



Abb.5: Energy Campus

Praxisbeispiel: Energy Campus

Der Energy Campus von Stiebel Eltron ist das bundesweit erste Forschungs- und Schulungszentrum für Energie-Plus-Gebäude (siehe Abbildungen 5 und 6). Auf einer Fläche von rund 3.000 m² werden hier Energieversorgungssysteme der Zukunft, diverse innovative Komponenten und Systeme in mehreren Praxisräumen unter realen Bedingungen erlebbar gemacht. Zwei Wasser-Wasser-Wärmepumpen, WPF27 (HT/Hochtemperatur) und WPF66 (NT/Niedertemperatur), die aus dem Grundwasser gespeist werden, beliefern das Gebäude mit 130 kW Heiz- und 125 kW Kühlenergie. Die im Schulungsbetrieb eingesetzten 16 Wärmepumpen sind integraler Bestandteil des Energiekonzepts und leisten ebenfalls ihren Beitrag zum Heizen und Kühlen des Campus. Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach und an der Südfassade mit einer Gesamtleistung von etwa 120 kWp versorgt das Gebäude mit Strom (siehe Abbildungen 7 und 8). Im Zentrum des Energiekonzepts steht das komplexe Zusammenspiel der beiden Wärmepumpen. Um die Qualität des Anlagenbetriebs zu überprüfen, wurden zunächst Spezifikationen der jeweils geplanten Anlagenfunktionen und der verschiedenen Betriebszustände erstellt, um im Anschluss daran die von der Automation bereitgestellten Messdaten zu importieren und mit den Sollwerten abzugleichen. Die automatisierten Analysen auf dem Prüfstand konnten zeigen, dass die Anlage nicht wie geplant lief. So war die Hochtemperatur-Wärmepumpe ständig im Betrieb und erzeugte eine große Wärmemenge, ohne den Pufferspeicher komplett zu laden. Durch die nachträgliche Installation von Rückschlagklappen im Rücklauf der Wärme-



Abb.6: Technikzentrale

pumpen und zwischen HT- und NT-Heizkreis ließ sich dieser Fehler korrigieren. Die anschließende Performance-Prüfung zeigte die erheblich verbesserte Betriebsqualität der HT-Wärmepumpe. Die Wärmeerzeugung wurde dadurch gleichmäßiger auf beide Wärmepumpen verlagert, und es wird ein deutlich höherer Gesamtwirkungsgrad erreicht. Umgerechnet bedeutete dies eine Kosteneinsparung von rund 6.400 Euro pro Jahr.

Die Methodik aktiver Funktionsbeschreibungen hat sich im Forschungsprojekt bei insgesamt sechs Gebäuden mit rund zwanzig geprüften Anlagen bewährt. Mit einem zweckmäßigen Qualitätsmanagement der Gebäudeautomation lässt sich die Performance von Anlagen in Bezug auf die Energieeffizienz, den Nutzerkomfort und die Lebensdauer von Gebäuden und Anlagen entscheidend verbessern. Damit diese Vorteile für Bauherren nutzbar gemacht werden können, müssen Sie in attraktive Dienstleistungskonzepte übertragen werden. Hierzu sind die Rahmenbedingungen hervorragend: Gerade hat der VDI seine neue Richtlinie 6041 „Technisches Monitoring“ vorgestellt. Die intelligente Konzeption des Digitalen Prüfstands ermöglicht nicht nur eine entsprechende Umsetzung, sondern auch eine fast vollständige Digitalisierung des gesamten Prüfprozesses. So waren die Prüfer zum Beispiel zu keinem Zeitpunkt vor Ort, da eine In-Situ-Inspektion der Anlagen nicht Teil des Prüfprozesses ist. Zudem wurde keinerlei zusätzliche Messtechnik installiert. So können erhebliche Produktivitätspotenziale im Vergleich zu einem konventionellen Monitoring gehoben werden: der Aufwand ist deutlich niedriger, die Aussage-

