



ProEcoPolyNet

Technologieprofil

GlasDoppelFassade

Langfassung

Dieses Profil basiert auf dem am IWT der TU Graz vorhandenen Know-how über GlasDoppelFassaden sowie auf den vorläufigen Ergebnissen des laufenden EU-Projekts BESTFACADE der folgenden Autoren:

Richard Heimrath, Herwig Hengsberger, Thomas Mach, Wolfgang Streicher, Technische Universität Graz/IWT – Austria, Reinhard Waldner, MCE – Austria, Gilles Flamant, Xavier Loncour, Sabrina Prieus, BBRI – Belgium, Gérard Guarracino, LASH-DGCB – France, Hans Erhorn, Heike Erhorn-Kluttig, FHG-IBP – Germany, Matheos Santamouris, Ifigenia Farrou, Stelios Zerefos, NKUA – Greece, Rogério Duarte, ISQ – Portugal, Åke Blomsterberg, Harris Poirazis, Lasse Sjöberg, ULUND / WSP, SKANSKA – Sweden, Christian Wilke Architect, SAR – Malm.

Technische Beschreibung

GlasDoppelFassaden (GDF) bestehen aus zwei ein- oder zweifach verglasten Schalen mit einem belüfteten Zwischenraum von rund 10 bis 200 cm, dessen Belüftung in Form freier Konvektion, unterstützt durch Ventilator oder rein mechanisch erfolgen kann. Neben der Lüftungsart innerhalb des Hohlraumes kann der Ursprung und das Ziel der Luft abhängig von den Klimabedingungen, der Lage, Art und den Nutzungszeiten des Gebäudes und seiner HLK-Strategie variieren. Verschattungseinrichtungen werden zum Schutz vor Wind und Regen im Fassadenzwischenraum angeordnet. Der Luftraum zwischen den Glasebenen wirkt als Dämmung gegen extreme Temperaturen, Wind und Lärm [Poirazis 2004].

Bereits 1849 von Jean-Baptiste Jobard beschrieben, scheint das erste Auftreten einer verglasten Doppel-fassade in Mitteleuropa das Produktionsgebäude der Firma Steiff in Gingen / Brenz bei Ulm im Jahre 1903 gewesen zu sein – eine dreigeschossige Konstruktion mit zwei Folgebauten aus den Jahren 1904 und 1908, die heute noch in Gebrauch sind. Im Jahre 1929 verkündete LeCorbusier "la respiration exacte" – „ein exakt gesteuertes mechanisches Lüftungssystem“ und "le mur neutralisant" – „...neutralisierende Mauern aus Glas oder Stein oder beidem, welche zwei Schalen mit einem Abstand von wenigen Zentimetern bilden. Durch diesen Zwischenraum, der das gesamte Gebäude einhüllt, wird in Moskau warme und in Dakar kühle Luft geleitet...“ [Le Corbusier, 1964].

Wenig bis gar kein Fortschritt wurde bis in die späten 70er und frühen 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts gemacht, wo dieser Fassadentypus einen Aufschwung erlebte. In den 90er Jahren begann das gestiegene Umweltbewusstsein die Architektur zu beeinflussen, indem „grüne Gebäude“ als gutes Image

für die Unternehmensarchitektur angesehen wurden. Zudem waren – und sind – Argumente wie „Tiefe“ und „Kristall-Image“ der Fassade wichtige architektonische Argumente. [Poirazis 2004].

GDF können eine thermische Puffer-Zone, solare Vorwärmung der Ventilationsluft, Energieeinsparung im Vergleich zu einschaligen voll verglasten Fassaden, Schutz vor Lärm, Wind und Luftverschmutzung für in den Fassadenzwischenraum öffnende Fenster, die Möglichkeit für sichere Nachtkühlung, Schutz der Verschattungseinrichtungen, effiziente Nutzung von Einrichtungen zur Tageslichtumlenkung sowie Raum für die Installation von Vorrichtungen zur Energiegewinnung wie beispielsweise PV-Zellen bieten.

GDF können allerdings auch mögliche Probleme mit Überhitzung oder hohen Kühllasten, Kondensation im Fassadenzwischenraum, Lärm bzw. Feuer- und Rauchübertragung von Raum zu Raum, insbesondere beim „Mehrgeschoss-Typ“, im Vergleich zu Einfach-glasfassaden (EGF) höheren Errichtungs- und Instandhaltungskosten sowie zu reduzierter vermietbarer Geschossfläche infolge der Tatsache, dass der Fassadenzwischenraum in den meisten Ländern zur Geschossflächenzahl gerechnet wird, führen.

In jüngerer Zeit haben verbesserte Material- und Systemeigenschaften und deren Möglichkeit zur Integration in komplexe Konstruktionen die Anwendungsmöglichkeiten dieses Fassadentyps erhöht, der ein Teil der Gebäudetechnologie geworden ist. Ein wachsendes Anwendungsgebiet ist die Renovierung bzw. der Schutz bestehender Fassaden mittels vorgesetzter GlasDoppelFassaden.

Abschätzung der Kosten, Vor- und Nachteile von GDF

Errichtungskosten

Infolge der großen Bandbreite der technischen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Randbedingungen wird auch eine große Bandbreite der Kosten von GDF berichtet. Dabei wird oft der Fehler gemacht, Kostenschätzungen für neue GDF auf der Basis von gebauten Projekten zu erstellen. Infolge der rasanten Entwicklung am Fassadensektor sind diese Kosten kaum aussagekräftig für neue Projekte. Im Folgenden seien für eine grobe Übersicht einige Daten aus dem Projekt BESTFACADE erwähnt:

Für den in Belgien am häufigsten verbreiteten Typus der „mechanisch belüfteten Fassade aus aneinander gereihten Modulen“ belaufen sich die Gesamtkosten

inkl. Verschattungseinrichtungen auf 500 bis 700 €/m² während die Kosten für die doppelschalige Fassade des VERU – Testgebäudes in Deutschland rund 1255 €/m² betragen (allerdings bei einer Gesamtfassadenfläche von nur 40 m²). Die geschätzten Errichtungskosten für ein geplantes WSP-Bürogebäude in Malmö, Schweden, betragen:

- ▶ Einfachglasfassade ohne außenliegendem Sonnenschutz = 370 €/m²
- ▶ Einfachglasfassade mit außenliegendem Sonnenschutz und einfacher Steuerung, ohne Wartungsgang = 580 €/m²
- ▶ Einfachglasfassade mit außenliegendem Sonnenschutz, Tageslichtumlenkung und einfacher Steuerung, ohne Wartungsgang = 680 – 790 €/m²
- ▶ GDF inkl. Jalousien wie beim Kista Science Tower = 920 – 1000 €/m²
- ▶ GDF Kastenfenster Typus (Zwischenraum 20 cm), inkl. Jalousien = 560 €/m²
- ▶ GDF Kastenfenster Typus (Zwischenraum 20 cm), inkl. Jalousien und Tageslichtumlenkung = 610 €/m².

