bei diesem in den neunziger Jahren errichteten Ganzglasgebäude mit einschaliger Glasfassade recht häufig. Die Fenster sind direkt nach außen öffenbar. Das ist das ganze Konzept. Das Gebäude steht stets zu großen Teilen leer. In den genutzten Teilen, bilden die Transparenz des Glases und der ganztägig heruntergelassene innere Sonnenschutz einen Widerspruch. Am 02.08.2003 mittags schlugen einem bereits im Eingangsbereich 36 °C entgegen, bei 33 °C Außentemperatur. In einem OG konnte leider nicht gemessen werden, hier herrschten schätzungsweise 38 °C. Das Gebäude zeigt ein „hässliches“ Problem von Glasfassaden: Der Blick des Betrachters fällt auf: Computerkabelbäume, ungeordnete Büroutensilien (Krusch), Umzugskartons usw. die vor der Verglasung abgestellt sind. Intime Einblicke sind nicht immer schön. Solche Anblicke bietet selbst das Düsseldorfer Stadttor.

Universität Gießen. Das „Interdisziplinäre Forschungszentrum für biowissenschaftliche Grundlagen“ steht auf einem windigen Hügel und wurde um 2000 errichtet.
Die Südwestfassade ist als einschalige Glasfassade ausgeführt. Am 21.07.2003 um 13.00 Uhr bei 23,8 °C Außentemperatur wurden 26 °C im Durchzugsbereich bei völlig offenstehenden Fenstern (Querlüftung) und 28,1 °C in einem Seminarraum (unbenutzt) bei gekippten Fenstern gemessen. Die Innentemperatur lag also über der Außenlufttemperatur, obwohl leichte Bewölkung und leichter Wind herrschten.
Zufällig wurden in einer Nachkriegsbaracke, in der der Autor bis gegen 12.00 Uhr einen Besprechungstermin bei der dort provisorisch untergebrachten Giessener Umweltagentur wahrnahm (bei wegen Straßenlärms immer wieder geschlossenen Fenstern) die gleichen Temperaturen gemessen. Gebäude von 1946 bis 2000 in der gleichen Stadt, sind wir mit der Glasfassade wirklich weiter gekommen?

Bürohaus im südhessischen Neu-Isenburg, errichtet 1993. Die einschalige Glasfassade hat ein Winter- und Sommerproblem. Im Winter wird es nicht richtig warm, weswegen man die Nachrüstung eines zusätzlichen Heizkessels plant. Hier wirkt sich aus, dass über 100 Heizkörper ohne Strahlungsschirm direkt vor dem Glas angeordnet sind. Im Sommer ist es dunkel in den Büros, da direkt am Gebäude stehende hohe Bäume die Verschattung übernehmen. Das zwingt tagsüber zur elektrischen Beleuchtung. Die Innentemperaturen sind durch den Baumbestand etwas begrenzt, aber nicht komfortabel. Am 16.07. 03 wurden mittags um 14.00 Uhr bei 33,3 °C Außentemperatur, 32,3 °C Innentemperatur in den nach Osten orientierten Räumen im EG gemessen. Pro Stockwerk stiegen die Temperaturen um 1,0 °C. Im OG warnt ein Hinweisschild, die Flurtüren zu schließen (Überkopf verglasung). Im Büro-Penthouse wurde eine Klimaanlage eingebaut. Im nebenstehenden, weniger spektakulär gebauten, sechziger Jahre Massivbau, konnte man zur gleichen Zeit in einem Architekturbüro in einem Ostraum erträgliche 27 °C messen, es wirkte im Vergleich geradezu kühl.

Das Verwaltungszentrum des Deutschen Zentrums für Leichtathletik in Darmstadt wurde 1995 errichtet. Die einfache Glasfassade aus Wärmeschutzglas hat innen- und z.T. auch außenliegenden Sonnenschutz (Holzlamellen und Stores).
Bei 32,5 °C Außentemperatur wurden am 16.07.03 im „hörbar“ belüfteten nichtbesonnten Foyer 32 °C gemessen. Auffällig ist, das in allen nach süd/südwestorientierten Büroräumen große Ventilatoren und/oder Einzelraumklimageräte stehen, deren Abluftschläuche aus dem Fenster hängen oder in Vorrichtungen in der Brüstung enden. Der Geschäftsführer ist mit dem Gebäude in „95 % der Tage“ zufrieden, in sommerlichen Spitzenzeiten helfe man sich mit großzügigen Gleitzeitregelungen. Für ein solches Gebäude sei jedoch eine Klimatisierung wünschenswert, das hätten die Finanzierungsbedingungen verhindert. Gegenüber klimatisierten Gebäuden seien die Energiekosten des „Zentrums“ jedoch gering.
Unteres Foto: Abluftschlauch eines Kleinklimagerätes hängt aus dem Fenster, über das die warme Außenluft wieder einströmt. Ein Kühlungs- und Lüftungskonzept hat ganz offensichtlich beim Bau des Gebäudes gefehlt.