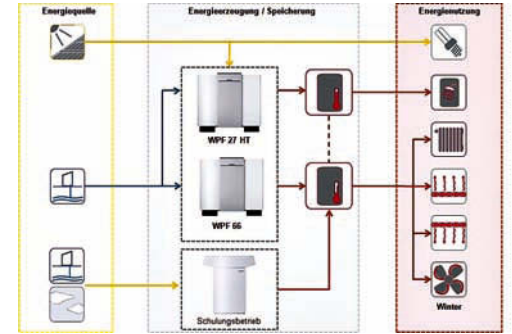


Abb. 7: Energiekonzept im Winterbetrieb

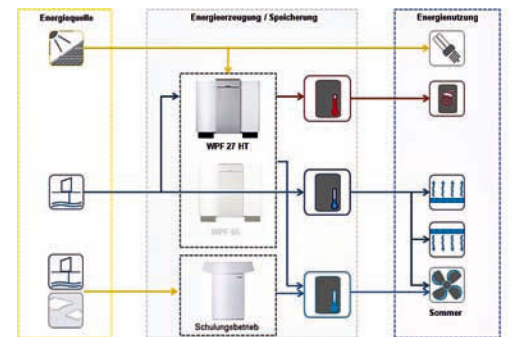


Abb. 8: Energiekonzept im Sommerbetrieb

kraft in Bezug auf Einsparpotenziale präziser, und die Bearbeitung liefert schon im Zuge der Inbetriebnahme wertvolle Ergebnisse. Funktionale Mängel können bereits vor der Abnahme festgestellt werden. Die mögliche Einsparung hängt neben der Qualität des Gebäudes auch vom Umfang der Prüfungen ab. Für die untersuchten Anlagen wurden Einsparpotenziale festgestellt, die in Bezug auf die Kosten der Qualitätsprüfungen Amortisationszeiten von unter einem Jahr und sehr niedrige Vermeidungskosten für den Verbrauch von Energie ermöglichen (Abbildung 9).

Autor

Dr.-Ing. Stefan Plesser, Institut für Gebäude- und Solartechnik, Technische Universität Braunschweig, www.synavision.de
www.tu-braunschweig.de/igs/forschung/specundcheck

Quellen

¹Siehe u.a. Mansson, Lars-Göran et al: IEA Annex 17: "Building Energy Management Systems – Evaluation and Emulation Techniques"; Fisch, M. N.; Plesser, S., et al.: „EVA - Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude“: (Gesamt-) Abschlussbericht. Braunschweig / Hannover, Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek, 2007; ² Plesser, Stefan: "Aktive Funktionsbeschreibungen zur Planung und Überwachung des Betriebs von Gebäude und Anlagen", Dissertation an der Technischen Universität Braunschweig, 2013; ³ VDI 3814-6:2008-07: „Gebäudeautomation – Grafische Darstellung von Steuerungsaufgaben“, VDI Düsseldorf, 2008, Seite 8

Energieaktive Gebäudehülle

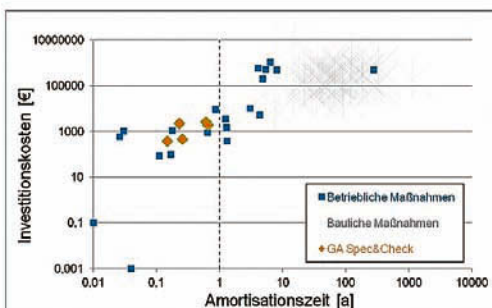
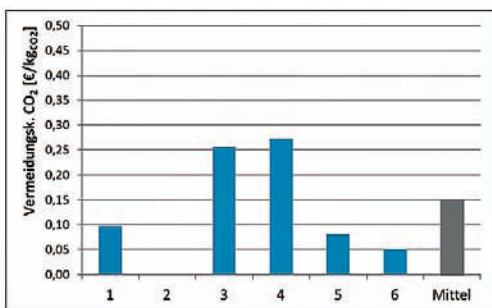
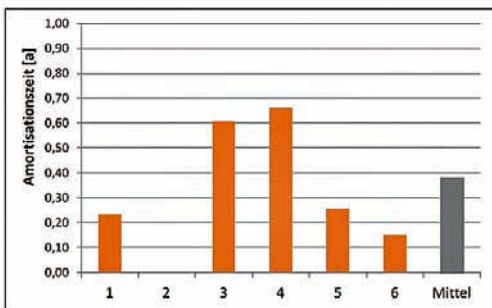
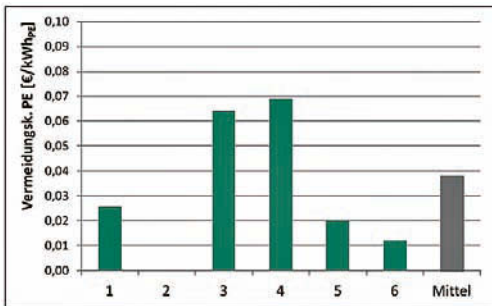


