

# Bauen +

Energie, Brandschutz, Bauakustik, Gebäudetechnik



Melita Tuschinski

## + Außenhüllen für klimaeffiziente Gebäude

Auf der »Advanced Building Skins Conference & Expo 2021«  
vorgestellte innovative Lösungen

Juni 2022

Fraunhofer IRB | Verlag

Melita Tuschinski

# Außenhüllen für klimaeffiziente Gebäude

## Auf der »Advanced Building Skins Conference & Expo 2021« vorgestellte innovative Lösungen

Abb. 1: Gerichtsgebäude in Frankreich: 211 kW-Fassade am Tribunal de Grande Instance (2017) in Paris (Architekt: RPBW)

Seit über 15 Jahren läuft diese internationale Veranstaltung für Architekten, Ingenieure, Wissenschaftler und Bauwirtschaft. Als führende Ideenbörse und -schau für innovative Gebäudehüllen etabliert, präsentierte sie am 21. und 22. Oktober 2021 im Konferenzzentrum des Kursaals Bern neue Erkenntnisse aus Forschung und Praxis. Aus der Fülle der Beiträge – der Tagungsband umfasst 524 Seiten – stellt der Artikel sechs Projekte anhand ihrer Ziele, Methoden und Ergebnisse vor. Darüber hinaus zeigt er die weiteren geplanten Forschungsaktivitäten auf.

Mehr denn je spielt die Gebäudehülle heute und künftig eine lebenswichtige Rolle. Sie bildet die Grenze zwischen den wechselnden klimatischen Bedingungen der äußeren Umwelt und den möglichst gleichbleibend gewünschten, behaglichen Innenräumen. Draußen bestimmen die täglichen und jahreszeitlichen Rhythmen die schwankende Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Wind und Niederschläge. Von der Beschaffenheit, der Transparenz und dem bauphysikalischen Verhalten der Gebäudehülle hängt es ab, wie viel Energie wir benötigen, um den Nutzern im Innenraum komfortable Konditionen zu schaffen. Durch Heizen, Lüften, Wassererwärmen, Beleuchten und Automatisieren erzielen wir in den Innenräumen die erstrebte Behaglichkeit. Die Menge und Art der dafür verbrauchten Energie bestimmt auch in wieweit ein Gebäude die Umwelt belastet.

Im Energieausweis nach dem neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) zeigen nun auch die angegebenen Treibhausgasemissionen an, wie umweltfreundlich sich das genutzte Gebäude verhält. Gemessen werden diese Emis-

sionen in Kohlendioxid-Äquivalent pro Quadratmeter und Jahr (abgekürzt: CO<sub>2</sub>-Äquivalent/(m<sup>2</sup>·a)). Aussteller berechnen diesen Kennwert für die Klimarelevanz anhand des vorab ermittelten Energiebedarfs oder des erfassten Energieverbrauchs – je nachdem, ob es sich um einen Bedarfs- oder Verbrauchsausweis handelt. Die detaillierte Berechnung regelt das GEG in Anlage 9 (Umrechnung in Treibhausgasemissionen). Die entsprechend ermittelten Energiemengen multiplizieren die Fachleute mit den Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger. Das GEG listet diese ebenfalls in der Anlage 9 nach Kategorien geordnet auf: fossile und biogene Brennstoffe, Strom, Wärme und Kälte, Nah- und Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) oder aus Heizwerken. Gemessen werden die Emissionsfaktoren in Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Kilowattstunde (abgekürzt: g CO<sub>2</sub>-Äquivalent/kWh). Während Heizöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle von 310 bis 400 g CO<sub>2</sub>-Äquivalent/kWh aufweisen, sind die Emissionsfaktoren von erneuerbaren Energien wie Erd- oder Umgebungswärme sowie Geo- oder Solarthermie gleich null. Je weniger Treibhausgase ein Gebäude emittiert, umso klimafreundlicher gestaltet es sich für seine Umwelt.