	Bürohaus in Frankfurt –Ost, Baujahr 1995/96 (Nordseite). „Vitrine im Hafen“ titelte die Bauwelt /10/. Einschalige Glasfassade aus Wärmeschutz-Isolierverglasung mit Lüftungsanlage ohne Klimatisierung. Das „spare 25 %“ so die Bauwelt, der Versuch, auf eine Klimaanlage zu verzichten, sei „geglückt“. Die Realität: Das Gebäude wird ganztägig von der Sonne aufgeheizt. Daran ändern auch die ALU-Lamellen des Sonnenschutzes wenig, der sich selbst aufheizt und als Hitzestrahler auf die Glasfassade wirkt. Der Nordriegel hat Überkopfverglasung und wird im letzten, höheren Stockwerk auch von Süden aufgeheizt, ohne dass Sonnenschutz existiert. Der außenliegende Sonnenschutz im Südbau musste kurz nach Bezug nachgerüstet werden. Am 01.08.2003 herrschten um 16.30 Uhr im Nord-Foyer 28 °C bei 26 °C Außentemperatur. Im 4. OG war es dann mit 38 °C wirklich heiß. Die Angestellten schildern ihre „Gegenmaßnahmen“: Ventilatoren unter und auf dem Schreibtisch, mit Wasser gefüllte Papierkörbe zur Fußkühlung. Treffender kann man das Raumklima nicht beschreiben: „Wir leiden hier für die Architektur“, so ein Angestellter, „..hier hilft nicht mal Fensteröffnen, das ist Tierquälerei..“ so ein anderer. Ein weiteres Problem, dass sich auch bei der Glasellipse in Duisburg und am Main-Tower in Frankfurt zeigte und dort sogar die Oberste Bauaufsichtsbehörde Hessens beschäftigte: Einzelne Glaselemente fallen heraus oder bekommen Risse und müssen ausgewechselt werden.
	Der ehemalige Plenarsaal des deutschen Bundestages in Bonn (Bj. 1993) sollte für Transparenz als Politikprinzip stehen. Das führte aber keineswegs zur Veröffentlichung eines Energiekennwertes. Die einschalige Glasfassade aus WS-Isolierverglasung wurde vom Architekten Behnisch entworfen, dessen dekonstruktivistischen Bauten stets diesen Fassadentyp aufweisen. Behnisch fragte noch 1995, auf die im Plenarsaal laufenden Energiedebatten angesprochen: „Warum sollte es nötig sein, die Mittel zu reduzieren?“ Auch hier führt die maximale Transparenz nicht dazu, dass im Sommer Kunstlicht eingespart wird, selbst die Außenbeleuchtung war bei der Besichtigung im Juni 1994 gegen 11.00 Uhr eingeschaltet. Bekannt ist die schlechte Akustik des Gebäudes, die zu elektronischen Nachrüstungen führte. Bei einem weiteren Problem war man bereits in der Planungsphase „umsichtig“, allerdings zu Lasten der Umwelt: Die über 100 Doppel-T-Stahlträger durchstoßen mit 45 cm Höhe die Glashülle und kühlen bis in den Innenraum hinein aus. Wegen der möglichen Tauwasserprobleme sind die Träger innen mit Elektro-Heizbändern umwickelt. Wärmebrücken direkt beheizt. Der Wärmebrücken-ψ–Wert liegt etwa bei 1,8-2,0 W/K, wobei heute ψ-Werte um 0,01 W/K im Neubau angestrebt werden.
	Kindertagesstätte der Stadt Frankfurt am Main mit 858 m² Nutzfläche. Zum Architekturkonzept gehörte „Licht“, dies führte zu massivem Glas- und Glasbausteineinsatz. Ein Lüftungskonzept wurde nicht verfolgt. Die Ost- und Südseite sind vollverglast mit Isolierverglasung. Die Sonne heizt das Gebäude über abend stark auf, am Morgen wird die Temperatur heruntergelüftet und der Aufheizvorgang beginnt über Tag wieder. Lüftung erfolgt über wenige Oberlichter und Türen (nicht immer möglich). Messungen am 05.08.2003 um 10.30 Uhr in den Ferien: Außentemperatur 28 - 28,9 °C; Die Gruppenräume im EG haben am Morgen bereits eine Innentemperatur von 29,8 °C, im OG trotz Querlüftung 30,4 - 31 °C. Damit liegen auch bei diesem Glashaus die Innentemperaturen über der Außentemperatur. Im inneren Treppenhaus betrug die Temperatur sogar 34,8 °C. Die

	vollverglaste Südseite ist ab Mai durch Vorhänge und außenliegende Jalousien verschattet (Fotos). Am Tag steigen die Temperaturen weiter an. " Wir kochen hier" sagt die KiTa-Leiterin, sehr schnell warm werde es bereits ab März des Jahres. Sonnenbeschienene Rahmen, Glasbausteine und Verglasungen waren um 10.30 Uhr 46 °C warm (unfreiwillige Heizkörper im Sommer). Die Energiekennwerte des Gebäudes: Heizung 204 kWh/(m²*a), Strom: 39,5 kWh/(m²*a). Damit liegt das Objekt im oberen Verbrauchsfeld der Frankfurter Kindertagesstätten, wurde aber erst 1991 errichtet.
	Überall in Deutschland: Heizkörper als „architektonisches Gestaltungselement". Eine Verglasung im Brüstungsbereich trägt nichts zur natürlichen Belichtung bei, die Sonne scheint von oben. Der Heizkörper behindert zusätzlich den Tageslichteinfall. Was ist das Konzept, wenn durch die Heizkörper sogar das Erscheinungsbild des Gebäudes gestört wird? Bis 2002 mussten nach WSVO noch Strahlungsschirme zur Begrenzung der Wärmeverluste durch die Scheiben angebracht werden. Diese Anforderung wurde mit der EnEV gestrichen, weil sie ohnehin nicht eingehalten wurde, wie u.a. dieses Foto eines Gebäudes Baujahr 1995 zeigt. Der Mehrverlust durch die Scheibe beträgt ca. 30-50 Prozent, da die Temperaturen hinter dem Heizkörper deutlich höher liegen und die Wärmestrahlung direkt auf die Scheibe trifft. So gut Wärmeschutz-Isolierverglasung für unverzichtbare Glasflächen auch ist: Für diesen Fall der direkten Aufheizung ist ein U-Wert von 1,1-1,4 W/(m²K) nur so „gut" wie eine Außenwand aus der Kaiserzeit.