Wie die obigen Schätzungen zeigen spielen Verschattungseinrichtungen in manchen Fällen eine entscheidende Rolle da sie bei GDF geschützt im Fassadenzwischenraum angeordnet sind, können sie in einer kostengünstigeren Qualität ausgeführt werden und ermöglichen zudem den Gebrauch unter allen Wetterbedingungen.

Andere Quellen nennen folgende Zahlen für Errichtungskosten von GDF im Vergleich zu EGF (in Klammer), nicht wertangepasst, in €/m²: Blum, 1998: 750 – 1000 (650); Kornadt, 1999: 850 – 950 (520); Schuler, 2003: 900 (620); Daniels 1997: 750 – 1500 (--); Wolke: 800 (--); Oesterle et.al., 2001: 750 – 1000 (--)

Die zusätzlichen Kosten der zweiten Schale betragen laut Blum: 120 – 380, Kornadt: 300 – 460, Oesterle 175 – 750 und Schuler: 300 €/m².

Beim Justizzentrum Leoben, Österreich (Fertigstellung 2004) betragen die zusätzlichen Kosten der äußeren Schale (Klappen-Typus, inkl. Holzlamellen zur Verschattung) = 610 €/m².

Kostengünstige Planungsgrundsätze

Doppelschalige Fassaden können wirtschaftlich geplant werden wenn die folgenden Grundprinzipien beachtet werden [Oesterle et.al. 2001]:

- ▶ Verwendung von Serien- oder seriennahen Bauteilen
- ▶ Vermeidung von elektromotorisch angetriebenen Öffnungselementen
- ▶ Die Außenfassade sollte nicht verschließbare Öffnungen enthalten
- ▶ Die Tiefe des Fassadenzwischenraumes sollte nicht zu groß sein (ca. 30 bis 50 cm)

▶ Der Boden des Fassadenzwischenraumes sollte gar nicht oder nur zu Reinigungszwecken begehbar sein.

▶ Die Anzahl der Konstruktionstypen sollte möglichst klein sein

▶ Bei größeren Bauvorhaben sollte die elementierte Bauweise gewählt werden (deutlich kürzere Montagezeiten, höhere Verarbeitungsqualität und geringere Kosten).

Bei Beachtung dieser Faktoren und einer kompetenten Planung sind Kosten von 600 – 750 €/m² erreichbar.

Lebenszyklusbewertung

Obwohl die reinen Herstellungskosten von GDF deutlich höher im Vergleich zu EGF sein können, sollten als Basis einer Lebenszyklusanalyse auch die Gesamtkosten, Emissionen und Materialflüsse bewertet werden [EPA 1993; Christian 1997, VDI 6025 1996]. Die Lebenszyklusanalyse nimmt Bezug auf die Bewertung der Energieerträge und – verbräuche eines Gebäudes „von der Wiege bis zum Grabe“. Üblicherweise werden dabei vier Stadien berücksichtigt: Herkunft und Produktion aller Materialien, Herstellung des Gebäudes, Gebäudenutzung sowie Gebäudeabbau / -entsorgung.

Wegen des zusätzlichen Bedarfs an Raum, Materialien, Energie, Bauzeit, Know How und Geld erfordern GDF immer einen höheren Aufwand als klassische Lösungen. Dieser zusätzliche Aufwand sollte einem möglichen geringeren Aufwand bei der Gebäudenutzung und Instandhaltung gegenüber gestellt werden. Einige Studien errechnen zusätzliche Kosten von GDF pro Gebäudenutzer von nur sieben Arbeitsstunden pro Jahr [z.B. Oesterle et.al. 2001]. In Bezug auf die Betriebskosten kann eine Verringerung durch reduzierten Heiz-, Kühl- und / oder Beleuchtungsenergieaufwand, weniger häufige Instandhaltung und Austausch von Verschattungseinrichtungen oder durch die Verbesserung anderer Funktionen erzielt werden, wobei letzteres manchmal schwierig zu quantifizieren ist. Insgesamt bedeutet die Analyse des Energiebedarfs einen wichtigen Schritt in Richtung der Beurteilung der Gesamteffizienz eines Gebäudes.

Qualitative Vorteile wie die solare Regelung, angenehme Oberflächentemperaturen im Winter, Lärm- und Blendungsreduktion, Frischluftzug über offene Fenster sogar bei sehr hohen Gebäuden zumindest in der Übergangszeit, Ästhetik und verbesserte natürliche Belichtung sind von Bedeutung werden aber meist nur als immaterieller Zusatznutzen gesehen. Mehrere Studien haben den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und -luftfeuchte, Belichtung, Luftqualität etc. und Arbeitseffizienz untersucht und dabei qualitative Aspekte in quantitative Kosten umgerechnet [z.B. Fisk 2000].

