

Energiesparendes Fassadensystem im Langzeittest:

Erwartungen voll und ganz erfüllt

Das Solarzentrum in Frankfurt/Oder besitzt eine Gebäudehülle, die den Energieverbrauch für Beheizung und Beleuchtung, gegenüber herkömmlichen Verwaltungsgebäuden, halbiert. Zusätzlich ermöglicht die Fassade in den Büros durch ein Tageslichtlenkungssystem kontrastarmes und blendfreies Arbeiten und gewährleistet eine hohe thermische Behaglichkeit in den Arbeitsräumen.

Das Wohlbefinden des Menschen am Arbeitsplatz ist für seine Leistung mitentscheidend. Diese hängt von äußeren Faktoren ab, wie beispielsweise ganzjährig angenehme Temperaturen, gute Luftqualität, blendfreies und möglichst natürliches Licht sowie Schutz vor Lärm. Solche Kriterien wurden bei den Planungen für Nichtwohngebäude bisher wenig berücksichtigt. Gegenüber Wohngebäuden haben Bürogebäude mit einem optimalen Wärmeschutz zusätzlich ein

sehr hohes Einsparpotential beim Energieverbrauch für Beleuchtung und Klimatisierung.

Die Planungen für das Solarzentrum in Frankfurt/Oder hatten zum Ziel, ein Gebäude zu realisieren, das neben einem geringen Energiebedarf ganzjährig angenehme Arbeitsbedingungen bietet. Die Kosten für Beleuchtung und Wärmeversorgung sollten gegenüber einem konventionellen Bürogebäude halbiert werden. Entstanden ist ein energetisch optimiertes Gebäude mit einem modular aufgebauten Fassadensystem, das neben den Funktionen einer Außenwand mit Fenster eine optimale Tageslicht- sowie Frischluftversorgung garantiert. Eine zusätzliche Klimaanlage bzw. zentrale Lüftung ist nicht vorhanden. Der Eintrag thermischer Lasten über die Fassade wird reduziert, Wärmerückgewinnung (WRG) und eine freie Nachtlüftung sorgen für angenehme Temperaturen im Gebäude. Jeder Raum wird dezentral gesteuert, so daß individuelle Bedürfnisse optimal berücksichtigt werden können. Das

modular aufgebaute System kann mit einem thermischen Luftkollektor und einer Photovoltaikanlage erweitert werden, wodurch die Wärmeversorgung im Winter unterstützt und der elektrische Energieverbrauch reduziert wird. Umfangreiche Messungen in zwei Büroräumen, einem konventionellen Raum und einem mit Fassadenmodul, sollen die Effektivität des Systems darstellen. Auf Basis der im Solarzentrum gebauten und vermessenen Fassadenmodule wurden Weiterentwicklungen vorgenommen.

Ziel ist ein marktreifes System in Pfosten-Riegel-Konstruktion. Diese Bauweise ermöglicht eine individuelle und objektbezogene Anpassung für jede Fassade. Unterstützt wurden die Arbeiten im Rahmen des Förderkonzeptes „SolarBau“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Demonstrationsgebäude

Das Gebäude besteht aus drei Vollgeschossen: Im UG befinden sich Labore für Forschungsarbeiten, im EG und OG liegen Büroräume, die entlang der Süd-, West- und Nordfassade angeordnet sind. Hiervon sind die Räume der Südseite mit dem Fassadensystem ausgestattet, das wesentliche Funktionen der Haustechnik, etwa Lüftung und Kühlung im Sommer sowie Heizung im Winter übernimmt. Die Grundlast der Wärmeversorgung übernimmt eine Wärmepumpe, der ein Erdsondenfeld als Wärmequelle dient. Im Sommer kann der Heizkreislauf als Kühlkreislauf genutzt werden. Dann dient das Erdsondenfeld als Kältequelle und gleichfalls als Speicher für solare Überschüsse und Abwärme. EG und OG werden dezentral über das Fassadensystem mit integrierter WRG und Zulufttemperierung be- und entlüftet.