Fasst man die Momentaufnahmen aus 24 Gebäuden zusammen, ergibt sich kein angenehmes Bild. Im Einzelnen:

- Mit der Glasarchitektur ist menschheitsgeschichtlich ein neues Problem entstanden: Die Glasbauten weisen im Sommer tagsüber häufig Innentemperaturen auf, die über der Außentemperatur liegen. Das ist die eigentliche Ursache für die „Unerträglichkeit" des sommerlichen Raumklimas, von dem die Angestellten berichten. Auch Massivbauten wurden in diesem heißen Sommer 2003 sehr warm, aber stets lag ihre Innentemperatur tagsüber bei verschatteten Fenstern unter der Außentemperatur. Typische Massivbauten (Altbauten) lagen in diesem Sommer maximal bei 27-29 °C Innentemperatur, bei Außentemperaturen zwischen 35-37 °C. Letzteres war aber die Innentemperatur in nichtgekühlten Glashäusern.
- Untersucht man die Begründungen für Glas-Doppel-Fassaden (GDF) im Zweckbau, so wird stets auf die durch GDF mögliche „natürliche Belüftung" der Gebäude verwiesen, die eine Abkehr von der Klimatisierung ermögliche. Damit seien diese Gebäude energiesparsam. Dieser Begründungszusammenhang ist falsch. Gebäude ohne Klimatisierung, auch Hochhäuser, sind auch ohne doppelschalige Glasfassaden möglich. Wichtiger ist aber noch: die natürliche Belüftung ist im Gebäudekonzept absolut verzichtbar, weil auch in den oben dargestellten Gebäuden die Lüftungsanlagen die wesentliche Belüftungsaufgabe erbringen und die „Luft aus dem Spalt" eher Probleme einträgt (Hitze, Keime, Schall). Der quantitative Beitrag der Belüftung über den Zwischenraum von GDF wurde weder als Planungsgröße gezeigt noch am gebauten Objekt nachgewiesen. Alle Objekte mit GDF haben in erster Linie Lüftungsanlagen und Kühleinrichtungen zur Modellierung des Raumklimas. Es handelt sich zunehmend nicht mehr um Klimaanlagen, sondern um Kühldecken, Kühlböden, deren Kühlenergie durch Grundwasser oder Flusswasser geliefert wird, weiterhin um Betonkernaktivierung mit Grundwasser oder Luft, bei kleineren Gebäuden um Erdreichwärmetauscher zur Luftvorkühlung im Sommer, sowie um außen- oder innenliegenden Sonnenschutz. Nach allen Indizien über die Belüftung der doppelschaligen Glasfassaden muss vermutet werden, dass diese die Kühllasten erhöhen. Wie wenig die Planer selbst an die Kühlwirkung der Fassade glauben wird am RWE-Turm mit seinen 2,1 MW Kühlkälteanlagen (althergebrachte Klimakälte aus Kompressoren) deutlich.
- Verschwiegen wird generell der eintretende Energieverbrauch dieser Gebäude. Nirgendwo existiert eine Statistik, wie etwa im Wohnungsbau. Nachfragen bei Investoren bleiben erfolglos. Da es sich häufig um

vermietete Objekte handelt, gehört der Verbrauch zu den Qualitätsmerkmalen, die anscheinend nicht bekannt werden sollen. Das gibt zu denken, auch angesichts der wenigen bekannten und dann äußerst hohen Verbrauchswerte einzelner Gebäude..