Insgesamt liegen sehr wenige verlässliche Daten sowohl über den Energiebedarf und den -verbrauch als auch über Herstellungs- und Betriebskosten von Gebäuden mit GlasDoppelFassaden vor (und sie sind schwierig zu bekommen). [Oesterle et.al. 2001] errechneten eine Erhöhung der Reinigungskosten für eine natürlich belüftete eingeschossige Doppelfassade

von 30 %. Obwohl die Reinigung nun für vier Ebenen (anstelle von zwei) erfolgen muss, kann diese abhängig vom Fassadensystem von innen anstelle von Hebebühnen oder Fassadenbefahranlagen aus erfolgen. Weiters wurde ein um 50% erhöhter Aufwand für Inspektion, Service und Instandsetzung und im Gegensatz zu voll verglasten Einfachfassaden ein verringerter Heiz- und Kühlenergiebedarf erwartet. Daher kann die Leistung der HLK-Anlage verringert werden. Deswegen und wegen des geringeren Bedarfs an Ventilatoren infolge natürlicher Belüftung reduzieren sich die Kosten für die Herstellung, Inspektion und Instandhaltung der HLK-Anlage um 60 %. Summa summarum wird festgestellt, dass sich die Instandhaltungskosten beider Varianten die Waage halten [Oesterle et.al. 2001].

Beschreibung unterschiedlicher Ausführungsvarianten

Für die Konstruktion von belüfteten Doppelfassaden gibt es viele verschiedene Grundsätze, welche entsprechend den folgenden drei Kriterien klassifiziert werden können: Art der Belüftung, Unterteilung der Fassade und Belüftungsart des Fassadenzwischenraumes.

Art der Belüftung

Die Art der Belüftung bezieht sich auf die treibende Kraft der Belüftung des Fassadenzwischenraumes. Jede belüftete GDF ist durch lediglich eine einzige Belüftungsart gekennzeichnet, die natürlich, mechanisch oder hybrid (eine Mischung aus natürlicher und mechanischer Belüftung) sein kann. Grundsätzlich sind beispielsweise natürlich belüftete GDF nicht besonders für warme Klimate geeignet, wo besser eine mechanische Belüftung eingesetzt werden sollte. Aber sogar eine mechanische Belüftung kann das Kondensationsproblem nicht immer lösen, welches auftreten kann, wenn warme, feuchte Abluft in den Fassadenzwischenraum gelüftet wird und dort auf die kalte innere Oberfläche der äußeren Glasscheibe trifft. Zur Lösung dieses Problems wird wie z.B. im BiSoP Gebäude in Baden / Wien das Prinzip der Fensterlüftung unter Umgehung des Fassadenzwischenraumes angewendet [Kautsch et. al.].

Unterteilung der Fassade

Die Unterteilung der Fassade liefert die Information wie der Fassadenzwischenraum physisch unterteilt ist. Obwohl es eine Vielzahl an Mischformen gibt, kann die Mehrzahl der ausgeführten Lösungen wie folgt klassifiziert werden:

Belüftetes Doppelfenster



Eine Fassade die mit belüfteten Doppelfenstern ausgestattet ist, wird durch eine Folge von getrennten Fenstern charakterisiert, die innen oder außen mit einer zusätzlichen Ein- oder Zweifachverglasung versehen sind. Aus der Sicht der Partitionierung funktioniert das Fenster als Füllelement in einer Wand. In der Literatur werden belüftete Doppelfenster auch als „Kastenfenster“ bezeichnet. Vorteil: Guter Schallschutz sowohl von außen als auch von Raum zu Raum und keine Brand(rauch)übertragung von Raum zu Raum.

Geschoss-Fassade aus aneinander gereihten Modulen



Bei diesem Typ ist der Fassadenzwischenraum sowohl horizontal wie auch vertikal durch einzelne, geschosshohe, meist zwei Fensterachsen breite Fassadenmodule unterteilt, die ihre Abmessungen dem Fassadenzwischenraum aufprägen. Dabei ist die innere Glasebene meist einfach verglast. Die Raumluft wird durch den Fassadenzwischenraum abgezogen und dem HLK-System zugeführt. Vorteil: Sehr guter Schallschutz gegenüber dem Außenraum, keine Geräusch- und (Brand-)rauchübertragung von Raum zu Raum.

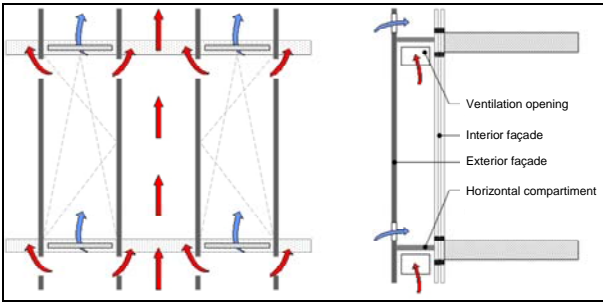
Geschoss-Fassade – Korridor Typ



Dieser Typ ist charakterisiert durch einen großen, geschosshohen Fassadenzwischenraum, der meist sogar begehrbar ist. Physisch auf der Höhe jedes Geschosses unterteilt, ist der Hohlraum in horizontaler Richtung unbeschränkt und erstreckt sich über mehrere Büroräume bzw. sogar ganze Geschosse.

Dieser Typus funktioniert relativ gut in Bezug auf Verhinderung der Feuerausbreitung, ermöglicht aber einen „Telefonieeffekt“ zwischen den Büroräumen. Da die äußere Schale sowohl für Zu- als auch Abluft offen sein muss, ist der Schallschutz gegenüber Außenlärm nicht besonders gut.

Schacht – Kasten Fassade



Dieser Typus besteht aus einer alternierenden Anordnung von über mehrere Geschosse sich erstreckenden Lüftungsschächten und eingeschossigen Fassadenmodulen, welche mit den Schächten in Verbindung stehen. Die Luft wird über die Fassadenmodule in die Lüftungsschächte gesaugt und mittels deren Kaminwirkung über Auslassöffnungen mehrere Stockwerke darüber ins Freie abgeführt. Vorteil: Da die äußere Schale nur für die Luftversorgung offen ist ergibt sich ein relativ guter Schallschutz bei gleichzeitig guter Belüftung.