### KERNAUSSAGEN

- Innovative Gebäudehüllen haben aktuelle und künftige Anforderungen im Visier.
- Als dynamische Grenzen zwischen innen und außen integrieren sie neue, zusätzliche Funktionen.
- Sie nutzen intensiv die Chance erneuerbarer Energien, allen voran die Sonnenenergie.

### Fassaden für klimaneutrale Gebäude

Die EU-Gremien streben bis zum Jahr 2045 einen klimaneutralen Gebäudebestand an, d.h. ganz ohne Umweltbelastung durch Treibhausgasemissionen. Dafür haben sie im Herbst 2021 etliche energiesparrechtliche Schritte unternommen: Für die Novelle der EU-Gebäuderichtlinie wurde beispielsweise im Dezember ein Entwurf bekannt gegeben. Die Mitgliedsländer werden ihre baurechtlichen Regeln für

**ÜBERBLICK DER AUSGEWÄHLTEN PROJEKTE**

- ▶ Bauen mit der Sonne: Auslobung »Architekturpreis Gebäudeintegrierte Solartechnik« seit 2000
- ▶ Öko-solar verwandelbare Architektur: Fassaden und Dach aus beweglichen, nachhaltigen Gitterpaneelen
- ▶ Aktive Doppelfassade (ADF): Staubdichte »Hybridfenster« mit Sonnenschutz, Querstromlüfter und Wärmetauscher
- ▶ Thermisch aktive Struktur: Fassade aus massengefertigten Bausteinmodulen mit Wärmedämm-, Heiz- und Kühlfunktion
- ▶ Doppelfassade für Bestandssanierung: Thermisch selbstregulierende Gebäudehülle, nach dem Prinzip der menschlichen Haut
- ▶ Lüftungssysteme in Schulen: Studie zeigt, dass hybrides Lüften in Schulbauten die meiste Energie und Kosten einspart

Neubauten und für Maßnahmen im Bestand entsprechend anpassen müssen, nachdem die europäischen Vorgaben feststehen und in Kraft treten. So ist auch hierzulande die Novelle des Gebäudeenergiegesetzes bereits für dieses Jahr angestrebt. Dafür ist auch bereits ein erster Entwurf der zuständigen Bundesministerien bekannt.

Unter diesen Rahmenbedingungen zeigen die von uns ausgewählten sechs Projekte, welche Mittel und Wege die Forscher und Entwickler ausloten, um die Gebäudehüllen für klimaeffiziente Bauten zu realisieren, d. h. freundlich und günstig für die Umwelt und die Gebäudenutzer. Wir haben die Referenten kontaktiert und gebeten, jeweils auf folgenden Fragen zu antworten:

- Innovation:** Wie lautet Ihr Konzept in Bezug auf »Advanced Building Skins«?
- Ziele:** Was verfolgen Sie mit Ihrem Projekt?
- Methode:** Wie verfahren Sie, um Ihre Ziele zu erreichen?
- Ergebnisse:** Was haben Sie soweit erreicht?
- Ausblick:** Wie sehen Ihre weiteren Schritte aus?

Desgleichen baten wir die Referenten um Bilder und Grafiken, die ihre Ideen und Anwendungen illustrieren. Die Informationen zu den Projekten finden Sie im Folgenden.



Abb. 2: Erweiterung Bürogebäude in Baden-Württemberg: Verkehrskommissariat in Kiblegg (2017) (Brixner Architekten BDA)

**Bauen mit der Sonne**

»Hochwertige Lösungen gebäudeintegrierter Solartechnik – Ergebnisse eines weltweiten Wettbewerbs im Jahr 2020« stellte Roland Krippner vom Solarenergieförderverein Bayern e.V. (SeV Bayern), München und von der Architektur fakultät der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm zusammen mit Fabian Flade (SeV Bayern) vor.

