

ZEB – Null-Energie Gebäude im klimatischen Kontext

Neue Bauprodukte zur Verringerung des Energieverbrauchs

Dr.-Ing. Werner Jager, Leiter Forscher und Entwicklung Hydro-Building-Systems

Europa hat sich zu Beginn des dritten Jahrtausends dazu verpflichtet, Maßnahmen zu ergreifen, um CO₂-Emissionen und im gleichen Atemzug auch den Energieverbrauch um 20 % zu reduzieren. Die Legislative hat sich dabei langfristige Ziele gesetzt. So gibt es u.a. folgende Vorgabe: Ab 2020 werden alle neuen Gebäude nur noch als „nahezu“

Null-Energie (n-ZEB: nearly Zero Energy Building) gebaut werden dürfen. Hintergrund hierzu ist der Sachverhalt, dass Gebäude bis zu 40% des weltweiten Energieverbrauches verursachen. Ein Großteil (ca. 4/5) davon entfällt auf die Nutzungsphase des Gebäudes, um es beheizen, kühlen, beleuchten und belüften zu können.

Aus den Forschungsergebnissen der HYDRO ist bekannt, dass die Gebäudehülle einen wesentlichen Anteil zur Energiereduktion beitragen kann und dies bis zu 50% und mehr mit einer integrativen Gebäudehülle heute schon möglich ist. Mit Techniken und Technologien, die bereits heute verfügbar sind. Dieses Wissen ist in Teilen der Gebäudeindustrie nicht verankert, ebenso wie die relevanten europäischen und nationalen Direktiven, Normen und Regelwerke, welche den Weg in Richtung Null-Energie Gebäude, auch Zero Energy Building, kurz ZEB genannt, vorzeichnet. Dass diese Europäische Initiative auch weltweit neue Märkte für Europäische Technologien und Expertise erschließen kann, zeigen u.a. die Forschungsschwerpunkte in Kalifornien und Massachusetts in den USA und der dortige politische Wille, in 8 Jahren (ab 2020) alle Wohnungsbauten als „nahezu Null-Netto-Energie Gebäude“ ausführen zu lassen (Kalifornien) und ab 2030 alle Gebäudearten (Kalifornien und Massachusetts). Zur Erzielung von Null-Energie-Gebäuden gibt es jedoch keine Standardlösungen, sondern diese sind abhängig von unterschiedlichen Parametern, wie Gebäudegeometrie, Gebäudeausrüstung und -automation, Nutzerbelegung und -bedürfnissen. Vor allem aber vom Gebäudestandort und dem dort vorliegenden Klima. Lösungen, welche sich in innerstädtischen Gebieten Zentraleuropas bewähren, können in anderen Klimaregionen gänzlich andere Auswirkungen auf den



Abb.1: Parallel-Abstellfenster

Nutzerkomfort und den hiermit sich einstellenden Energieverbrauch haben. Diesem Umstand wird bei HYDRO durch ein Netzwerk von Testzentren in Deutschland, Süd-Frankreich und, neu in der Planung für 2012, in Qatar, Rechnung getragen. Die Testzentren bestehen aus mehreren Einzelraumlösungen, bei welchen die Gebäudehülle individuell ausgetauscht werden kann. In den Räumen kann das Innenraumklima mittels Sensorik ganzjährig ermittelt werden. Hierdurch wird erreicht, dass der jährliche Energiebedarf und die Schwankungen in der Behaglich-

keit für jede Gebäudehülle untersucht werden können. Durch die zeitlich parallele Vermessung weiterer Gebäudehüllenlösungen ist es möglich, in erster Linie qualitative Abschätzungen in Bezug auf Raumklimatik und Nutzerkomfort zu machen. Dadurch, dass alle Testräume begehbar sind, können diese gemessenen Unterschiede für spätere Nutzer und Investoren auch „fühlbar“ und „erlebbare“ gemacht werden.

Neben Wetterstationen, welche Niederschlag, solare Einstrahlung (direkt und hemisphärisch), Luft- und Oberflächentemperaturen, Windstärke und -richtungen minütlich erfassen, wird das Raumklima über Wärmestromzähler, Luftgeschwindigkeitsmesser, Solarimeter, CO₂-Injektion und Detektion, Thermoelemente und Feuchtesensoren ganzjährig erfasst, s. Abb.2.