- Glashäuser mit doppelschaligen Glasfassaden „funktionieren“ im Sommer besser als einschalige Glasfassadentypen. Dies ist aber nicht der „natürlichen Belüftung“ über die doppelschalige Glasfassade geschuldet, sondern im Gegenteil trägt der Luftspalt zur Aufheizung bei (RWE-Turm). Das Innenklima dieser Gebäude wird nicht durch die Glasfassade günstig beeinflusst, sondern die Objekte weisen nach wie vor Klimatisierung auf (RWE-Turm) oder haben umfangreiche neuere Kühltechniken wie Kühldecken mit Grundwasserbeaufschlagung sowie zusätzlich Kühlung der Zuluft der Lüftungsanlage, die nach wie vor die Hauptlast der Gebäudelüftung trägt. Die Funktion der „natürlichen Belüftung“ wurde nirgendwo in der Literatur nachgewiesen und quantifiziert. Die Gebäude weisen weiterhin kräftige Kühlleistungen auf, die zwischen 50 und 100 Watt pro m² liegen. Die Eigenart der Debatte will es, dass hierüber, zumindest in den Architekturzeitschriften, nicht berichtet wird. Hier liest man, die doppelschalige Glasfassade sei ein neues Konzept, dass die Klimatisierung von Gebäuden ablöse.
- Nirgendwo fand sich ein Anhaltspunkt in der Literatur, welchen Beitrag der Fassadenzwischenraum in Glasdoppelfassaden innerhalb des Energie- und Lüftungskonzeptes spielt, er wird nicht quantifiziert. In der Duisburger Glasellipse von Foster und im RWE-Hochhaus fanden sich hingegen negative Fakten. In Duisburg funktioniert die Belüftung wegen Strömungswiderständen im Dachrandbereich nicht und in Essen zeigte sich, dass die Theorie doch stimmt: Der Heißlufteintrag aus dem Scheibenzwischenraum bei Fensteröffnung war offensichtlich.
- Die Transparenz der Fassaden führt offensichtlich nicht zu Einsparung von Beleuchtungsstrom. Alle Gebäude wurden tagsüber besichtigt und in allen Gebäude war die elektrische Beleuchtung ganz oder in Gebäudeteilen eingeschaltet.
- Die von den Architekten gewollte Transparenz findet in der Realität ihre Grenzen am Sonnenschutz, der die Gebäude wieder nach außen abriegelt und zum Kunstlichteinsatz führt. Manche Büroviertel sehen gespenstisch verschlossen aus, verursacht durch die Flächenmächtigkeit des heruntergelassenen Sonnenschutzes. Dieser wurde auch häufig beschädigt oder in Reparatur angetroffen, wobei die Kürze der Standzeiten zu denken gibt. Sonnenschutzkonzepte waren bei vielen Gebäuden nicht erkennbar, es wurden an den verschiedenen Objekten alle Varianten von „kein Sonnenschutz“ über „innenliegender Sonnenschutz“ bis zum „außenliegenden Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum“ gefunden. Das Thema „Sonnenschutzkonzepte“ gehört in die Architektenausbildung.
- Energiekennwerte, wenn gemessen oder berechnet und publiziert, sind verheerend. Die wenigen Gebäude, für die Messwerte oder Planungswerte vorliegen, entpuppen sich im Niveau als schlechte Altbauten. Die primärenergetische Betrachtung ergibt niederschmetternde Werte weit über 300 kWh/(m²*a). Energiesparsamer sind nur jene, die (statt Elektrizitätseinsatz) die sommerliche Hypothek ohne jegliche Kühlung den schwitzenden Angestellten aufbürden. /7/ /8/ /10/ /11/ Dies kann aber kein Konzept sein, zumal bei den zufälligen Gesprächen mit Angestellten, Geschäftsführern und Vorstandsbeauftragten die aus den Überhitzungsproblemen resultierenden Konflikte mit der Belegschaft erahnbar waren.
- Für die Planung der „natürlichen Belüftungselemente“, in den haustechnisch aufwendiger ausgestatteten Solitärbauten, gibt es scheinbar keine ausgereiften Konzepte. Von Gebäude zu Gebäude wechseln die technischen Lösungen: Schmale Fischmaullüftungsöffnungen, Öffnungen mit 0,15 cm²/m, mehrere Quadratmeter große Zuluftöffnungen für die Luftführung in der doppelschaligen Glasfassade. Variation der Breite des Fassaden-Zwischenraumes von 0,3 m bis 1,4 m. Die Luftführung in der Fassade wird aus Brand- und Lärmschutzgründen durch Geschossweise Horizontalschotten unterbrochen oder das Gegenteil ausgeführt, Luft- und damit Lärmführung über 7 Geschosse oder die gesamte Gebäudehöhe. Es gibt vertikale Abschottungen zwischen den Büros wegen des Telephonieschalls, aber auch offene Luftkanäle um das gesamte Gebäude herum. Zum Arsenal gehören gesteuerte Lüftungsklappen nach außen oder Schlitze in der Fassadenebene mit unterschiedlicher Weite. Die Vielfalt der technischen Mittel wirkt eher experimentell, zumal in ihrer Varianz für ähnlich große Bauten an ähnlichen Klimastandorten ausgewählt. Es gehört sehr viel Mut dazu, Fassaden, die noch im Experimentierstadium stehen, für Neubauten mit 2.000 und mehr Arbeitsplätzen einzusetzen. Die Lektüre mancher Artikel zu den Gebäuden drängt den Gedanken auf, dass hier die Verantwortung auf den simulierenden Computer geschoben wird („...wurde modelliert mit dem Großrechner der Universität Stuttgart...“ /12/ usw.).
- Wird der Planungsprozess in Artikeln beschrieben, fällt die weiterhin nur „klassische“ Zusammenarbeit zwischen den Haustechnikplanern (Klimaingenieuren) und den Architekten auf, die nicht als integrale Planung bezeichnet werden kann. Der Architekt entwirft die Fassade, der Klimaingenieur modelliert nunmehr mit dynamischen Simulationsprogrammen die Haustechnik und neuerdings auch noch die aerodynamischen Fassadenfunktionen – aber er stellt dieses Konzept der zweischaligen Glasfassade nicht in Frage, indem er etwa alternative Fassadenkonzeptionen auf ihren Primärenergiebedarf oder die sommerlichen Übertemperaturgradtagsstunden hin durchrechnet. Dabei wird den Computersimulationen ein hohes Vertrauen entgegengebracht. Nach den Grenzen der Simulation von Luftströmungen wird kaum

gefragt. Warum stellen die Flugzeugbauer ihre Tragflächen immer noch in Windkanäle, wo doch simulieren viel billiger ist, sei hier als einfache Frage formuliert. /13/

- Glasfassaden erzeugen viele „kleine“ Probleme, die abgewogen werden müssen und hier deshalb ebenfalls benannt werden. Hierzu gehören: Vogelschlag an der Fassade, in der sich die umliegende Natur spiegelt, Glasrisse und Herabstürzen von Glaselementen, Höhenangst von Angestellten, die z.B. im Falle einer Frankfurter Bank von speziellen Psychologen in Holland behandelt werden, Hallprobleme im Innern, die schon manche gläserne Sporthalle unbenutzbar gemacht haben.