Bild 1: Modulares Fassadensystem an der Südseite des Solarzentrum in Frankfurt/Oder

Synergiefassade

Die Fassade soll das solare Angebot nutzen und angenehme Arbeitsbedingungen unterstützen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, übernimmt das Fassadensystem neben der Funktion Gebäudehülle ebenfalls Aufgaben der Haustechnik.

Die Fenster sind mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet. Über den Fenstern ist ein starres Tageslichtlenkungssystem angeordnet. Kunstlicht wird, gesteuert über eine Präsenzschtaltung, nur bei tatsächlichem Bedarf zugeschaltet. In den Brüstungsbereich der Fassade sind thermische Luftkollektoren und eine Photovoltaikanlage integriert. Dahinter befindet sich ein Heiz-, Kühl-, Lüftungsgerät mit Wärmetauscher. Das Gerät ist über einen Verbindungskanal mit dem aktiv durchströmten Scheibenzwischenraum des Fensters (Spalt zwischen Zusatzscheibe und Wärmeschutzverglasung) verbunden. Im Winter wird die Zuluft über den Luftkollektor vorgewärmt und dem Wärmetauscher zugeführt. Dort erfolgt eine weitere Temperaturerhöhung unter Abgabe der Wärmeenergie der verbrauchten Raumluft.

Anschließend gelangt die nun bereits vorgewärmte Außenluft über einen Konvektionsheizkörper in den Raum (Bild 3). Der Raum wird somit gleichzeitig mit frischer Luft versorgt und beheizt. An sonnigen Tagen sind der Ertrag der Kollektoren und die WRG für die Beheizung des Raumes ausreichend.

Nutzung des Gebäudes:	seit Februar 1998
Nutzfläche nach DIN 277:	1.027 m ²
Bruttogrundfläche nach DIN 277:	1.682 m ²
A/V-Verhältnis:	0,4 m ¹
Heizwärmeverbrauch Okt.99 – Sept.00:	58 kWh/m ² a
Energieverbrauch: Beleuchtung und Bürotechnik Okt.99 – Sept.00:	12,5 kWh/m ² a
Leistung Wärmepumpe max.:	45 kW
Leistung Brennkessel:	80 kW
U-Werte:	
■ Außenwände	0,23 W/m ² K
■ Geschossdecke gegen Erdreich	0,31 W/m ² K
■ Dach	0,20 W/m ² K
■ Atrium	1,5 W/m ² K
■ Tageslichtlenkung	1,9 W/m ² K
■ Fenster	1,4 W/m ² K

Bild 2: Gebäudekenndaten

Über den Scheibenzwischenraum wird die verbrauchte Raumluft nach außen geführt. Die Photovoltaikanlage liefert im Jahresmittel den Energiebedarf für die Ventilatoren der Lüftung. Über eine Sommer-Winter-Schaltung werden im Sommer die Kollektoren abgeschaltet. Die warme Außenluft trifft direkt auf den Wärmetauscher und wird dort über die kältere Raumluft gekühlt. An sehr warmen Tagen fließt durch den Heizkörper kaltes Wasser aus dem Erdsondenfeld. Der Heizkreislauf wird zum Kühlkreislauf. Als Kältequelle dient das Erdreich.

Weiterentwicklung der Energiefassade

Auf Basis der im Solarzentrum getesteten Fassade wird das System weiterentwickelt und verbessert. Ziel ist ein modulares Baukastensystem, das mit geringem Aufwand eine individuelle und objektbezogene Ausführung erlaubt.