Die Messung des Raumverhaltens und des realen Wetters ermöglicht dann die numerische Simulation nahe an der Realität. Die CO₂-Raumfühler können CO₂-Konzentrationen zwischen 0 und 2000 ppm erfassen, welche dann gemäß der DIN EN13779 klassifiziert werden.

Hieraus werden dann in den Vermessungsräumen, welche unter realen Bedingungen betrieben werden (Schulungsraum und Einzelraumlösung am HYDRO-Standort ULM/Bellenberg), die möglichen Arten der Steuerung und Regelung der Raumluftqualität untersucht. Hierdurch wird es dann möglich, natürliche Belüftungssitu-

kühle räume **lieben** heiße tage

Unsichtbar in den Baustoff integriert, optimiert Micronal® PCM das Raumklima. Smarte Klimatisierungskonzepte mit hoher Wirtschaftlichkeit lassen sich so umweltbewusst und ohne bauseitigen Mehraufwand realisieren. Und gerade an heißen Tagen hält Micronal® PCM die Raumtemperatur angenehm kühl. Das ist Chemie, die verbindet. Von BASF.



Mehr über die Möglichkeiten des Bauens mit Micronal® PCM erfahren Sie unter:
www.micronal.de



Climate Control
MICRONAL® PCM

 **BASF**
The Chemical Company

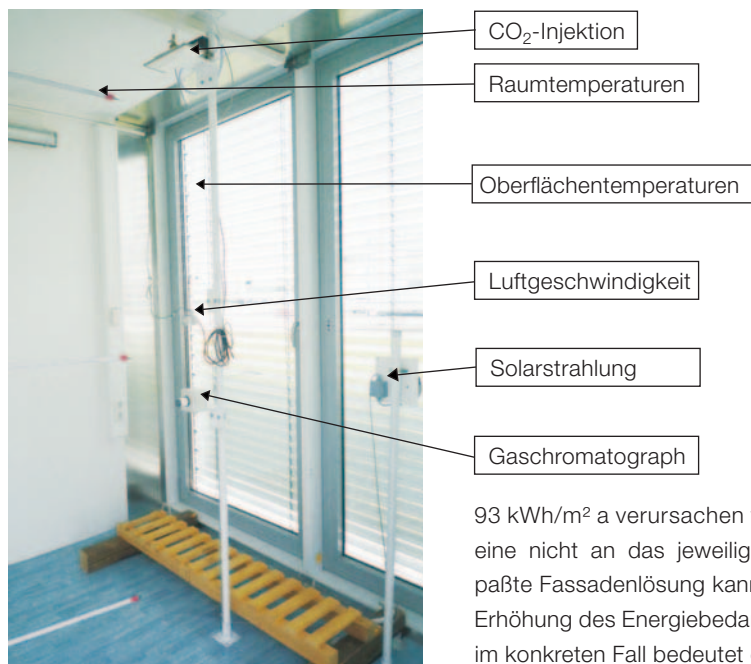


Abb.2: HYDRO Testzentren Messausrüstung

ationen zu untersuchen (Abb.3), um für den jeweiligen CO₂-Gehalt in der Raumluft die energieeffizienteste Belüftung des Raumes vorgeben zu können. Dieser Abgleich – reale Messung zu numerischer Simulation – fließt dann im Verhältnis 1:1 in die Beratung von Architekten und Investoren ein, um für den Anwendungsfall eine kostenoptimierte Lösung über den gesamten Lebenszyklus anbieten zu können.

EINFLUSS DER GEBÄUDEHÜLLE IN UNTERSCHIEDLICHEN KLIMAREGIONEN

Beispiel kann die Berechnung einer in Deutschland und für das Deutsche Klima erstellten Fassadenlösung sein, welche in einer numerischen Simulation 1:1 für das Klima in Doha – Qatar berechnet wird. Die Ursprungslösung ist eine elementierte Structural Glazing Fassade mit 3-fach Verglasung und einem U_{cw}-Wert von 0,91-W/m²K. Das Glas besitzt einen U_g-Wert von 0.6 W/m²K bei einem g-Wert von 0.4. Der Rahmenanteil beträgt 13%. Simulationen dieser Fassadenlösung für ein Bürogebäude in Deutschland ergeben einen Energiebedarf von 30 kWh/m²a (Diagramm 1). Die gleiche Fassade würde im Klima von Qatar zu einem Energiebedarf von 125 kWh/m²a führen, wohin gegen eine dort heute übliche Standardlösung (U_{cw} = 2.0 W/m²K und g = 0.2) „nur“