**Innovation:** Die »Advanced Building Skins Conference & Expo« bildet seit Jahren ein sehr spannendes und instruktives Forum auch für Architekten zum Thema »innovative Gebäudehüllen und Materialien«. Die spezielle Sektion »Integration von Solartechnologien in die Fassade« bot 2021 einen geeigneten Rahmen zur Präsentation der Ergebnisse unseres Wettbewerbes für den Architekturpreis Gebäudeintegrierte Solartechnik 2020. Die prämierten Projekte zeigen den State of the Art, d. h. den letzten Stand der Technik in der Baupraxis und können dem internationalen Fachpublikum wegweisende Impulse vermitteln.

**Ziele:** Auf dem Weg zu mehr regenerativen und dezentralen Energien im Gebäudebereich wird die Integration von solartechnischen Systemen in Dach und Fassade zunehmend bedeutsam und unerlässlich. Mit Blick auf die bereits installierten Solaranlagen wird es offensichtlich, wie dringlich die Maßnahmen baukulturell flankiert werden sollten. Hier setzt der alle drei Jahre ausgelobte Wettbewerb an. Inhaltlich ist er auf gebäudeintegrierte Solartechnik in einem übergeordneten architektonischen Gesamtkonzept ausgerichtet.

**Methoden:** Anhand aktueller und international realisierter Bauten zeigte der Beitrag, wie insbesondere mit Photovoltaik-Modulen, aber auch mit solarthermischen Kollektoren überzeugende und exemplarische Architektur entsteht. Die Wettbewerbsergebnisse, sowohl ausgezeichnete Projekte als auch Beiträge der engeren Wahl, dokumentieren und präsentieren positive Beispiele auf vielfache Art und Weise. Die Organisatoren nutzen zu deren Bekanntmachung und Verbreitung unterschiedliche Formate, wie Fachvorträge, Broschüren und Wanderausstellungen. Damit sprechen sie Fachpublikum und interessierte Öffentlichkeit direkt an.



Abb. 3: Sanierter Sakralbau in Bayern: 78 kW Solardach an der Kirche St. Wunibald in Georgensgmünd (2018) (Planer: Johannes Wunram)



Abb. 4: Schulbau in Luxemburg: 150 kW Solarthermie-Fassade und 320 kW PV-Anlage am Lycée technology pour professions de santé (2019) in Ettelbruck (Fabeck Architectes)

**Ergebnisse:** Den »Architekturpreis Gebäudeintegrierte Solartechnik« hat der Solarenergieförderverein Bayern im Jahr 2020 zum achten Mal seit 2000 ausgelobt. Damit hat er einen der wenigen internationalen Wettbewerbe zu der Schnittstelle von Architektur und Solarenergie über zwei Jahrzehnte hinweg erfolgreich etabliert. Die Fachwelt und die allgemeine Öffentlichkeit nimmt die Kommunikation der ausgezeichneten Projekte gerne wahr und schätzt die ausgehenden Impulse. Anhand von Anfragen konnte man auch erkennen, dass die gezeigten Projekte sich architektonisch inspirierend auswirken. Es sei insgesamt gelungen, sowohl die Fachwelt, als auch das allgemeine Publikum zu diesem Themenkomplex zunehmend zu sensibilisieren.

**Ausblick:** Aktuell bereiten die involvierten Mitglieder des Vereins den nächsten Wettbewerb vor. Diesmal werden sie ihn bereits im Jahr 2022 ausloben. Zusätzlich wollen sie nach zwei »Corona-Jahren« verstärkt wieder die ausgezeichneten Projekte vor Ort – d.h. bei kommunalen Behörden, Hochschulen, auf Messen und Tagungen – ausstellen.

**Weitere Informationen**

Prof. Dr.-Ing. Roland Krippner, Dipl.-Ing. Architekt BDA  
 Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
 Fakultät Architektur, Lehrgebiet Konstruktion und Technik  
 Postfach  
 90121 Nürnberg  
 roland.krippner@th-nuernberg.de

Solarenergieförderverein Bayern e.V.  
 www.sev-bayern.de



Abb. 5: Hochschule in den Niederlanden: Energy Academy Europe (2017) in Groningen (Architekten: Broekbakema + De Unie)

## Öko-solar verwandelbare Architektur

Jorge Cruz Pinto, von der Architekturfakultät der Universität Lissabon und JCP+CM JorgeCruzPinto+CristinaMantas Architects, Estoril, Portugal, stellte zusammen mit weiteren Kollegen ihre Forschungen im Hinblick auf die Entwicklung öko-solar verwandelbarer Architektur vor. Zum Team gehören auch der Zivilingenieur Soheyl Sazedj (Structures and Bioclimatic, FAUL), die Architektin Ljiljana Cavic (Visualization and Bioclimatic, FAUL) sowie der Ingenieur João Goes (Electronic, Universidade Nova de Lisboa).