Folgende Änderungen wurden vorgenommen und getestet:

- Ausführung als Pfosten-Riegel-Konstruktion. Es hat sich bei der gebauten Fassade gezeigt, daß der Einsatz industriell vorgefertigter Module eine wichtige Voraussetzung zur Kostensoptimierung und Qualitätssicherung ist.
- Der Sonnenschutz wird in den durchströmten Scheibenzwischenraum integriert, und ist somit keinen Witterungseinflüssen ausgesetzt.
- Luftkollektor und Photovoltaikanlage sind eine optionale, gesondert vorgefertigte Baugruppe.
- Alternativ zu Jalousien werden elektrochrome Gläser eingesetzt.
- Die opake Dämmung kann wahlweise durch eine Vakuumisolation ersetzt werden.

Ergebnisse aus den Meßreihen

Fassadensystem

Für die Bewertung der Fassade wird ein ganzjähriges Meßprogramm abgearbeitet. Zu Vergleichszwecken wurde ein Büroraum hinter der Fassade um-

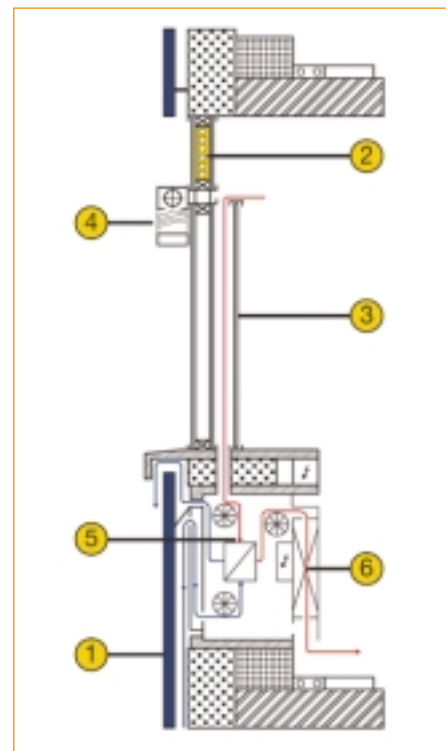
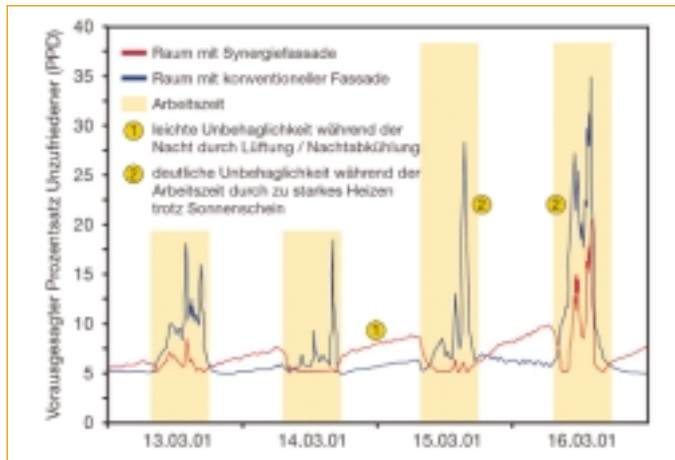


Bild 3: Fassadenschnitt mit Luftführung (Winterbetrieb), Photovoltaik/Luftkollektor (1), Tageslicht-Lenkssystem (2), Sichtfenster/Abluftverbundfenster (3), Sonnenschutzanlage (4), Lüftungsgerät mit WRG (5), Heiz-/Kühlkörper (6)

gebaut, so daß er einem konventionellen Raum entspricht. In allen Räumen sind Sensoren installiert, die die Anwesenheit sowie die Beleuchtungsstärke in der Arbeitsebene messen, so daß Kunstlicht nur bei Unterschreiten der Mindestbeleuchtungsstärke und Anwesenheit zugeschaltet wird. Ebenso erfolgt die Regulierung der Wärmezufuhr.