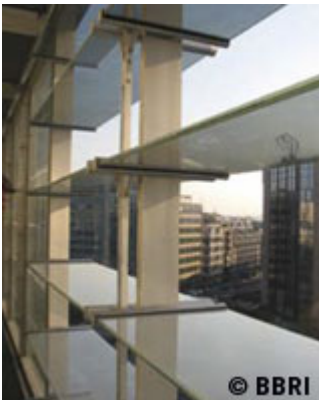
Mehrgeschossfassade



Bei diesem Typus ist der Fassadenzwischenraum weder horizontal noch vertikal unterteilt und bildet ein großes Volumen. Meist ist der Zwischenraum breit genug um Personen zwecks Reinigung und Instandhaltung den Zugang über Gitterroste, welche auf der Höhe der einzelnen Geschosse angeordnet sind, zu ermöglichen. In

einigen Fällen umschließt der Fassadenzwischenraum das ganze Gebäude ohne jede Unterteilung. Meist sind derartige Fassaden natürlich belüftet. Dieser Typus bietet sehr guten Schallschutz gegenüber Außenlärm, erfordert aber spezielles Augenmerk im Bezug auf den „Telefonieeffekt“ und den Brandschutz, da der Feuerüberschlag von einem Geschoss in das nächste begünstigt werden kann. Daher darf dieser Typus bei hohen Gebäuden nicht angewendet werden.

Klappen – Fassade



Obwohl der Fassadenzwischenraum wie bei einer Mehrgeschoss-, Korridor- oder Kastenfensterfassade unterteilt sein kann, besteht bei diesem Typ die äußere Schale ausschließlich aus vertikal oder horizontal drehbar gelagerten Klappen aus Glas, welche selbst im geschlossenen Zustand

nicht luftdicht sind. Dies hat zwar nicht sehr hohe Schalldämmmaße gegenüber Außenlärm, jedoch ein geringeres Risiko von Überhitzung und eine unschlagbare Belüftung der angrenzenden Räume zur Folge.

Lüftungsmodus im Fassadenzwischenraum

Der Lüftungsmodus bezieht sich auf den Ursprung und das Ziel der im Zwischenraum zirkulierenden Luft und ist unabhängig von der Art der Belüftung, wie sie bei der Art der Belüftung beschrieben ist. Nicht alle Fassaden können jeden der unten stehenden Modi annehmen – im Gegenteil: zu einem bestimmten Zeitpunkt ist eine Fassade durch lediglich einen einzigen Lüftungsmodus gekennzeichnet. Allerdings kann sie verschiedene Modi zu verschiedenen Zeiten annehmen, je nachdem es die Fassadenkomponenten zulassen oder nicht (z.B. zu öffnende und verschließende Klappen). Man unterscheidet folgende fünf Hauptmodi der Belüftung:

1. Außenluftvorhang

Bei diesem Modus kommt die Fassadenluft von außen und wird auch wieder dorthin zurück geführt. Die Belüftung des Fassadenzwischenraumes bildet so einen Luftvorhang, der die äußere Glasebene einhüllt. Daher wird die Isolierverglasung üblicherweise an der Innen- und die Einfachscheibe an der Außenseite angeordnet.

2. Innenluftvorhang

Hier kommt die Luft vom Innenraum und wird entweder direkt oder über das Lüftungssystem wieder dorthin zurückgeführt. Die Belüftung des Fassadenzwischenraumes bildet so einen Luftvorhang, der die innere Glasebene einhüllt. Daher wird die Isolierverglasung üblicherweise an der Außen- und die Einfachscheibe an der Innenseite angeordnet.

3. Zuluftsystem

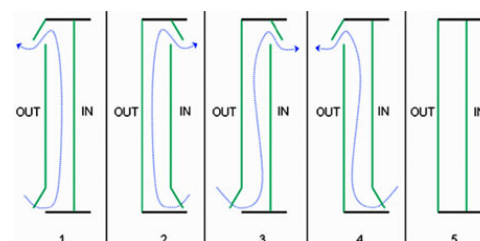
Hier erfolgt die Belüftung der Fassade mit Außenluft, welche entweder direkt oder über das Lüftungssystem dem Innenraum zugeführt wird. Somit ermöglicht die Fassade die Luftversorgung des Gebäudes.

4. Abluftsystem

Bei diesem System kommt die Fassadenluft aus dem Innenraum und wird über den Fassadenzwischenraum ins Freie abgeführt. Somit ermöglicht die Fassade die Entlüftung des Gebäudes.

5. Puffersystem

Hier bildet der Fassadenzwischenraum einen abgeschlossenen Luftraum ohne Be- und Entlüftung.



Die Geometrie des Hohlraums und die Eigenschaften des Sonnenschutzes (Absorption, Reflexion, Transmission) können den Luftstrom im Hohlraum ebenfalls beeinflussen. Weiters ist die Gestaltung der inneren und äußeren Öffnungen entscheidend für die Innenluftströmung und damit für die Ventilationsrate und den thermischen Komfort der Benutzer.

Vor- und Nachteile von GDF

Es werden eine Reihe von möglichen Vorteilen im Zusammenhang mit GDF erwähnt – die allerdings nicht auf alle Fassadentypen zutreffen. Zum Beispiel kann individuelle, von Wind- und Klimabedingungen nahezu unabhängige Fensterlüftung möglich sein – aber auch Probleme mit Wasserdampfkondensation im Fassadenzwischenraum oder Schallübertragung von Raum zu Raum insbesondere in Mehrgeschossfassaden bereiten. Abhilfe kann hier die wohl überlegte Abschottung des Fassadenzwischenraumes und die Installation von Schallabsorbern bringen. Zudem können Windlasten im Zwischenraum Probleme bei geöffneten Fenstern hervorrufen. Reduzierter Heizwärmebedarf bedingt durch vorgewärmte Zuluft kann im Winter ein Vorteil sein – im Sommer jedoch höhere Kühllasten bewirken. Nachtkühlung in Verbindung mit gegenüber Einfachfassaden verbessertem Einbruchschutz kann möglich sein – hängt allerdings im Hinblick auf rechtzeitiges Schließen der Lüftungsöffnungen von einem intelligenten Gebäude-Energie-Management bzw. der Mitarbeit des Reinigungspersonals ab. Deutlich erhöhter Schallschutz um bis zu 10 dB ist nur in Verbindung mit einer geschlossenen äußeren Schale zu erzielen – was wiederum Probleme mit Kondensation hervorrufen kann. Vorteile, die mit fast allen Typen von GDF realisierbar sind betreffen den Schutz der Verschattungseinrichtungen sowie einen gegenüber Einfachglasfassaden verbesserten U-Wert – dies allerdings unter anderem abhängig von der Dichtheit der äußeren Schale.