**Innovation:** Ihr Konzept umfasst das innovative Entwerfen verwandelbarer Gebäude. Durch digital programmiertes Rotieren und Verwandeln werden Bauten verändert. Die wandelbare Gebäudefassade besteht aus nachhaltigen Gitterpaneelen (englisch: GreenGrid Panels). Diese fassen verschiedene Systeme zu einer integrierten und intelligenten Gebäudehülle zusammen. Dazu gehören Photovoltaik, Leuchtdioden (kurz: LED vom Englischen light-emitting diodes) und Sensoren. Die verwandelbare Gebäudehülle (englisch: Transformable Building Skin) kann verschiedenen Zwecken dienen:

- ▶ erneuerbare Energien einfangen und nutzen,
- ▶ passive und aktive bioklimatische Effizienz steigern,
- ▶ Werbeanzeigen und Lichtdesign darstellen und
- ▶ die ästhetische Leistung verbessern.

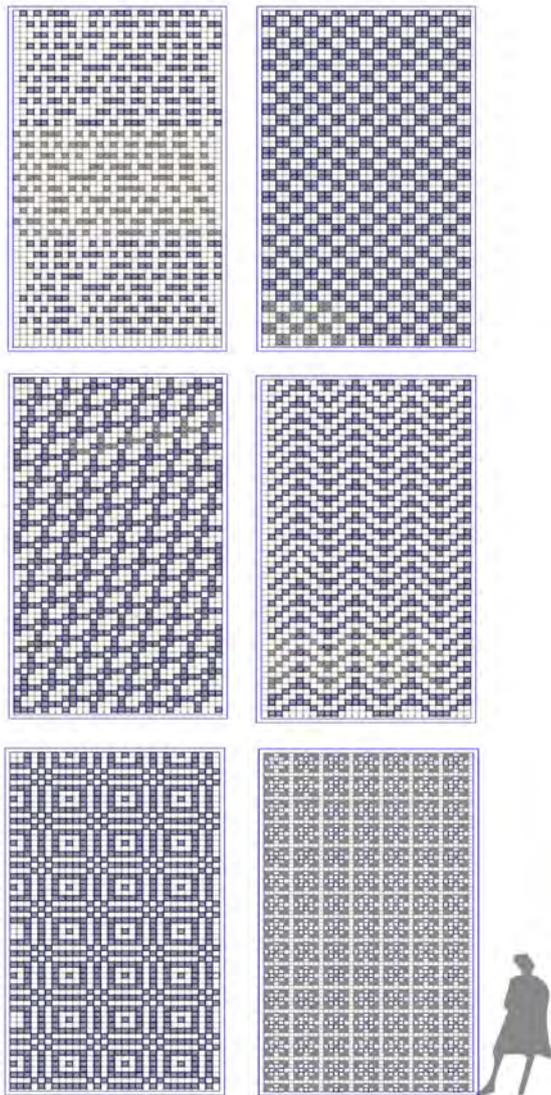
Die meisten konzeptionellen Prinzipien für Außenwände sind auch auf die fünfte Fassade als intelligente Dächer anwendbar. Die entwickelten Lösungen sind für Neubauten konzipiert – ex novo (übersetzt »von Beginn an«). Diese eignen sich insbesondere für kleine und mittlere Hochhäuser. Sie sollen jedoch auch für Maßnahmen im Baubestand nützlich sein und gemäß der Agenda 2040 helfen, die Gasemissionen und den Energieverbrauch zu senken.