Um eine Bewertung der Effekte der Synergiefassade zu ermöglichen, werden u. a. die Temperatur der Raumluft, der Zuluft, der Abluft, der Außenluft, der Kollektoren sowie der Heizwärmeverbrauch mittels Wärmemengenzähler, der Energieverbrauch für Beleuchtung sowie die Beleuchtungsstärke gemessen. Von Februar bis Juni wurden in beiden Räumen Messungen zur thermischen Behaglichkeit durchgeführt. Erste Ergebnisse und Tendenzen sind abzuleiten und werden hier vorgestellt.

Bild 4:
Thermische
Behaglichkeit



Thermische Behaglichkeit PPD

Bild 4 zeigt die PPD-Werte für beide Räume an vier aufeinander folgenden Wintertagen. Die Tage waren überwiegend sonnig – die Jalousien deshalb geschlossen. Der äußere Einfluß auf die Raumkonditionen ist dadurch relativ gering. Die Messungen bestätigen, daß während der Arbeitszeit der PPD im Raum mit Synergiefassade deutlich besser ist. Erkennbar ist eine Verschlechterung des PPD-Wertes im Raum mit Synergiefassade außerhalb der Arbeitszeit. Das ist unkritisch und hat seine Ursache im Regelregime: Die Raumtemperatur wird während der Nacht zur Energieeinsparung abgesenkt, der PPD steigt. Die ermittelten Ergebnisse bestätigen die Funktion des Fassadensystems.

Kumulierter Wärmeverbrauch

Die Ergebnisse zum kumulierten Wärmeverbrauch können nur als Tendenz betrachtet werden, da die thermische Kopplung der Räume mit dem Gebäude einen nicht eindeutig quantifizierbaren Einfluß auf das Ergebnis hat (Bild 5).

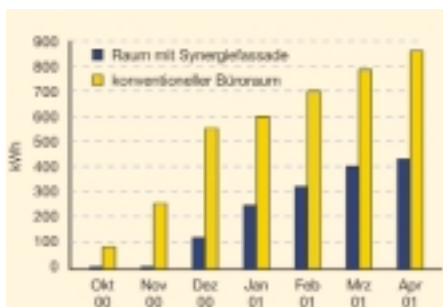


Bild 5: Kumulierter Wärmeverbrauch

Weitere Einflußfaktoren sind der Schaltzustand der Jalousien, der Lüftung und die Abwärme der Computer sowie die tatsächlich anwesenden Personen. In der Summe gilt: Der Raum mit Synergiefassade hat einen geringeren Heizwärmeverbrauch und die Heizperiode beginnt später.

Energieverbrauch der Beleuchtung

Die ermittelten Werte für beide Räume sind überdurchschnittlich gering, insbesondere der Wert für den Raum mit Synergiefassade (Bild 6).

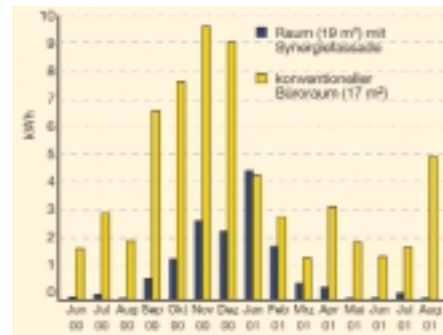


Bild 6: Energieverbrauch für die Beleuchtung

Hier zeigt sich der Einfluß der Tageslichtlenkung und der Präsenzschtaltung. Bei der Bewertung der Ergebnisse muß die direkte Ausrichtung der Räume nach Süden und die tatsächliche, tägliche Belegungszeit mit durchschnittlich < 5 h (Synergiefassade) bzw. < 6 h (konventioneller Raum) berücksichtigt werden.