Auf der anderen Seite gibt es eine Anzahl möglicher technologischer Probleme mit GDF wie z.B. weniger effiziente Querlüftung und ungenügende Wärmeabfuhr aus Büroräumen oder Zuluftfilterung bei ruhigem Wetter und hauptsächlich natürlicher Lüftung mittels Kamineffekt. Außer im Winter und beim Klappen-Typus kann es bei alleiniger Fensterlüftung zu allen Jahreszeiten zu hohen Temperaturen in Büroräumen kommen. Die GDF kann auch selbst zur Ursache von Lärmbelästigungen werden, beispielsweise bei unzureichend geplanten oder fehlerhaften Luftein- und -auslässen oder Jalousien. Da in den meisten Ländern die ungenutzte Fläche zwischen den beiden Schalen zur Geschossfläche gerechnet wird, ergibt sich eine Reduktion der vermietbaren Fläche.

Wie bereits erwähnt, hängt die Unterbindung der Flammenausbreitung über die Gebäudehülle von dem angewandten Doppelfassadentyp ab, stellt aber für GDF immer eine Herausforderung dar. Insbesondere bei mechanisch belüfteten und Mehrgeschossfassaden müssen in Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden und Versicherern Vorkehrungen gegen Brand- und Rauchausbreitung wie beispielsweise Brandrauchentlüftungen, Sprinklersysteme oder der Einsatz feuerlöschender Gase erörtert werden.

Energieverbrauch, Tageslichtnutzung und Innenraumklima

Eine konventionelle verglaste Fassade erhöht das Risiko von unbefriedigendem thermischen Komfort in der Nähe der Fassade und Blendung im Raum wogegen eine GDF dieses Risiko verringert. Durch die Nutzung effizienter Möglichkeiten zur Tageslichtumlenkung und intelligenter Steuerung der künstlichen Beleuchtung ist bei gleichzeitiger Verringerung des Elektrizitäts- und Gesamtenergieverbrauchs eine Verbesserung sowohl des thermischen als auch des visuellen Komforts erreichbar.

Im Vergleich zu EGF reduziert sich der Tageslichttransmissionsgrad infolge der zusätzlichen Scheibe um 10 bis 20 %. Eine weitere Reduktion des Tageslichtfaktors erfolgt durch die zusätzliche effektive Raumtiefe, die Rahmenanteile der äußeren Schale und ggf. die Verschattungseinrichtungen. Zum Ausgleich des geringeren gesamt-Lichtdurchlasses wird üblicherweise ein größeres Glas zu Wand-Verhältnis verwendet. Allerdings sollte dem Vorteil des erhöhten Tageslichtquotienten der Erhöhung der solaren Lasten gegenüber gestellt werden. Aus diesem Grund könnte der Fensterflächenanteil von rund 70% bei voll verglastem inneren Erscheinungsbild auf rund 50 % reduziert werden und GDF inklusive Verschattungseinrichtungen an Ost-, Süd-, und Westfassaden verwendet werden.

Weiters können Systeme zur Tageslichtkontrolle wetter- und verschmutzungsgeschützt im Fassadenzwischenraum installiert werden. Zur optimalen Nutzung des Sonnenschutzes sollte unbedingt ein automatisches Steuerungssystem installiert werden. Die Eigenschaften und die Anordnung der Sonnenschutzrichtungen beeinflussen maßgeblich die physischen Eigenschaften des Zwischenraumes, da sie Strahlungsenergie absorbieren und reflektieren. Daher ist die Auswahl des geeigneten Typs in enger Abstimmung mit den Glaseigenschaften, der Hohlraumgeometrie und der Lüftungsstrategie zu treffen.

GDF erlauben bis zu einem gewissen Grad den Einbau von technischen Systemen zur Raumkonditionierung, welche die Installationsleitungen im Kern des Gebäudes entlasten können. Neben der Raumkonditionierung wurden in neueren Projekten GDF mit integrierten Fassadenbeleuchtungssystemen und PV-Elementen realisiert..

Technology Implementation Plan

Wie kann ein Planer diese Technologie in einem Gebäude einplanen?

Vom gesamten Energieverbrauch eines Gebäudes von der Errichtung bis zum Abriss entfallen lediglich etwa 15 % auf die eigentlichen Konstruktion während 80% für den Betrieb benötigt werden. Daher ist – abgesehen vom äußeren Erscheinungsbild – die bedeutendste Frage jene nach den Leistungsanforderungen. Diese müssen so früh wie möglich im Planungsprozess von allen Beteiligten in Zusammenarbeit mit dem Eigentümer und, wenn möglich, den Nutzern festgelegt werden. Der Planungsprozess sollte von einem

hochqualifizierten Expertenteam abgewickelt werden. Insbesondere im Falle von vorgefertigter / elementierter Bauweise ist ein erhöhter Planungsaufwand zu berücksichtigen.

Der Standort bestimmt die Orientierung und Form des Gebäudes ebenso wie die Wahl der Fassade und der entsprechenden Technologie – so kann eine Doppelfassade in unmittelbarer Nähe zu einer Autobahn oder lärmenden Industrie als effektiver Lärmdämpfer wirken und ein komfortables Innenklima schaffen.

Vom Standpunkt des Energieverbrauches gibt es keinen Grund, für verschiedene Orientierungen identische Fassaden vorzusehen. Im Gegenteil: die Südfassade ist prädestiniert für die Gewinnung von solarer Wärme z.B. über Solarpaneele und eine Doppelfassade kann zum Schutz für diese sowie Verschattungseinrichtungen bzw. als Kollektor für Wärmeenergie dienen. Demgegenüber kann die Nordfassade ein traditionelleres Erscheinungsbild mit kleineren Fenstern und einem höheren Dämmniveau aufweisen. Damit wird die Architektur mehr der Umwelt und dem Standort angepasst.

Nicht zuletzt ist eine sorgfältige Fein-Einstellung nach Fertigstellung und ständige Überwachung der Leistungsfähigkeit im Betrieb notwendig.

Was muss beim Einbau einer Glas-Doppelfassade berücksichtigt werden?