Glasdoppelfassaden lösen keine Probleme

Die hier vor Ort oder in Literaturbeschreibungen gefundenen Probleme werden eindrucksvoll durch die Theorie bestätigt. Die Probleme von doppelschaligen Glasfassaden (GDF) bewertet Prof. Gertis in seiner 1999 erschienenen umfassenden Untersuchung in aller Deutlichkeit: In Gebäuden mit doppelschaligen Glasfassaden müssen Probleme unter hohem technischen Aufwand gelöst werden, die man nicht hätte, wäre auf die doppelschalige Glasfassade verzichtet worden. /14/ Folgende Probleme doppelschaliger Glasfassaden listet diese Untersuchung auf:

- Im Luftspalt treten hohe sommerliche Wärmelasten auf, die die dahinterliegenden Räume zum Brutkasten machen (Sauna-Wand). Luftwechselzahlen im Spalt von 20 – 30 pro Stunde müssten sichergestellt werden, wenn z.B. bei Südwestfassaden im Sommer Temperaturen unter 38 °C im Spalt erreicht werden sollen.
- Der innenliegende Sonnenschutz kann die Temperatur der inneren Scheibe durch Absorption noch erhöhen, Sonnenschutzeinrichtungen müssen deshalb reflektierend sein und auch bleiben.
- In Büroräumen hinter GDF ohne weitere Lüftung oder Kühlung sind ab Außenlufttemperaturen von 30 °C Innenlufttemperaturen von 46 °C zu erwarten. Kühlanlagen mit Raumlufttechnik werden durch GDF für Gebäude damit zwingend.
- Eine ausreichend wärmeabführende natürliche Belüftungswirkung im Spalt durch thermischen Auftrieb gibt es nicht. Die Luftrichtung und die Strömungsgeschwindigkeit können nicht vorhergesagt werden. An Fassaden wechseln Strömungsintensität und Richtung ständig, die Strömungsrichtung ist häufig „von oben nach unten“, während die Luftspalte in den GDF auf „von unten nach oben“ ausgelegt wurden. Die Fassaden „pumpen“ auch häufig unspezifisch durch die Spalte zwischen den Glaselementen.
- Der Schallschutz gegenüber Außenlärm ist durch die Luftspalte in der äußeren Glashaut eher gering, wenn die inneren Fenster geöffnet werden.
- Die Schallausbreitung aus den Räumen bei geöffnetem Fenstern über den Luftspalt muss durch Schotten verhindert werden, dies führt wiederum zu Einbußen bei der natürlichen Belichtung und macht einen über ganze Geschosse laufenden Spaltverbund unmöglich. Dieser sollte aber gerade den thermischen Auftrieb im Spalt wegen der erhofften natürlichen Entlüftung erhöhen. Auch der Brandschutz wirkt in diese Richtung
- Die Glashaut behindert den Tageslichteinfall um 10-20 %. Lichtlenkelemente werden zwingend erforderlich und der Lichtstrombedarf steigt. Damit steigt auch die Kühllast.
- Bei nächtlicher Abkühlung zu bestimmten Jahreszeiten kann es zu Tauwasserausfall im Spalt kommen (für das Düsseldorfer Stadttor berichtete der Investor darüber) Hierauf wird je nach Gesamtkonzept wieder mit höherer Abluftleistung der Ventilatoren der Lüftungsanlagen oder Vorziehen der Nachtöffnung der Außenhaut im Winter geantwortet, was den Energieverbrauch erhöht.
- Im Luftspalt findet eine Geruchs- und Keimübertragung statt (aus Hochhaustreppenhäusern im Wohnungsbau bekannt).
- Bei Bränden behindert die äußere Glashaut den Rauchabzug, der Luftspalt erhöht die Gefahr des Brandüberschlages.
- Doppelschalige Glasfassaden weisen hohe Investitionskosten auf (800-1.000 €/m²).
- Die Betriebskosten für GDF sind zusätzlich erhöht, hierzu gehören Glasreinigung (4 statt 2 Scheibenflächen) sowie Austausch von Fühlern, Elektromotoren der Stellantriebe, Säuberung von Tageslichtlenkelementen etc.

Glasfassaden und die Gartenfeste Ludwig des XIV

Die Glasdoppelfassade ist also letztlich nichts anderes als eine falsch verstandene Solararchitektur, sie gewährleistet mit wenig kreativem Aufwand eine repräsentative Architektur und ist spektakulär. Als einzige unabweisbare Funktion kann man ihr bei sehr hohen Gebäuden die Sturmsicherung des Sonnenschutzes zuordnen. Der Kreis derer, die für die Sicherung des Sonnenschutzes ca. 500-800 € Mehrkosten pro m² Fassade tragen können, beschränkt sich aber auf die großen Investoren.

Der Architekturprofessor Günter Moewes beschreibt die energieverschwendende Unikat-Architektur für die Großinvestoren aus einem recht außergewöhnlichen Blickwinkel: „Sucht man nach Vergleichsbeispielen für eine derartige Verschwendung angesichts der weltweiten Verelendung, so fallen einem tatsächlich nur die Gartenfeste von Ludwig XIV ein.“ /15/ Ein starker Vorwurf an seine Kollegen.