Abb. 9: Darstellung der Ergebnisse der technisch-wirtschaftlichen Evaluation: Die Qualitätssicherung ist selbst im Vergleich zu anderen hochwirtschaftlichen betrieblichen Maßnahmen besonders attraktiv.

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

www.forschungsinitiative.de/
forschung/projekte/1008187-
1437/

Das Projekt „GA Spec & Check“ Entwicklung und Erprobung einer Methodik zur Beschreibung, Abnahme und Überwachung von Funktionen der Gebäudeautomation“ wurde gefördert im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau.



Ansicht der Südfassade des Energy Campus. Die angewinkelten PV-Lamellen sind zur Sonne ausgerichtet, verbessern damit Sonnenschutz und Energieerzeugung.

Der Kurs für das jüngst eingeweihte Schulungs- und Kommunikationsgebäude der Firma Stiebel Eltron war von Anbeginn klar. Eine Platin-Auszeichnung nach DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) Kriterien war angestrebt. Der neue Energy Campus setzt mit der höchsten jemals erreichten Punktzahl in der Kategorie Bildungsbauten ein deutliches Ausrufezeichen. Fast in den Hintergrund rückt dabei, dass das Konzept als PLUS-Energiegebäude realisiert wurde. Es gewinnt im Mittel mehr an Energie, als es für den Betrieb benötigt. Das Kernelement der Wärme- und Kälteversorgung bildet die hauseigene Wärmepumpenanlage. Energieaktive und dynamische Bestandteile der smarten Gebäudehülle sind die fassadenintegrierte PV-Anlage auf der Südseite sowie die Sonnenstand geführte Großlamellenanlage auf der Gebäudeostseite. Beide Gewerke rücken bei der nachfolgenden Betrachtung in den Fokus.

Von Manfred Starlinger

Von Hötter aus Südosten kommend baut sich der Neubau mit seiner eleganten und smarten Südfassade unvermittelt vor dem Anreisenden auf. Die sonnenstandgeführte PV-Anlage, eingebettet in das Fassadenkonzept, zieht unmittelbar die Aufmerksamkeit auf sich, wartet sie doch mit einem Bündel an Spezialitäten auf. Gleichsam prägend zeigt sich die Großlamellenanlage auf der Ostfassade. Ebenfalls der Sonne folgend, managt sie nicht nur die hohen solaren Wärmelasten, sie sorgt auch für ein lebhaftes und abwechslungsreiches Fassadenbild. Die erste Kontaktaufnahme seitens der Bauherrenschaft und Architekten erfolgte im Frühjahr 2015.

Gemeinsam mit der Firma Hype Final Design, Spezialisten für architektonisch anspruchsvolle Sonnenschutzlösungen, machten sich Autor und Team an die Planung der beiden Gewerke. Schnell zeichnete sich ab, dass die planerischen Vorarbeiten hinsichtlich der Sonnenschutz- und PV-Anlage unzureichend waren und großes Potenzial zur Verbesserung boten. Auch diese beiden Anlagen waren dem strengen Diktat des umfangreichen DGNB-Kriterienkatalogs zu unterziehen. Neben einer strengen Materialenauswahl mit optimiertem Materialeinsatz, galt es unter anderem auf umweltfreundliche Beschichtungsarten und -methoden zu achten. Das DGNB-Zertifizierungssystem ist ein Klassifizierungssystem, das weit über die rein energetische und ökologische Bewertung hinausgeht. Der Ansatz ist ein ganzheitlicher und bezieht ökologische Qualität, ökonomische Qualität, soziokulturelle und funktionale Qualität, technische Qualität, Prozessqualität und Standortqualität in die Bewertung ein.