93 kWh/m² a verursachen würde. Sprich, eine nicht an das jeweilige Klima angepasste Fassadenlösung kann zu deutlicher Erhöhung des Energiebedarfs führen. Hier im konkreten Fall bedeutet eine hochdämmende Fassade bei gleichzeitig hohem g-Wert der Verglasung einen hohen Energieeintrag ins Gebäude, ohne dass dieser

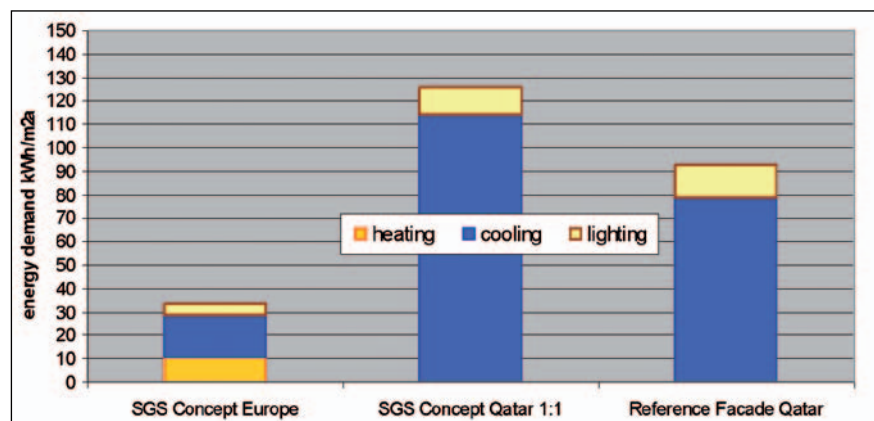


Diagramm 1: Auswirkungen von Fassadenlösungen in unterschiedlichen Klimaregionen

über die gut gedämmte Fassade wieder abfließen kann. D.h., das Gebäude überhitzt oder die Klimaanlage muss entsprechend größer ausgelegt werden. Beides ist nicht im Sinne der Null-Energie- Gebäude-Initiativen.

Folglich wird klarer, dass eine klimaadaptive Fassaden- und Gebäudeausrüstung die Lösung bringen muss, und dies unter den jeweiligen Bedingungen, geprüft und vermessen werden muss. Eine heute in Qatar übliche Bauweise mit einem U_{cw} von 3.0 W/m²K und einem Verglasungs-g-Wert von 0.2 würde in einem ungekühlten Raum (leichte Bauweise) Raumtemperaturen von bis zu +100°C bedeuten. Eine Verringerung allein des Verlasungs-g-Wertes auf 0.2 würde diesem ungekühlten Raum eine

maximale Raumlufttemperatur von 45°C bescheren. Bei niedrigem Verglasungs-g-Wert und einer besser gedämmten Fassade (U_{cw} = 1.1 W/m²K) erreicht die Raumluft maximale Temperaturwerte von an die +50°C. Was in Heizklimas, wie Deutschland, der geringe U_{cw}-Wert ist, ist im Umkehrschluss der effiziente Sonnenschutz für Kühlklimas, wie Südeuropa oder Qatar.

PULVERBESCHICHTUNG MIT ERHÖHTER REFLEXION IM NAHEN IR BEREICH

Dies hatte wiederum eine weitere Entwicklung und Untersuchung in HYDRO angeregt: niedrig absorbierende Beschichtungen, sogenannte Low A-Beschichtungen. Oberflächenbeschichtungen also, welche eine hohe Reflexion des nahen Infrarotanteils des Sonnenlichtes ermöglichen, ohne im Spektrum des sichtbaren Lichtes (380

bis 780 nm) zu Farbveränderungen zu führen. Hierzu wurden vor 2 Messräume mit gleicher Fassadenlösung jeweils Sonnenschutzläden der Marke DOMAL (Domal ist eine Hydro-Marke) montiert. Beide in der Farbe RAL 6005 „Moosgrün“, jedoch einmal in konventioneller Ausführung und einmal versehen mit Low A Pigmenten. Gemessen an der äußeren Oberfläche des Sonnenschutzes wurde die Temperatur des konventionell beschichteten um bis zu 7 Kelvin wärmer als mit der Low A Beschichtung. Dies führte zwischen den jeweils dahinter liegenden Innenräumen zu einer Temperaturdifferenz von 1.5 K bis 2.0 K, was bei dem Raum mit dem „Low A“ Sonnenschutzläden einer Kühlenergieverringerung von bis zu 10% oder mehr gleich-