In Mitteleuropa sollte das Fassadenkonzept primär auf die sommerlichen Gegebenheiten abgestimmt werden, was die Reduktion der Verglasungsbereiche und die Minimierung der inneren Wärmegewinne bedeutet. Erst in zweiter Linie sollte die Fassade auf mögliche Wärmegewinne im Winter optimiert werden. Weiters sollten Eckräume mit zwei GDF vermeiden werden, da dies in den meisten Fällen zusätzlichen Heiz- bzw. Kühlbedarf bedeutet.

Insbesondere für Gebäude mit GlasDoppelfassaden wird die Fixierung von Leistungsanforderungen für Gebäude und Fassade zu einem ehest möglichen Planungszeitpunkt dringend empfohlen. Diese ermöglichen eine flexiblere Annäherung an die Fassade sowie die Gestaltung und den Betrieb des Gebäudes indem Leistungsziele vereinbart werden, die eingehalten werden müssen um die gewünschte Performance des Fassadensystems und des Gebäudes zu gewährleisten. Zudem erleichtert diese Annäherung die Realisierung innovativer Systeme.

Leistungsanforderungen müssen messbar, vorhersehbar und technisch fundiert sein und sollten auf drei verschiedenen Ebenen angewendet werden:

A. Gebäude-Anforderungen

Energieverbrauch, HLK-Strategie, Errichtungs- und Betriebskosten, Lärmpegel, Ästhetik (vom Kunden und / oder Nutzer festzulegen)

B. Fassadensystem-Anforderungen:

Energieverbrauch, Wartung, thermische und optische Behaglichkeit (PMV: Predicted Mean Vote, PPD :

Percentage of Persons Dissatisfied) uftqualität, Geräuschpegel, Tageslichtqualität, Luftfeuchtigkeit, Ausmaß der Nutzerkontrollmöglichkeiten (vom Kunden und / oder Nutzer und dem Planer festzulegen)

C. Bauteil-Anforderungen

Auftragsvergabe, Betrieb, Wartung und Rückbau z.B. der Verglasung: U- bzw. g-Wert in Verbindung mit automatischen Verschattungseinrichtungen, Tageslichtquotient, Oberflächentemperaturen (vom Planer festzulegen).

Simulationsmethoden

Trotz der Schwierigkeiten, adäquate Randbedingungen zu definieren, stellen Simulationsberechnungen die einzige Möglichkeit dar, den jährlichen Energieverbrauch eines Gebäudes mit einer belüfteten Glas-Doppelfassade abzuschätzen und den Einfluss verschiedener Steuerungssysteme und –strategien auf die Gebäudeperformance zu bewerten. Simulationswerkzeuge sollten während aller Phasen eines Projektes, wie Vorentwurf, Entwurf, Herstellung und Betrieb, zum Einsatz kommen.

Welche Informationen und Rahmenbedingungen werden dazu benötigt?

Nach [Brunner et.al. 2001] werden neben dem verfügbaren Budget und der geplanten ästhetischen Erscheinung acht entscheidende Einflussgebiete für hoch verglaste Gebäude angeführt:

- 1. Randbedingungen:** Größe (von Gebäude und Räumen) / Orientierung, Nutzung (angenommenes Tätigkeitsniveau, Personenanzahl, Anzahl der Betriebsstunden, Anwesenheitszeiten), Außenklima (Windlasten, Lärm- und Einstrahlungsintensitäten, ...), Material der äußeren und inneren Schale (z.B. Haltbarkeit, Wartungsaufwand), rechtliche Grundlagen (z.B. hinsichtlich Brandschutz).
- 2. Komfort:** Glasflächenanteil, Tageslichtqualität, PMV / PPD, max. Temperatur und Luftfeuchte, Strahlungs-asymetrie, automatische Steuerung mit oder ohne manuelle Eingriffsmöglichkeit
- 3. Interne Gewinne:** Geräte, künstliche Beleuchtung, Personen
- 4. Lüftung / Kühlung:** Luftqualität, Abfuhr der internen Lasten
- 5. Energie:** HLK-Strategie (Heizung, Wärmerückgewinnung, Kühlung, ..)
- 6. Speichermassen:** Boden, Decke, Wände, Möblierung
- 7. Sonnenschutz:** Art, Lage, Material, Betrieb, Steuerung

8. Verglasung: Glasflächenanteil, U- bzw. g-Wert ohne und mit Verschattung, Oberflächentemperaturen, Tageslichtdurchlassgrad.

Gesetzgebung

Obwohl es noch keine spezifische Gesetzgebung zu GlasDoppelFassaden gibt können einige Normen und Richtlinien zur Annäherung dienen.

Welche Interaktionen mit anderen Planern sind erforderlich und zu welchem Stadium im Projekt?

Bei GDF erhält der Bedarf nach einem ganzheitlichen Planungsansatz und der Zusammenarbeit zwischen den Partnern im Planungsprozess eine größere Bedeutung als bei einem traditionellen Gebäudesystem, wo die Fassade üblicherweise als passiver Teil des Gebäudes fungiert. Diese Teamarbeit zwischen Architekten, Ingenieuren, Kunden und Nutzern ist bereits in einem sehr frühen Projektstadium erforderlich. Da meist gegenläufige Anforderungen an die Eigenschaften von GDF gestellt werden ist ein iterativer Planungsprozess mit exakt definierten Schnittstellen erforderlich. Um ein GDF-Gebäude mit vernünftigem Energieverbrauch und gutem thermischen wie visuellem Komfort zu erreichen, sind während des Bauprozesses folgende Maßnahmen erforderlich:

- ▶ Energieverbrauch und ökologische Erfordernisse sind als Leistungsanforderungen bereits im Bauvertrag skizziert.
- ▶ Es gibt einen Energie- und Ökologiekoordinator von der Vertragsphase über die Errichtung bis etwa ein Jahr Betrieb des Gebäudes
- ▶ Energie- und Innenraumklimatische Simulationsberechnungen werden bereits in der Vertragsphase durchgeführt und im Zuge des Bauprozesses verfeinert
- ▶ Ein Qualitäts- und Ökologieleitprogramm mit Leistungsanforderungen wird bereits in der Vertragsphase ausgearbeitet und im Zuge des Bauprozesses verfeinert
- ▶ Gute Kooperation zwischen Architektur-, HLK-, Statik-, Elektro-, und Bauphysikplanern zur Sicherstellung eines gut funktionierenden Systems
- ▶ Aufbau eines Netzwerkes von Energie- und Klimaspezialisten und Designern
- ▶ Gute Zusammenarbeit zwischen Kunde, Planern und Auftragnehmern
- ▶ Aufstellung einer Analyse der Lebenszykluskosten um die Favorisierung der reinen Errichtungs- bei Vernachlässigung der Betriebs-, Instandhaltungs- und Energiekosten zu vermeiden.