Südfassade: Aktives Energiemanagement

Nicht zu übersehen ist die in die Südfassade integrierte Photovoltaik-Lamellenanlage. Gleichsam schwebend über dem Wasserbecken, an 9 Meter hohen schlanken Stahlstützen befestigt, richtet sie ihre energetisch aktiven PV-Panels ständig zur Sonne aus. Ursprünglich als feststehende PV-Lamellenanlage konzipiert, konnten im Projektverlauf Bauherr und Planungsteam von den Vorteilen einer beweglichen Lösung überzeugt werden. Der zusätzliche Energieertrag von bis zu 18 Prozent ist hierbei nur eine Facette. Sorgen bereitete dem Bauherrn die zeitweise auftretende partielle Solarzellenverschattung.



Von unten kaum erkennbar. PV-Modul-Flachdachaufständerung, eingebettet in extensive Dachbegrünung, deckt einen großen Teil des elektrischen Energieverbrauchs.

tion, bedingt durch die schuppenförmige Anordnung feststehender Lamellen. Einfluss und Größenordnung dieses Effekts konnte, vom Autor in einer Verschattungssimulation aufgezeigt werden. Auch hier war der Lösungsansatz die Beweglichkeit, so dass mit einer cleveren Steuerung mittels Nachführkorrektur der Zellenverschattung, die zu überproportionalen Ertragseinbußen führt, begegnet werden kann. Ein weiteres Plus ist die Tageslichteinbringung bei bedecktem Himmel. Durch das Öffnen der Lamellen werden der Kantinenbereich im Erdgeschoss sowie die Meetingräume im Obergeschoss mit deutlich mehr Tageslicht geflutet. Am Ende überzeugte die Innovation einer sonnenstandgeführte PV-Anlage in der Fassade, die weithin als die Edelvariante regenerativer Energieerzeugung in Gebäuden gilt.

„Schattenbildung auf der Photovoltaik? Das geht gar nicht. Wir sind ein innovatives Technologieunternehmen und können und wollen uns solch technische Kompromisse nicht leisten!“ so Andreas Fumfél (Bauherrenvertreter).

Bauherr und Architekt bereisten im Vorfeld unzählige realisierte BIPV-Vorhaben, wobei lediglich die Ausführung am Adlershof in Berlin, am Zentrum für Photovoltaik und erneuerbare Energien, überzeugen konnte. Die Anforderungen an die PV-Anlage konnten im Projektverlauf von den planenden Architektinnen klar formuliert werden:

– Glas-Glas Module um größtmögliche Transparenz im Bereich ohne Zellen zu erhalten

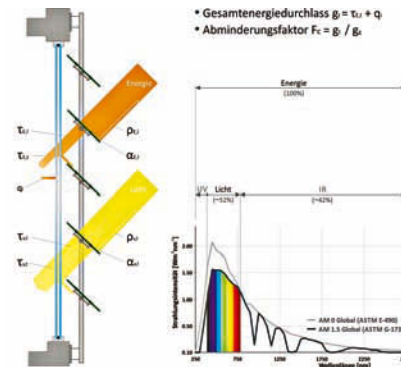
- Eisenarmes Glas als Frontscheibe um maximale PV-Leistung respektive Ertrag zu erzielen
- Lediglich schwarze, homogene, also monokristalline Solarzellen kamen in die engere Auswahl. Erschwerend mussten diese vollquadratisch ausgebildet sein, untypisch für monokristalline Zellen. Fündig wurde man bei der Hanwha Q-Cells.
- Absolut symmetrisches und exakt ausgeführtes Zellengrid
- Das Zellenlayout war so zu kreieren, dass keine rückseitigen Leiterbahnen sichtbar sind
- ZIE konforme Ausführung der PV-Lamellen samt Halterung
- Minimalistisches Design der Modulklammerung
- Spannweiten von 5 Metern waren zu überbrücken ohne deutliche Durchbiegung der Tragkonstruktion
- Randmodule frei schwebend, aber trotzdem drehbar und elektrisch aktiv auszubilden
- Materialwahl im Rahmen der DGNB Kriterien
- Die Modulverkabelung war unsichtbar zu verlegen, dauerhaft und zugentlastet