kommt. Vorteil dieser Low A Beschichtung ist, dass nahezu alle RAL-Farben realisierbar sind. Der Effekt der niedrigen Absorption ist bei dunklen Farben jedoch deutlich ausgeprägter als bei hellen Tönen. Auch hier wurden und werden die unterschiedlichsten RAL-Farben: (u.a. 9005 Tief-schwarz, 5013 Kobaltblau, 9007 Graualuminium, 8017 Schokoladenbraun, 3005 Weinrot, 7016 Anthrazitgrau, 9010 Reinweiß), messtechnisch untersucht, sowie Langzeitstudien am Freibewitterungsprüfstand durchgeführt.

PHASENWECHSELMATERIAL IN ALUMINIUM - FASSADENPROFILEN

Neben der Beschichtbarkeit von Aluminiumkonstruktionen hat das Material Aluminium noch eine weitere Eigenschaft, die unter normalen Nutzungsbedingungen nachteilig wirkt: die hohe Wärmeleitfähigkeit, welche zu einem erhöhten Dämmaufwand gegenüber anderen Materialien, wie Holz oder Kunststoff, führt. Wenn diese Materialeigenschaft jedoch mit neuen Materialien kombiniert werden kann, wird dieser vermeintliche Nachteil in einen Vorteil umgekehrt. Im Konkreten hat HYDRO Aluminiumprofile für Fassadenkonstruktionen mit PCM (= Phase Change Materials) gefüllt. Diese Materialien basieren auf Paraffin oder Salzbasis und ermöglichen, durch einen Phasenwechsel (fest-flüssig-fest) im Material, die Aufnahme oder Abgaben vom Wärmeenergie. Dies ermöglicht es auch, Gebäude in leichter Bauweise, d.h. ohne große Wärmespeichermassen (z.B. Beton), mit Wärmepuffern auszustatten. Diese Speicher können erhöhte Wärmeinträge ins Gebäude - Belegung, IT Aus-

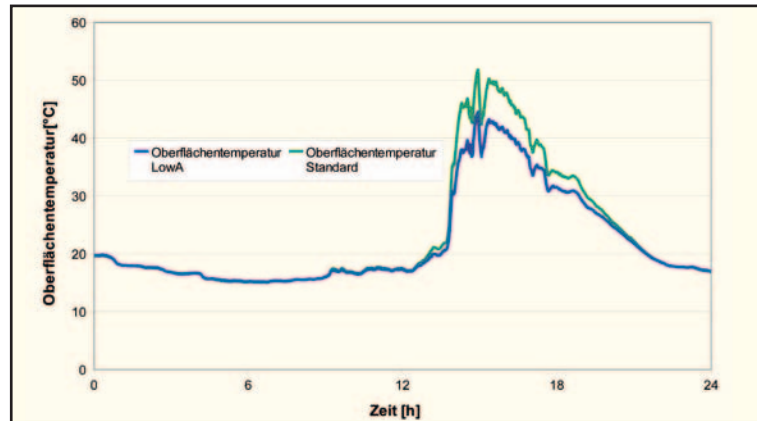


Diagramm 2: Temperaturverlauf der äußeren Oberfläche von Sonnenschutzläden in RAL 6005 mit (blaue Linie) / ohne (grüne Linie) Low A Funktion im Tagesgang

stattung, solare Einstrahlung - über transparente Gebäudehüllflächen speichern. Diese Energie kann dann nachts u.a. mittels Nachlüftung wieder kontrolliert nach außen abgeführt werden. Hierzu wurde durch die Fa. Dörken auf Salzhydrat basierendes PCM zur Verfügung gestellt. Um Kontaktkorrosionen dauerhaft zwischen dem Trägerprofil (Aluminium) und dem Salzhydrat zu vermeiden, wurde das PCM-Material in PE-Hohlkörper eingebettet. Bezogen auf eine gleiche Wärmespeicherkapazität des Materials von 5700 MJ, kann eine 2 cm dicke PCM-Platte DELTA COOL die gleiche Menge latente Energie speichern wie eine 24 cm dicke Betonwand oder eine 36 cm tiefes Ziegelmauerwerk. Dann wurde dieser Aufbau, welcher einen 2-Achsraum darstellt, sowohl in D-Bellenberg als auch in E-Barcelona vermessen. Die Räume in Bellenberg erfassen hier die Temperaturänderung im Raum mit bzw. ohne Phasenwechselmaterial. Im Tagesgang waren im Raum mit PCM die Raumlufttemperaturen um bis zu