Bereitstellung einer Gebäude-Bedienungsanleitung für die Nutzer und die Kalkulierung einer zumindest einjährigen Phase der Einregulierung der Gebäudetechnik.

Marktsituation von GDF

Waren GlasDoppelFassaden bislang gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an Prototypen und der Tatsache, dass sie eher aus architektonischer denn aus der Sicht des Ingenieurs geplant wurden, so ist nicht zuletzt infolge der Implementierung der EU-Gebäuderichtlinie und der damit verbundenen Notwendigkeit des Nachweises des Energieverbrauchs aber auch infolge zahlreicher Beschwerden hinsichtlich Behaglichkeit eine deutliche Tendenz zu durchdachten Systemlösungen festzustellen. Dabei spielen neben der rasanten Weiterentwicklung der Komponenten gesteigerte Rechnerkapazitäten und die Verfeinerung der Berechnungsmodelle eine bedeutende Rolle. Nicht zuletzt wird von der bevorstehenden Implementierung internationaler Standards eine wichtige Steuerung des Marktes in Richtung Qualitätssicherung und damit auch Steigerung der Marktpräsenz erwartet.

Verlässlichkeit von GDF

Die Frage der Verlässlichkeit und Lebensdauer lässt sich nicht generell beantworten. Zu unterschiedlich sind die ausgeführten Fassadentypen, -systeme und -nutzungen. Das wohl herausragendste Beispiel für die Dauerhaftigkeit einer GDF stellt das Fabrikationsgebäude der Firma Steiff in Gingen / Brenz dar, welches - 1903 gebaut - rund 100 Jahre nahezu unverändert in Gebrauch war und nach einer Phase der Umstrukturierung als Museum weiter genutzt werden soll.

Aufgrund der oben erwähnten Tatsache, dass die meisten GlasDoppelFassaden bis vor kurzem eine Art Prototyp waren, wurden manchmal Schwierigkeiten mit nicht gesicherter Lebensdauer berichtet. Dies insbesondere im Hinblick auf Glashalterungen (wobei diese Probleme auch auf EGF zutreffen), mechanisch angetriebene Klappen oder Lamellen oder bestimmte Dichtstoffe infolge hoher Temperaturen im Fassadenzwischenraum. Infolge der Tiefe des Systems können größere Glasbereiche verschattet werden und damit das Risiko für Spannungen infolge unterschiedlicher Erwärmung der Glasflächen erhöhen. Komplexe Systeme erfordern ein höheres Niveau bei der Instandhaltung, komplizierte Systeme sind fehleranfälliger und benötigen höher qualifiziertes Personal in Verbindung mit einem größeren Ausmaß an Beobachtung. Auf der anderen Seite wird infolge ihrer Wetter geschützten Lage eine längere Lebensdauer von Verschattungseinrichtungen bzw. Photovoltaik- oder Solarthermie-Elementen erwartet.

Da GDF eine relativ junge Entwicklung darstellen, stehen noch keine wissenschaftlichen Vor-Ort-Langzeituntersuchungen einer größeren Gruppe von Fassaden zur Verfügung.

Die Verwendung seriennaher Komponenten verringert das Risiko unzureichender Leistungsfähigkeit erheblich. Heutzutage bieten einige Systemlieferanten eine Vielzahl an erprobten Profilen und Fassadensystemen an, so dass, außer bei sehr großen Projekten, wo eigene Systementwicklungen angebracht sein können, dringend empfohlen wird, davon Gebrauch zu machen. Unter der Voraussetzung, dass GlasDoppelFas-

saden richtig geplant werden, sollten keine gewichtigen Argumente dagegen sprechen.

Hindernisse für Markteinführung

Während Architekten GlasDoppelFassaden meist schätzen, ist ihr Ruf unter Ingenieuren, Gebäudeeigentümern und in der Bauindustrie nicht immer gut. Die Hauptunsicherheiten hängen mit der thermischen Performance, Komfortaspekten sowie höheren Herstellungs- und Instandhaltungskosten zusammen. Dies hat seine Ursache meist in der Tatsache, dass viele GDF hauptsächlich aus ästhetischen Gesichtspunkten anstelle von technologischen Erfordernissen geplant wurden.

Ein anderer Grund ist die Unkenntnis von Gesetzen und Richtlinien die sich auf GDF anwenden lassen wie z.B. EN 13830:2003 oder prEN 13119:2006 die Eigenschaften von Vorhangfassaden beschreiben und Informationen zu den verschiedenen Leistungsanforderungen bereit stellen. Allerdings fehlt nach wie vor eine speziell auf GDF abgestimmte Gesetzgebung.

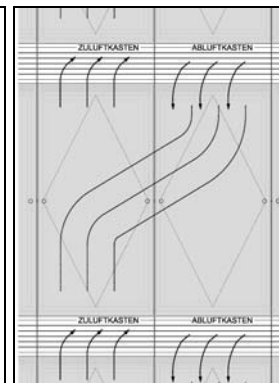
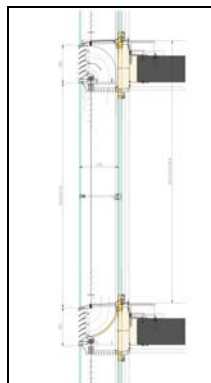
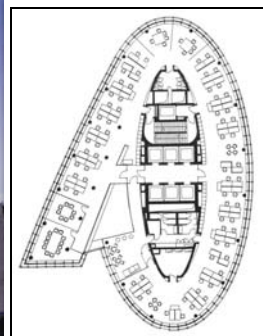
Weiters ist die Auswahl geeigneter Simulationswerkzeuge zur Vorhersage des Energieverbrauchs auf Gebäudeniveau verglichen mit jenem unter Verwendung von konventionellen Glasfassaden relativ schwierig. Zudem gibt es zur Zeit noch keine verlässliche Dokumentation von Best-Practice Beispielen.