Da jede PV-Lamelle nur mit einer Anschlussdose versehen ist, wurde aus Symmetriegründen die Gesamtanlage an der Mittelachse gespiegelt. Selbst die Anschlussdosen sitzen daher achssymmetrisch. Die PV-Zuleitungen sind verdeckt in den Vertikalstahlstützen geführt. Die Kabelführung verlangte ein enges Zusammenspiel zwischen Elektroplanern und Ausführenden der verschiedenen Gewerke. Die Stahlstützen thronen auf V4A Konsolen, die im Wasser-



Filigrane Halterung der Spezial-PV-Lamellen. Die drehbare Unterkonstruktion überzeugt mit ihrer Leichtigkeit.

becken verankert sind. Als technisch ziemlich aufwändig zeigten sich die frei schwebenden PV-Randpaneele. Diese müssen einerseits spielfrei mitgeführt werden, sind aber zwangungsfrei und dauerhaft zu lagern. Präzisionsdrehtechnik musste mit verzinktem Stahlbau verheiratet werden. Die Tragrohrkonstruktion besteht aus verzinkten und pulverbeschichteten Stahlprofilen. Fünf Meter Spannweite sind in Aluminium bei minimalster Durchbiegung nicht mehr wirtschaftlich und optisch ansprechend zu realisieren. Die maximal zulässige Durchbiegung wird dabei weitgehend durch die Optik festgelegt. Das Auge nimmt auch die kleinsten Durchbiegungen wahr. Die Module sind auf gelaserten und auf dem Tragrohr verschweißten Stahlstreben dauerelastisch befestigt. Die Präzision der Fertigung bestimmt auch hier das finale Bild. Es gilt der Grundsatz: Glas (hier PV Modul) verzeiht keine Fehler. Die filigrane und punktförmige Lamellenlagerung erforderte die Zustimmung im Einzelfall (ZIE). Neben der obligatorischen FEM-Glasstatik sind Bauteilversuche durchzuführen, die zeigen, dass im Fall des Lamellenbruchs für definierte Zeiten das Modul in der Halterung verbleibt. Herzstück der PV-Systemtechnik bilden die beiden 5kW Multistring-Wechselrichter von SMA. Die eingesetzten Modelle verfügen auch über zwei separate MPP-Tracker, so dass alle vier Modulreihen elektrisch autonom und damit besonders effizient zu betreiben sind. Die Auslegung trägt dem Umstand der verringerten Einstrahlung auf Südfassaden Rechnung.



Wirkungsweise außen angeordneter Sonnenschutzsysteme. Der überwiegende Teil der solaren Strahlungslast wird im Außenbereich ausgekoppelt. Das System schützt so vor sommerlicher Überhitzung selbst bei großen Verglasungsflächen. Gut ausgeklügelte Systeme erhalten dabei die Tageslichtqualität. Abb.: M. Starlinger



Ostfassade: Der große Glasanteil der P/R-Fassade wird durch das Alu-Lamellensystem vor zu großen Strahlungslasten abgeschirmt.



Bewegliche, der Sonne nachgeführte Lamellen aus Aluminium.

Bauherr

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, Holzminden

Architekt

HHS Planer + Architekten AG, Kassel

Architekt (Bauleitung)