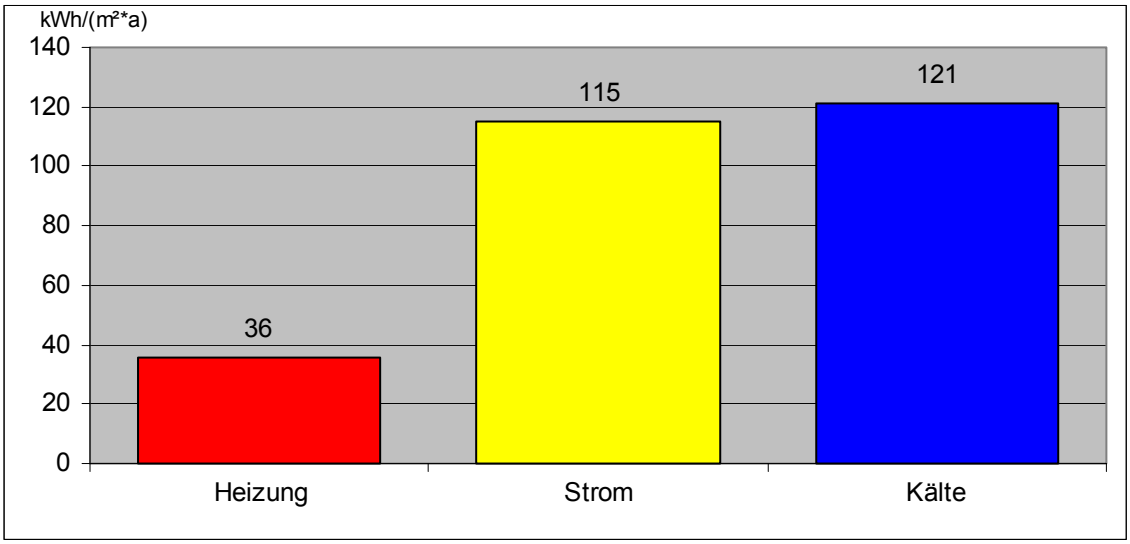
Offenbar besteht in Gesellschaften jedoch ein Bedürfnis nach solchen Unikaten, die dann die Architekturdiskussion beherrschen. Nur als solche kann man diesen Sachverhalt hinnehmen. Die große Gefahr liegt möglicherweise nicht in den Unikaten, sondern im Nachahmungseffekt. Dort, wo mit weniger Mitteln nur ähnliche Bauten geschaffen werden. Dort, wo Glas einfach nur des Glases wegen angeordnet wird, weil Behnisch, Foster u.a. doch auch so bauen. Mittlerweile gibt es die einschalige wie die doppelschalige Glasfassade an der Aussegnungshalle und am Krematorium (2001 prämiert), am Theater und Parlamentsgebäude, am Flughafen, am Altersheim und an der Klinik sowie an den vielen Bürobauten – für doch sehr unterschiedliche Nutzungen. Eine Lösung für alle Nutzungen? Mit dieser Idee erlitt schon Le Corbusier Schiffbruch: „Heute empfehle ich ein einziges Baumodell für alle Länder, alle Witterungen“ , war seine These 1929. In seinem „Haus der Heilsarmee“ musste er 1936 Sonnenschutz nachrüsten, weil er bei der Konstruktion der Glasfassade das Pariser Sommerklima unberücksichtigt gelassen hatte. /16/

Was ist das Energieproblem von Bürobauten?

Glasbauten sind die falsche Antwort, wenn es um energiesparsame Bürogebäude geht. Bürobauten weisen ihren Energieverbrauchsschwerpunkt bei Kühlung und Stromverbrauch auf, wobei die Abwärme des Stromeinsatzes überwiegend wieder weggekühlt werden muss. Sie sind „Sommerproblemgebäude“, wobei hier der Sommer mit der Frühlingszeit beginnt. Glasbauten verstärken dieses Sommerproblem, auch wenn statt Klimatisierung neuerdings andere Kühltechniken eingebaut werden, muss in solchen Gebäuden mit großen Leistungen gekühlt und belüftet werden.

Bei einem neueren Objekt, dem Commerzbank-Hochhaus in Frankfurt am Main, entfallen 13 % des Endenergiejahresverbrauchs auf die Beheizung, 42 % auf den Stromverbrauch (Beleuchtung, Antriebe, EDV) und 45 % auf die Kälteversorgung des Gebäudes. Es kommt auf das Haustechnik-Gebäudekonzept an, inwieweit letztere überwiegend aus Strom bereitet wird, bei der Commerzbank ist es Fernwärme, genutzt in 3 Absorptionskältemaschinen.

Endenergiekennwerte: Neubau der Commerzbank-Zentrale in Frankfurt am Main (Planungswerte nach /17/)



Die Höhe der Verbrauchsbereiche beeinflusst sich wechselseitig. Es ist bei Bürobauten relativ einfach, einen geringen Heizenergieverbrauch zu erzielen, da die inneren Abwärmen von Personen und Geräten und die solare Einstrahlung in hohem Maße zur Beheizung beitragen. Den Winter hätte man also schnell im Griff, wenn man dafür ein mächtiges „Sommerproblem“ in Kauf nimmt. Genau dies geschieht gegenwärtig mit den Glasbauten um den Preis, dass diese internen Lasten leider ab Frühjahr nicht abstellbar sind und Probleme durch Überhitzung der Gebäude erzeugen. Das drückt sich im hohen Kälte- und Strombedarf z.B. des Commerzbank-Gebäudes aus.
Noch drastischer zeigt diesen Zusammenhang die Klinik für Zahnheilkunde ZZMK in Zürich mit ihrer Glasfassade. Der Heizenergieverbrauch des Gebäudes liegt nach Messung bei nur 42 kWh/(m²*a). Dies wird im nicht-

klimatisierten Bürotrakt erkauft durch eine so brutale sommerliche Überhitzung, dass die staatliche Hochschulbauverwaltung darüber ein Schwarzbuch angefertigt hat. Der Kliniktrakt des Gebäudes ist klimatisiert und wird im Sommer auf 26 °C heruntergekühlt, was zu einem hohen Stromverbrauch von 123 kWh/(m²*a) führt. Zielwerte liegen unter 30 kWh/(m²*a). Kann man nun sagen, der Kliniktrakt funktioniert als Glasbau, weil er im Sommer 26 °C hält?