**Ziele:** Die Forscher möchten die Technik der Photovoltaik innovativ, technologisch fortschrittlich und ästhetisch in Gebäude integrieren. In der Fachwelt hat sich der englische Begriff »Building-integrated photovoltaics« (BIPV) etabliert. Diese soll die nachhaltige, erneuerbare Energie erfassen. Bei Neubauten soll sie auch das Beschatten und Belüften bioklimatisch in einem integrierten architektonischen Fassadentwurf steuern. Bestehende Gebäude sollen mit einer entsprechenden »Zweiten-Haut-Fassade« nachgerüstet werden. Im städtischen Bereich könnten Elemente wie Trennwände, Terrassen, Parkplätze und Beschattungsdächer ausgestattet werden. Für architektonische und städtische Wahrzeichen wäre es möglich, durch eine veränderliche Darstellung auf die Repräsentationsanforderungen institutioneller, kultureller oder kommerzieller Bauten zu reagieren.

**Methoden:** Zunächst sind die Forscher bestrebt, ihre etablierten Beziehungen zu anderen Universitäten und



Abb. 6: Öko-solares verwandelbares Hochhaus, konzeptionelle Visualisierung, Jorge Cruz Pinto und Ljiljana Čavić



© J. Cruz Pinto und L. Čavić

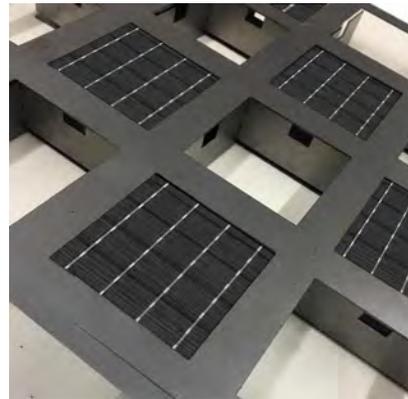


Abb. 7: Prototyp eines nachhaltigen Gitterpaneels (GreenGrid) und der Zellen. Adapt Lab Faul, an der Architektur-fakultät der Universität Lissabon <http://adapt.fa.ulisboa.pt>

Forschungszentren zu verbessern. Desgleichen wollen sie die Prototypen für nachhaltige Gitterpaneele fertigstellen. Damit hoffen sie, das innovative Design und die technologischen Ergebnisse besser demonstrieren und verbreiten zu können. Mechanische, bioklimatische Prototypen werden sie vor Ort bauen, um das integrierte System für Echtzeit-Demonstrationen zu verbessern. Industrie, Behörden, Verbände und Interessengruppen möchten sie intensiver zu diesem Thema einbinden. Dafür werden sie auch geeignete Kommunikationsstrategien etablieren. Damit wollen sie die Projektnutzen effizienter bei politischen und wissenschaftlichen Institutionen bekanntmachen sowie in der Industrie und Gesellschaft verbreiten. Dafür gilt es auch politische Entscheidungsträger und Investoren zu finden und zu überzeugen.

**Ergebnisse:** Die Forscher haben ihre Kooperation mit der Universidade Nova von Lissabon und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Köln etabliert. Auch haben sie einen Prototyp für die nachhaltigen Gitterpaneele entwickelt. Ihre Ideen und Ergebnisse haben sie inzwischen akademischen, kommerziellen und politischen Institutionen vorgestellt und Fachbeiträge dazu veröffentlicht.

**Ausblick:** Zusammen mit der Photovoltaikindustrie werden sie die nachhaltigen Gitterpaneel-Module entwickeln. Im Verbund mit der LED-Industrie werden sie das Lichtdesigns und das Anzeigesystem sowie mit der Fassadenindustrie das mechanische Bewegungssystem weiter ausbauen. Für die integrierte Controlling- und Monitoring-Software arbeiten sie mit der Universidade Nova in Lissabon zusammen. Auch suchen sie Investoren für weitere Forschungen, architektonische Entwürfe und Einsatzmöglichkeiten in Gebäuden.