b2p-Architekten, Holzminden

Energieplanung

energydesign braunschweig GmbH, Braunschweig

Ausführung PV-Lamellen und Alu-Sonnenschutz

Hype GmbH - Final Design, Kötz

Auslegung, Berechnungen

ims Ingenieurleistungen Manfred Starlinger, Kleve

Ostfassade: Passives Energiemanagement

Erste Entwürfe lassen an der ostseitigen P/R-Fassade PV-Lamellen erkennen. Nach Voruntersuchungen durch energydesign wurde die Planung aufgrund unzureichender Energieertragswerte verworfen. Die hochtransparente Ostfassade, in Pfosten-Riegelbauweise und mit hochwirksamen dreifach Wärmeschutzgläsern errichtet, sollte einen beweglichen Sonnenschutz, automatisiert und der Sonne nachgeführt, erhalten. Dem Charakter des Gebäudes angemessen, fiel die Systemwahl auf Großlamellen, bestehend aus 600 mm tiefen perforierten Aluminiumlamellen. Die definierte Lamellenkrümmung hebt sich einerseits optisch von der Alufassade ab, zusätzlich verbessert sich die Lamellenstatik, so dass das System selbst absturzsichernd wirkt. Die eingesetzte Mechanik ermöglicht Spannweiten von über 3 Metern, ohne dass optisch störende Tragrohrkonstruktionen benötigt wurden. Dem Wunsch der Planer und des Bauherrn folgend konnte so eine Leichtbaukonstruktion, hochwirksam bei der Reduzierung von solaren Wärmelasten, aber gleichzeitig die Tageslichtversorgung sicherstellend, verwirklicht werden. Selbst bei geschlossenen Lamellen erhält der Raumnutzer eine gute Durchsicht nach draußen. Das gewählte Lochbild wurde nach aufwändigen Berechnungen des Autors fixiert. Die Optimierung fand nicht nur hinsichtlich der Abminderung (F_c -Wert) statt, vielmehr war eine ausgewogene Balance von Wärmelastminimierung und Tageslichtversorgung anzustreben.

ben. Die Farbgebung erfolgte als Pulveradaption der in C34 eloxierten Fassadenpaneele. Die Unterkonstruktion besteht aus verzinkten und schwarz beschichteten Stahlrechteckrohren und ruht auf Betonsockeln. Die Lamellen sind nach dem bewährten Fest-Loslager-Prinzip konstruiert, zur Aufnahme von thermisch bedingten Längenänderungen sowie Bautoleranzen. Strahlungsintensive Sommertage führen leicht zu Lamellenoberflächentemperaturen von über 50°C. Wärme, die von außenliegenden Systemen hochwirksam abgewehrt wird, noch bevor diese im Gebäude schädlich wirkt. Neben der Einhaltung der DGNB Kriterien, die mit einem beträchtlichem Dokumentationsaufwand einhergeht, wurde auf höchste Ausführungsqualität Wert gelegt. Stahlbauteile waren nach dem Verzinken präzise auszurichten, da die Konstruktion fluchtend und bündig in die Fassade eingebunden ist. Die Lamellendrehbewegung verrichten spezielle für den Fassadenbau entwickelte Linearmotoren. Trotz schlanker und formschöner Gestaltung musste das Edelstahlgehäuse schwarz pulverlackiert werden, um den optischen Ansprüchen des Bauherrn zu genügen. Die Lamellenkonstruktion dient ebenfalls der Aufnahme des Wartungsbalkons, über den die Motorik unkompliziert zugänglich ist. Sah das ursprüngliche Konzept auf der Ostfassade 600 mm breite Lamellen mit 900 mm Achsabstand vor, wurde nach detaillierten Untersuchungen des Autors zügig auf einen dichten ‚Lamellenvorhang‘

umgestellt. Nur so kann die tiefstehende Sonne vormittags auf der Ostfassade adäquat abgewehrt werden. Die gewählte Lochung mit Rv6-9 und einem relativ großzügigen Lochanteil von 40 Prozent führt bei genauer Betrachtung zu Abminderungswerten von $F_c = 0,31$ bis $0,33$. Der Lochanteil wurde gezielt so groß gewählt, um nicht Transparenz und Tageslichtflutung zu konterkarieren.

Resümee

Ohne Zweifel wurde in Holzminden ein außergewöhnliches Projekt realisiert. Der Neubau Energy Campus prägt nicht nur das Stadtbild. Er versteht sich auch als Botschafter für zukunftsfähige Baukultur, die auch den Gebäudenutzer (häufig das ‚Stiefkind‘ der Planung) von Planungsbeginn an einbezieht. Kleine Justierungen, in der Hauptsache in lokalen Blendschutzfragen, ließen Akzeptanz und Nutzerzufriedenheit noch einmal steigen. Heute, mehr als ein Jahr nach Eröffnung, ist die Begeisterung der Gäste und Gebäudenutzer immer noch deutlich spürbar. Ein Faktum, das nicht jedes Planungsteam nach übergebenem Bau für sich reklamieren kann.

Autor

Dipl.-Phys., Ing. Manfred Starlinger, ims Ingenieurleistungen Manfred Starlinger, Planungsbüro für energetisch aktive und passive (Sekundär)-Fassaden, www.ims-plan.com

Fotos

Constantin Meyer Photographie, Köln