2 Kelvin niedriger als im Raum ohne PCM. Durch die Nachtkühlung konnte die im PCM gespeicherte Wärmeenergie vollständig abgeführt werden (Diagramm 3). Dieses Ergebnis wurde auch im Versuch in E-Barcelona bestätigt. Hier jedoch wurde gemessen, wie viel weniger Energie jener Raum mit PCM für Kühlung benötigt als der Raum ohne PCM resp. wie viel mehr Energie ein Raum mit PCM für Heizung auf eine definierte Raumlufttemperatur benötigt als ein Raum ohne PCM. Das Ergebnis dieser Messung in E-Barcelona zeigt, dass die theoretischen Werte der möglichen Speicherkapazitäten auch im realen Versuch nachgemessen werden konnten, was eine hohe Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zur Folge hat. Dies wiederum hat positive Auswirkungen auf die nun möglichen numerischen Simulationen, da diese durch reale und verlässliche Messwerte verifiziert werden können.

DOPPELSCHALIGE FASSADE MIT ADAPTIVEM ÖFFNUNGS-QUERSCHNITT

Neben den Materialuntersuchungen lassen sich durch diese Messaufbauten auch komplette Fassaden- und Fenstersysteme optimieren und deren Einfluss auf das Innenraumklima ermitteln. Als Beispiel hierfür sei das Fenstersystem Wicline 215 dargestellt. Hierbei handelt es sich um eine Art Doppelfassade mit einer Gesamtbautiefe von 215 mm. Die innere Dämmebene bildet ein Dreh-Kipp-Fenster, außen ist die Verglasungseinheit mittels eines Parallelabstellflügels abstellbar. Hintergrund dieser Entwicklung war der Umstand, dass es im Sommer in vielen doppelschaligen

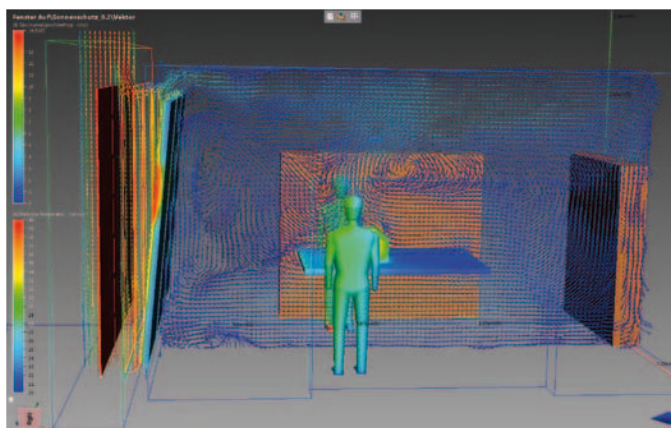


Abb.3: Simulation der Temperaturverläufe und des Verlaufes der Luftströmung im Messraum

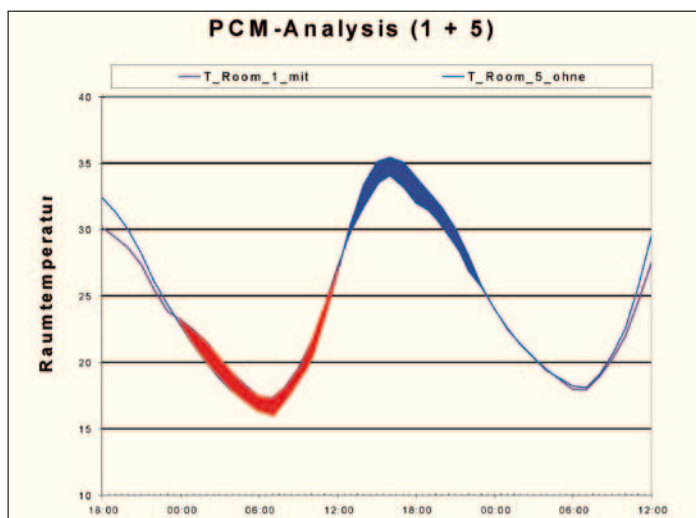


Diagramm 3: Temperaturverlauf der Raumlufttemperatur im Raum mit (violette Linie) und ohne (blaue Linie) Phasenwechselmaterial (PCM) im Fassadenprofil

Konstruktionen zu einer Überhitzung des Innenraums kommen kann und im Winter Kondensat auf Position 2 der äußeren Glaseinheit auftreten kann. Um dies zu verbessern, kann der äußere Flügel unabhängig vom inneren geöffnet werden.