Die bereits erwähnte Tatsache, dass der Fassadenzwischenraum von GDF in den meisten Ländern zur Geschossflächenzahl gerechnet wird und so die vermietbare Fläche reduziert, kann ein bedeutsames wirtschaftliches Hindernis darstellen.

Beispiele

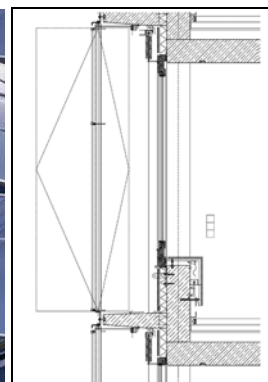
► Uniqua Tower, Wien

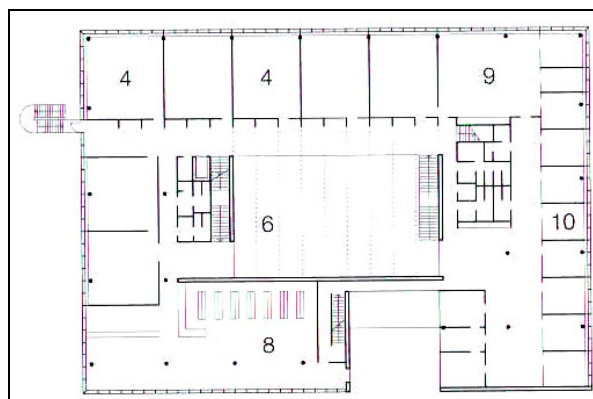
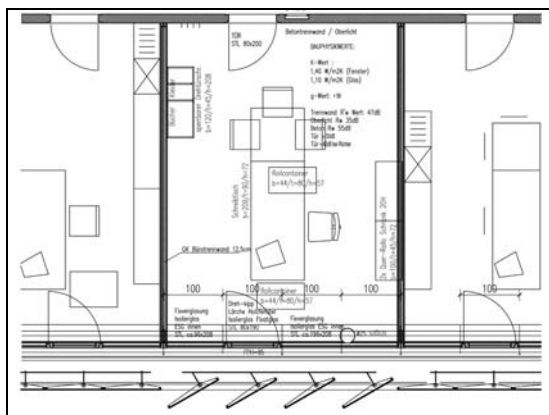
Höhe 21 Geschosse / 75 m, Korridorfassade, 50 cm Fassadenzwischenraum, alle Fassaden mit GDF ausgestattet, Fertigstellung Juni 2004, Bruttogeschossfläche 38.500 (NGF 31.244) m², Bruttovolumen 140.000 m³, Elementbauweise, "open space"-Büros / Fitness Centre / Bankfiliale / Café / Restaurant / Veranstaltungszentrum, öffentbare Fenstertüren, Einblasung gekühlter und getrockneter Luft bei Erreichen von 22°, zusätzliche Deckenkühlung, Tageslichtumlenkung in Verbindung mit automatisierten und perforierten hoch reflektierenden Jalousien, zusätzlicher Blendschutz von unten nach oben (auch gegen Höhenangst).



► Justizzentrum, Leoben

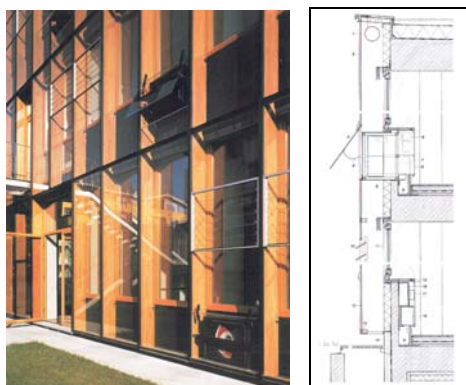
Höhe 3- 5 Geschosse / 21 m, Fertigstellung Nov. 2004, Bruttogeschossfläche 13.139 m², 70 cm Fassadenzwischenraum, Korridor-Klappen-Fassade mit vertikalen, drehbaren Glaselementen und hölzernen, automatisierten Jalousien, alle Fassaden mit GDF ausgestattet, Konventionelle Bauweise (keine Vorfertigung), hölzerne innere Fassade mit öffentbaren Fenstern, aus Brandschutzgründen Wartungsgang aus Stahlbeton, Heizkörper vor den Fensterbrüstungen, kein Kühlsystem.





► Fachhochschule, Kufstein

Höhe 3 Geschosse / 11 m, Schachtfassade, 30 cm Fassadenzwischenraum, Bruttogeschossfläche 7800 m², Fertigstellung 2001, radiators air heating / cooling, alle Fassaden mit GDF ausgestattet, Vorlesungsräume voll verglast mit öffenbaren Fenstertüren und mechanischem Lüftungssystem mit Be- und Entfeuchtung und Wärmerückgewinnung unter Überbrückung des Fassadenzwischenraumes, Büros mit Fensterbrüstungen und Fensterlüftung über den Fassadenzwischenraum und gegenüber liegende Klappen in der äußeren Schale, zusätzliche Entlüftungskanäle am oberen Ende des Fassadenzwischenraumes.



Kontakt und weitere Informationen

Gerhard Hofer, Österreichische Energieagentur

Gerhard.hofer@energyagency.at

Prof. Dr. Wolfgang Streicher, Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz

w.streicher@tugraz.at

www.bestfacade.com

Date of release of this Technology Profile:

June 2007; update: October 2007

ProEcoPolyNet is a **Network** for the **Promotion** of RTD results in the field of **Eco**-building technologies, small **Poly**-generation and renewable heating and cooling technologies for buildings.

The Consortium consists of the following partners.



The ProEcoPolyNet project is supported by



The sole responsibility for the content of this sheets lies with the authors. It does not necessary reflect the opinion of the European Community. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.