Glasfassaden unterliegen keinen funktionierenden Konzepten, sie müssen an irgendeiner Stelle Probleme erzeugen, die dann „klassisch" durch Haustechnik „gelöst" werden, soweit sie denn überhaupt lösbar sind. Prof. Tepasse beschreibt den haustechnischen Umfang, der dann auch im Betrieb über Jahrzehnte im Griff bleiben muss, sehr pointiert für ein Gebäude, das „nur" 50 % Glasanteil an der Fassade hat:
„Beispielhaft für die Problematik ist die Regelung und Steuerung der Technikanlagen in dem Neubau der Süddeutschen Landesbank Stuttgart, die sich verteilt auf 250 Leistungsschränke, 40 Informationsschwerpunkte mit ca. 50.000 aufgeschalteten Informationspunkten (1.600 IP`s HLK-Anlagen, 8.000 IP`s Einzelraumregelung usw.). Für den Endausbau ist mit 80.000 Informationspunkten zu rechnen. Die ca. 3.000 Variable-Volumenstromregelkreise übernehmen- so berichten die Regelungsingenieure- die Regelung von 1.600 Kühldeckenventilen, 5.500 Radiator-, 600 Nacherhitzer-Ventilen, 4.500 Regelklappen der Variable-Volumenstromboxen, sowie die Überwachung von Fensterkontakten, Raum-Präsenzschaltern, Temperaturgrenzwerten usw.. Dieser Aufwand gehört zu einem eher „konventionellen Gebäude" mit einem geschätzten AF-50 %-Anteil der sich im Falle eines Gebäudes mit „polyvalenten Wänden und Dächern" noch um ein Vielfaches erhöhen würde." /1/

„Solarbau" ein Fortschrittskonzept für Zweckbauten

Verfolgt man ein integrales Konzept, dem das Attribut „integrale Planung" mit Recht zusteht, steht die Begrenzung des Primärenergiebedarf des Gebäudes im Vordergrund. Damit kommt der Optimierung aller Komponenten in ihren wechselseitigen Abhängigkeiten eine zentrale Rolle zu. Auch eine Glasfassade darf in dieser Optimierungs-Diskussion in Frage gestellt werden, indem man z.B. nach dem notwendigen Belichtungsmaß fragt (Bauordnungen). Orientiert man die Verglasungsflächen etwa am notwendigen Belichtungsmaß, schränkt die Stromabwärmen im Innern ein und verfolgt ein stromsparendes Beleuchtungs-, Lüftungs- und Kühlungskonzept, dann ist eine gute Wärmedämmung der Außenbauteile unerlässlich, denn die großen solaren und inneren Wärmelasten werden nun auf ein sinnvolles Maß zurückgeführt und es entstünde (ohne Wärmeschutz um 0,25 W/(m²K) ein höherer Heizenergiebedarf. Dafür fehlen aber wohltuend die solare Einstrahlung und die großen inneren Abwärmen in Frühjahr, Sommer und Frühherbst, wo das Gebäude kaum mehr überhitzt wird.

- Im Effekt ist es möglich, Gebäude zu errichten, die nicht wie die gläserne Hülle des Commerzbank-Hochhauses 520 kWh/(m²*a) Primärenergiebedarf erzeugen, sondern unter 100 kWh/(m²*a) Primärenergie liegen.

In der Diskussion um die Glasarchitektur ist das Fehlen solcher quantitativer Maßstäbe ein hervorstechendes Merkmal. Ohne Quantifizierung von Anforderungen kann jedoch keine verlässliche Planungspraxis entstehen. Während die Entwicklung von energiesparsamen Hauskonzepten für den Wohnungsbau geradezu über den „Energiekennwert" geführt wurde (Niedrigenergiehaus, Passivhaus), fehlen Kennwerte bei der Diskussion der Glasarchitektur im Zweckbau völlig. Auch quantitative Anforderungen an die Behaglichkeit (Sommerklima, Zugvermeidung im Winter) wurden für Glashäuser bisher nicht publiziert, obwohl sie bei diesem Gebäudetyp wegen der Gefahr der Übererwärmung besonders wichtig sind.

Für den verantwortlichen Planer hilft hier hinsichtlich der Anforderungen an Bürobauten das „Förderkonzept Solarbau" des Bundeswirtschaftsministeriums weiter. /18/ Hier wurden die folgenden Planungs-Anforderungen für Bürobauten formuliert:

- Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung unter 100 kWh/(m²*a)
- Heizwärmebedarf unter 40 kWh/(m²*a)
- Keine flächendeckende aktive Kühlung
- Verbesserte Tageslichtnutzung
- Integration erneuerbarer Energien in die Versorgungstechnik

Unter www.solarbau.de ist eine wachsende Zahl von gebauten Objekten mit gemessenen Energieverbräuchen dokumentiert, die Klarheit darüber geben, wie energiesparsame Bürobauten und Produktionshallen errichtet werden können. Dabei zeichnet die Objekte wohltuend aus, dass sie immer integral geplant wurden. Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten wurde vorausberechnet und dadurch die Effizienz der Einzelbeiträge überschaubar.
Die Gebäude weisen einen guten bis hervorragenden Wärmeschutz der Fassaden auf, weisen noch genügend Glas in Eingangsbereichen und anderen Gebäudeteilen mit geringerer thermischer Wertigkeit auf, um zu reprä-

sentieren und können, durch Begrenzung der sommerlichen und winterlichen Lasten, mit einfachen Kühltechniken bei geringerer Leistung behaglich gehalten werden. Die inneren Abwärmen zu bestimmen, gehört zur Planungsaufgabe, Hilfen bietet hier z.B. die sia 380/4 der Schweizer Architekten. Für die Kühlung reichen oft Erdreichwärmetauscher aus, aber auch Kühldecken oder Betonkernaktivierung gehören dazu. Hier aber nicht zum Wegkühlen der solaren Einträge über die maximierten Glasflächen, sondern um die „Reste“ zu beseitigen, die bei einem guten Wärmeschutz durch die internen Lasten und die geringere solare Zustrahlung „natürlich“ immer noch bleiben. So entstehen „einfache, ehrliche“ Gebäude mit einem robusten behaglichen Innenklima. Es kommt in Deutschland noch darauf an, dass die Machbarkeit dieses Konzeptes baupraktisch einmal für ein Hochhaus gezeigt würde. Gangbar ist dieser Weg auf jeden Fall.