- ▶ a. Sommerfall – Wärmeabfuhr: Dreh-Kipp-Flügel innen ist geschlossen
- ▶ Parallelabstellflügel außen ist aufgeföhren

ist der Sonnenschutz im Parallelabstellflügel integriert und kann mit diesem von der inneren Gebäudedämmebene weg geöffnet werden. Hierdurch erhöht sich die Belüftung der Luftkavität und die Wärme resp. Feuchte werden abgeföhrt. Die Temperatur am Sonnenschutz (blaue Linie) erreicht einen Stand von bis zu 90°C und der Innenraum erwärmt sich auf 32 °C (lila Linie)

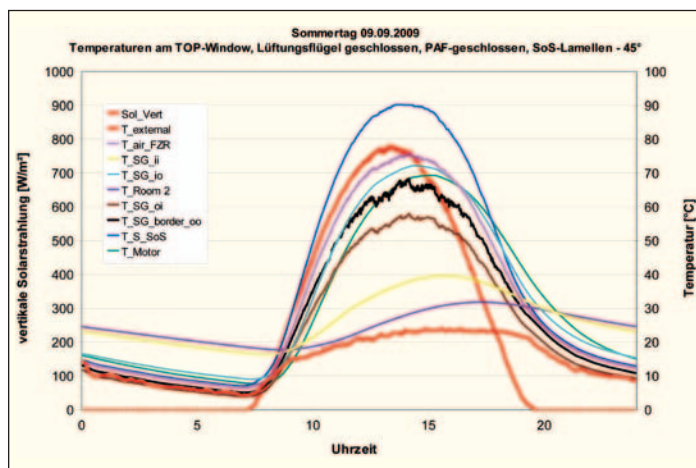


Diagramm 4: Temperaturen in der Fassade und im Innenraum – Sommerfall, DK-Fenster innen und Parallelabstellflügel außen geschlossen, Sonnenschutz geschlossen 45°, Sommerfall

Im Diagramm 4 sind die Temperaturverläufe über einen Tagesgang erfasst. Dargestellt wird ein warmer, strahlungsreicher Tag. Der Sonnenschutz ist in 45°-Stellung geschlossen und sowohl der innere wie der äußere Flügel sind geschlossen. Die Überhitzung bei doppelschaligen Fassaden ist maßgeblich durch den Sonnenschutz beeinflusst. Aus diesem Grund

- b. Winterfall - Feuchteabfuhr
 - ▶ Dreh-Kipp-Flügel innen ist geschlossen
 - ▶ Parallelabstellflügel außen ist aufgeföhren

Im Winter ist darauf zu achten, dass, wenn das innere DK-Fenster zu Lüftungszwecken geöffnet wurde, auch das äußere abgestellt wird. Das äußere Fenster muss dann nach dem Schließen des inneren Fen-

sters noch für 10 bis 20 Minuten geöffnet bleiben, um evtl. noch vorhandene erhöhte Luftfeuchtigkeit in der Kavität abführen zu können, bevor auch der äußere Flügel zugefahren wird, um den bei Verbundkonstruktionen bekannten Sonnenkollektoreffekt (= Passive Heizung über transparente Bauteile) zu erzielen.