Passys-Test

Die weiterentwickelten Fassadenmodule werden auf dem Testfeld der BTU Cottbus mittels eines Passys-Tests untersucht. Der europaweit bewährte Passys-Test, der die Bestimmung von U- und g-Werten unter natürlichen Außenklimabedingungen an geschobenen Fassaden erlaubt, wurde in diesem Projekt durch Sensoren zur Messung der thermischen Behaglichkeit und der Lichtverhältnisse ergänzt. Deutlich erweitert wurden die Auswerteverfahren, um aktive und luftdurchströmte Fassaden bewerten zu können. Die nachfolgenden Grafiken beziehen sich auf Aussagen zur Weiterentwicklung des Systems als Pfosten-Riegel-Konstruktion.

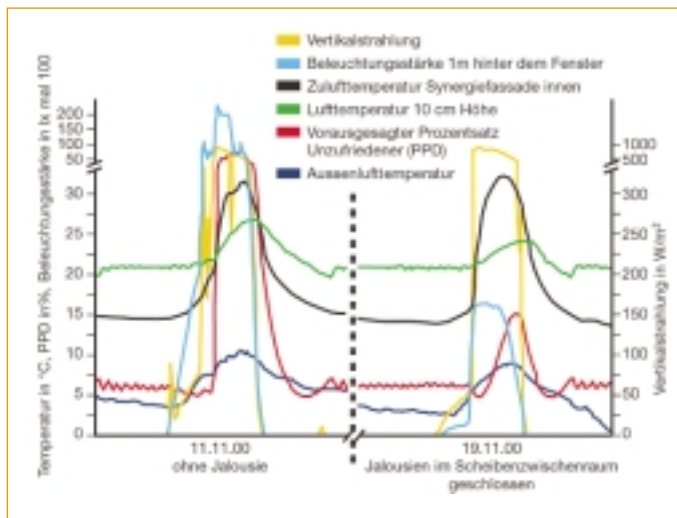
Die Messung der thermischen Behaglichkeit PPD zeigt, daß bei geschlossener Jalousie und starker Sonneneinstrahlung der PPD nicht über 15 % steigt. Die Beleuchtungsstärke ist ausreichend. Wird der Sonnenschutz geöffnet, erhöht sich der PPD auf über 80 % und zeigt deutlich die ungünstigeren Raumkonditionen an (Bild 7).

Die Meßergebnisse zur Beleuchtungsstärke bei geschlossenen Jalousien und Sonneneinstrahlung zeigen, daß bis zu einer Raumtiefe von drei Metern durchschnittlich 500 lx herrschen, die für Tätigkeiten am Schreibtisch ausreichen. An strahlungsarmen Tagen ist die Beleuchtung bei geschlossener Jalousie mit ca. 80 lx zu niedrig. Eine Lösungsmöglichkeit sind die zur Zeit getesteten elektrochromen Gläser, für die eine einstrahlungsabhängige Ansteuerung vorgesehen werden kann. Durch ihre automatische, stufenlose und lautlose Einstellung des Lichttransmissionsgrades im

Thermische Behaglichkeit PPD

Die Thermische Behaglichkeit kann nach ISO 7730 aus der Lufttemperatur, der Strahlungstemperatur, der Luftgeschwindigkeit, der Luftfeuchte, dem Bekleidungsgrad und dem Aktivitätsgrad berechnet werden. Daraus ergibt sich der „vorausgesagte Prozentsatz Unzufriedener = Predicted percentage of dissatisfied“ (PPD), der statistisch gesehen immer größer als 5 % ist.

Bild 7:
Thermische
Behaglichkeit der
Passys-Zelle mit
Synergiefassade



Bereich von 50 % bis 15 % werden hinter Südfenstern natürlich beleuchtete und blendreduzierte Arbeitsplätze erwartet. Erste Ergebnisse werden im Januar 2002 vorliegen.

Nutzererfahrungen

Die Nutzer der Räume mit Synergiefassade sind mit den Arbeitsbedingungen sehr zufrieden. Im Sommer kommt es trotz hoher Außentemperaturen und starker Sonneneinstrahlung bei richtiger Nutzung des Systems zu keiner Überhitzung der Büroräume. Die Beleuchtungsverhältnisse bei Sonnenschein und dann geschlossener Jalousie werden als angenehm und ausreichend empfunden. Positiv bewertet wird ebenfalls, daß der Sonnenschutz morgens bei hoher Einstrahlung automatisch schließt.