Architekten, die den Weg des Glashausbaues gehen wollen, sollten sich darüber klar sein, dass dies ein risikoreicher Weg ist. Bauen ist Chaos, Bauten ganz aus Glas sind auch in die Nutzungsphase hineinreichendes Chaos. Der englische Architekturkritiker Pawley meint, die Nutzer von Glasbauten müssten „..hart daran arbeiten, in den Räumen erträgliche Bedingungen aufrecht zu erhalten – ähnlich wie die Besatzung einer Rennyacht bei Sturm auf hoher See.“ /2/ Hilfreich ist es, die Planung an Energiekennwerten (Strom und Heizung) sowie an quantifizierten Klimakennwerten für den Sommer auszurichten, damit wird Planungssicherheit erzeugt.

Investoren sei empfohlen, bei über 50%-Glasanteilen an der Fassade, im Architektenvertrag eine Empfehlung der Konferenz der Bauphysik-Hochschullehrer als Anforderung festzulegen: „Zur Tageszeit darf es im Sommer innen zu keinem Zeitpunkt wärmer werden als außen“. Darüber hinaus darf das sommerliche Klima die Festlegungen nach DIN 4108-2 nicht überschreiten.

Ganser formulierte 1996 zur Glasarchitektur aus seiner Kenntnis zahlreicher IBA-Wettbewerbsergebnisse : „In die Sonnenfalle sind schon viele hineingetappt, gestellt wurde sie von Architekten. Gewollt haben sie die Bauherren und dringeblieben sind die Nutzer, nicht gerade schwer verletzt, aber doch geschädigt. Das Bauen mit der Sonne ist eben mehr als das Aufstellen von Glashäusern. Solararchitektur ist zugleich weniger als die hochgerüsteten Gebäudemaschinen, die am Ende aussehen wie Roboter, von soviel Technik gesteuert und mit soviel Sensoren bestückt, dass man ein Gebäude auf der Intensivstation vor sich hat.“ /19/ Es scheint, diese Diskussion ist auch sieben Jahre später noch nicht zu Ende geführt.

Literatur

/1/ zitiert nach: Tepasse, Heinrich, Ganzglasgebäude im Simulator, Eine Kritik der neuen Energiekonzepte, in: Bauwelt 43/44, 1996
/2/ Pawley, Martin, Mythos Solararchitektur, in: Baumeister 2/2000; Fuchs, Claudia, Zentrale der RWE in Essen, in: Baumeister 5/1997; TAB Hochhaus der RWE in Essen, TAB 5/1998; Pasquay Till, Thermisches Verhalten von Doppelfassaden an drei Gebäuden, in: Bauphysik Heft 4, 2003
/3/ CCI 11/1997; in: zusammenfassender Reader des CCI „Doppelschalige Glasfasaden“ Karlsruhe 2003
/4/ SHT, Sanitär-Heizungs-Klimatechnik, Null Probleme mit der Wärmeglocke, in: SHT 12/2001
/5/ CCI 10/1999
/6/ CCI 14/1998
/7/ CCI 5/2002
/8/ Bau-Verwaltung der Universität Zürich, Herr Brechbühl, Schwarzbuch über die Systemmängel im Glashaus ZZMK Universität Zürich, 2000
/9/ Kolle, Sperlich, Verheyen, Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Wissenschaftliches Begleitprogramm für das Haus der Wirtschaftsförderung (HdW) in Duisburg, Duisburg 1997; Eicke-Hennig, Jäkel, Mehr Gebäudequalität mit weniger Energie, in: BbauBl. 11/1997
/10/ Adam Hubertus, Vitrine im Hafen, in: Bauwelt 16/1996
/11/ Fraunhofer Institut für Bauphysik, BMFT, Passive Solar Commercial Buildings, IEA-Task XI, Nine German Case Studies, Stuttgart 1993
/12/ TAB, Das Düsseldorfer Stadttor, in TAB 7/1999
/13/ Ochocinski, Blazej, Numerische Simulation von Luftströmungen für Architekten und TGA-Planer, in: TAB 4/1998
/14/ Gertis Karl, Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll?, in: BAUPHYSIK 2/1999; Kornadt, Lehmann, Zapp, Doppelfassaden – Nutzen und Kosten, in: BAUPHYSIK, 1/1999; Heusler, Zweite Haut Fassaden, in: Fassade 2/1995
/15/ Moewes, Günter, Weder Hütten noch Paläste, Basel 1995
/16/ zitiert nach: Behling, Sol Power, München 1996
/17/ Schneider, Sabine, Leibundgut Jürgen, Commerzbank AG in Frankfurt am Main, in: Baumeister 5/1997; Zerres, E., Erweiterung der Commerzbank-Zentrale in Frankfurt am Main, in: TAB 2000

/18/ Löhnert u.a., Solarbau Monitor, Broschüre, Bonn 2001;Voss, Löhnert, Wagner, Energieeinsatz in Bürogebäuden, in: BAUPHYSIK, 2/2003; Hennings, Detlef, Knissel, Jens, Energieeffiziente Bürogebäude, in: BINE Profi-Info II/2000, Karlsruhe 2000
/19/ zitiert nach: Wagner, Solares Bauen – Inszenierung in Glas oder energiebewußte Architektur?, in: BBauBl 8/1997

Literatur zur Nutzungsforschung:

Rohrmann, Bernd, Sozialwissenschaftliche Evaluation hessischer Niedrigenergiehäuser, IWU, Darmstadt, 1995
Rohrmann, Bernd, Sozialwissenschaftliche Evaluation des Passivhauses in Darmstadt, IWU (Hrsg.), Darmstadt, 1994
Flade, Antje, u.a. Wohnkomfort im Passivhaus, Ergebnisse einer sozialwissenschaftlichen Untersuchung, IWU (Hrsg.), Darmstadt 2003