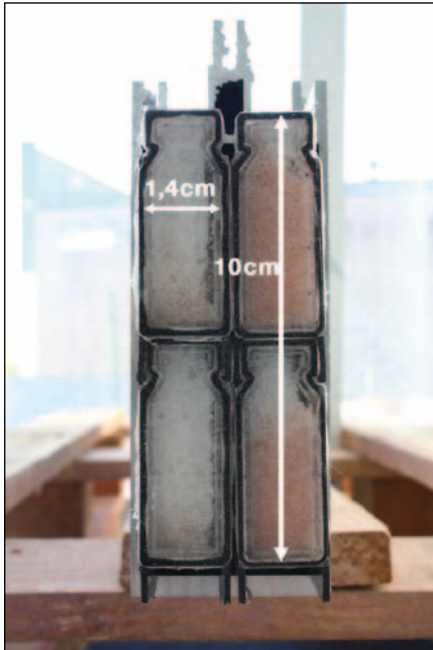
FEUCHTEMESSUNG IM GLASFALZBEREICH VON ALUMINIUMFENSTERLÖSUNGEN

Die messtechnische Erfassung geht jedoch nicht nur auf Gesamtlösungen und deren Auswirkungen auf den Nutzerkomfort ein. Es können auch spezifische bauphysikalische Untersuchungen erfolgen. Ein Thema der modernen Fensterkonstruktionen ist die Verwendung von Zusatzmaterialien im Glasfalzbereich, um über eine Verringerung der Wärmestrahlung und der Wärmekonvektion in diesem Bereich den Wärmedurchgangskoeffizienten der Konstruktion zu mindern. Hierdurch wird aber ggf. die Belüftung des Glasfalzes verringert, was zu erhöhter Feuchtebelastung des Isolierglas-Randverbundes führen könnte. Wäre dies der Fall, kann unter Umständen die Dauerhaftigkeit des Isolierglasrandverbundes nicht gewährleistet werden. Um diesen Aspekt bei den aktuellen Lösungen des Unternehmens HYDRO zu untersuchen, wurden Fensterkonstruktionen mit und ohne diese Wärmedämmungen im Glasfalz ausgestattet. Gleichzeitig wurden in beiden Glasfalzen jeweils 2 Feuchte- und 2 Temperatursensoren installiert. Die Auswertung der Messungen ergibt, dass es bei der gewählten Glasfalzdämmung zu keiner Erhöhung der relativen Feuchte im Glasfalzraum, im Vergleich zur Konstruktion ohne diese Dämmeinlage, gekommen ist. Eine zusätzliche Feuchtebelastung des Glasrandverbundes kann somit vermieden werden. Entscheidend ist hier die richtige Position der Glasfalzdämmung, welche die Entwässerung des Glasfalzes nicht behindert.

ZUSAMMENFASSUNG

Um zukünftige Niedrig- oder sogar Null-Energie-Gebäude ausführen und nachhaltig betreiben zu können, ist ein Abgleich

zwischen der theoretischen Betrachtung und der messtechnischen Analyse unumgänglich. Die Messung des Verhaltens von Gebäudehüllen auf den Energieverbrauch und die Nutzerbehaglichkeit geht jeder verlässlichen numerischen



Volumen = 21056 cm³
 (8 m lfd. Profile mit Bautiefe
 100 mm = 2 x 1.25 Achsen Raumhoch)

Maße: 21.056 x 1.5 = 31.58 kg

Energieauf-/
 abgabe bei Phasenwechsel = 4990 kJ

Energieauf-/ abgabe durch Temperatur-
 änderung = 528 kJ

Theoretische gesamte
 Energieauf-/ abgabe = 5518 kJ

Abb..4: Phasenwechselmaterial DELTA-Cool im Fassadenprofil WICTEC 50 der Marke WICONA

Simulation voran. Gebäudelösungen, welche in mitteleuropäischen Gebieten funktionieren, sind nicht zwangsläufig die besten Lösungen für andere Klimaregionen. Um dies verlässlich untersuchen zu können, sind Messungen vor Ort erforderlich. Auch erlauben diese eine für diese Klimaregion angepasste Lösung, welche dauerhaft und verlässlich die Eigenschaften einhält, um Nullenergiegebäude erstellen und betreiben zu können.

Autor
 Dr.-Ing. Werner Jager,
 Leiter Forschung und Entwicklung
 Hydro Building Systems, Ulm
 Fotos/Grafiken: Hydro Building
www.zeb-bellenberg.com.



Ruckzuck eingebaut. Mit meiner Nummer 1

Roto ist meine Nummer 1 für Renovierungs-Wohndachfenster auf Maß. Warum ist schnell erzählt: Roto Renovierungsfenster sind schnell geliefert, innerhalb von 8 Arbeitstagen, und haben alles Wesentliche schon vormontiert: Montagewinkel, Wärmedämmblock und Folienanschluss. Der Einbau in Rekordzeit ist damit garantiert. Modernes Renovieren nach Maß – professionell, schnell und sauber.

Roto macht es einfach:
www.roto-frank.com