Ergebnisse

Nach einer vorläufigen Auswertung der Ergebnisse erfüllt das entwickelte Gebäudekonzept mit dem modularen Fassadensystem die in die Technik gesetzten Erwartungen. Der Heizwärmeverbrauch des Gebäudes inklusive Lüftungswärmebedarf für den technologischen Bereich (Luftwechsel = 4h⁻¹) beträgt ca. 58 kWh/m²a. Mit dem Gesamtkonzept werden die Anforderungen der neuen Energieeinsparverordnung (EnEV) erfüllt.

Der Energieverbrauch für Beleuchtung und Bürotechnik konnte mit 12,5 kWh/m²a gegenüber einem konventionellen Bürogebäude mehr als halbiert werden. Die Energiekosten für Beheizung sowie Beleuchtung und Bürotechnik lagen im Abrechnungszeitraum 1999/2000 bei insgesamt 8,68 DM/m²a.

Die Ergebnisse zur thermischen Behaglichkeit und die Aussagen von Nutzern bescheinigen den Büroräumen ein angenehmes Raumklima. Es zeigt sich jedoch, daß das Nutzerverhalten einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Energieverbräuche und die Effizienz des Systems hat. Durch die individuellen Eingriffsmöglichkeiten der Nutzer, z. B. Öffnen der Jalousie und/oder der Fenster bei sehr warmem Wetter kann es zu unbehaglichen, durch das System nicht (mehr) kompensierbaren Raumzuständen kommen. In der Heizperiode gemessene, mittlere Raumtemperaturen von bis zu 26 °C weisen auf weitere Einsparpotentiale hin.

Einzelne Probleme in der Planung und Fehler in der Ausführung (Heizleistung, Dichtheit der Gebäudehülle, Wärmebrücken) werden über ein angepaßtes Regelregime kompensiert. Sie verhindern ein noch besseres Gesamtergebnis. Die Probleme konnten teilweise erst durch das laufende Meßprogramm erfaßt und analysiert werden. Sie lassen den Schluß zu, daß bei energieeffizienten Gebäuden neben einer detaillierten Planung und exakten Bauausführung eine Objektbetreuung im Sinne einer Erfolgskontrolle wünschenswert wäre. Die Testreihen in der Passys-Zelle zeigen, daß das weiterentwickelte Fassadensystem in Pfosten-Riegel-Bauweise einsatzbereit ist und die in das System gesetzten Erwartungen erfüllen kann. Zur Zeit werden in der Passys-Zelle Fassadenmodule mit elektrochromen Gläsern und Vakuumdämmpaneelen untersucht. Für diese Varianten werden weitere Effizienz- und Komfortsteigerungen erwartet. □

Literatur

- [1] Berger, U.: Erweiterter Passys-Fassadentest der Synergiefassade des FEZ FFO auf dem Testfeld der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus (BTU Cottbus). BMWi-Projekt: SolarBau TK1: Weiterentwicklung einer Synergiefassade für Büro- und Verwaltungsgebäude mit integriertem Tageslichtsystem und kontrollierter Lüftung. FKZ 0327232A. Institut für Solartechnologien (IST) GmbH, Frankfurt/Oder (Hrsg.), 2001. 22 S.
- [2] Saisonale Speicherung von Solarenergie – Innovative Gebäudekonzepte. In: Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V. (FEE), Berlin (Hrsg.): Tagungsband Innovationen bei solarthermischen Anlagen. Anwenderseminar 21. Juni 2001 im Technologieorientierten Gründerzentrum in Glaubitz. 2001

BINE Informationsdienst
53129 Bonn
Tel. (02 28) 92 37 90
bine@fiz-karlsruhe.de