**Weitere Informationen**

Jorge Cruz Pinto, Professor Architect  
 JCP+CM JorgeCruzPinto+CristinaMantas Architects  
 Rua do Banco, n°18  
 Estoril 2765-397  
 Portugal  
[jorge@cruzpinto.com](mailto:jorge@cruzpinto.com)  
[www.cruzpinto.com/en](http://www.cruzpinto.com/en)

## Aktive Doppelfassade (ADF)

Jan Lipton und Claudio Meisser, Partner der HyWin GmbH, Wollerau, Schweiz, stellten ihr Konzept und Lösung für »Behaglichkeit und Energieeffizienz einer aktiven Doppelfassade (ADF)« vor. Diese Gebäudehülle haben sie zunächst für Bürohochhäuser entwickelt, doch ihr innovatives System könnte sich sowohl für den Wohn- und Hotelbau als auch für die Fassadensanierung niedrigerer Gebäude eignen.

**Innovation:** HyWin ist die Abkürzung für »Hybrid Window«, übersetzt »Hybridfenster«. Eine aktive Doppelfassade umfasst staubdichte Kastenfenster mit integriertem Sonnenschutz (Abb. 8). Im Gegensatz zu heutigen Doppelfassaden ist die Isolierverglasung klimaseitig, d. h. an der Außenseite, und nicht zum Innenraum hin angebracht. Ein einfaches Sicherheitsglas trennt das Kastenfenster vom Innenraum. Dieses ermöglicht das Kühlen oder Erwärmen dieses Nutzraums. Im Fensterkasten selbst erzeugt ein sehr leiser Querstrom-

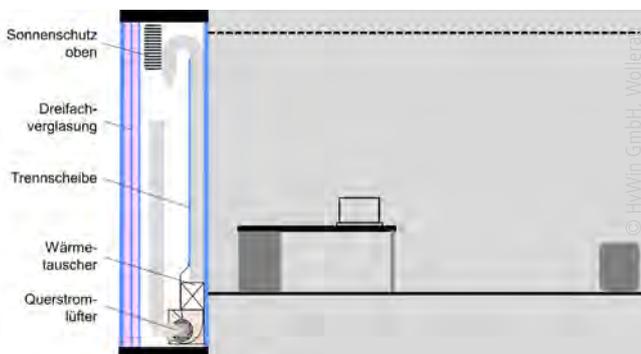


Abb. 8: Konzept und Aufbau des HyWin Systems

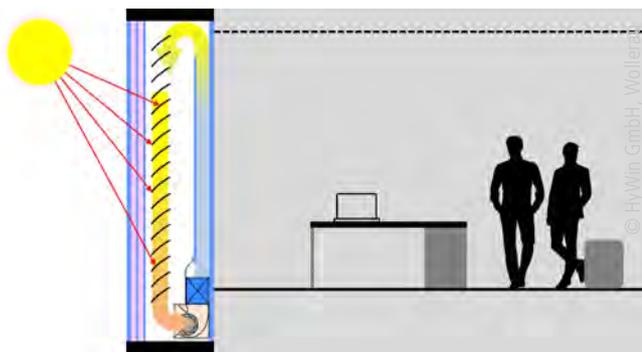


Abb. 9: Das Prinzip des Sommerbetriebs des HyWin Systems

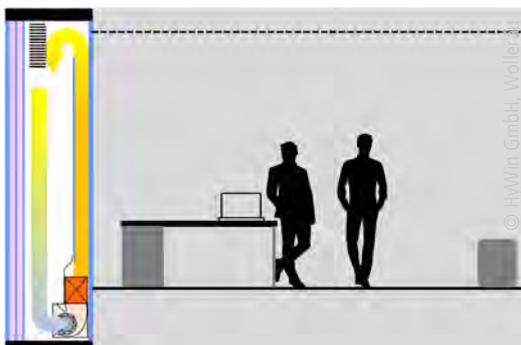


Abb. 10: Das Prinzip des Winterbetriebs des HyWin Systems

stromlüfter die benötigte Luftströmung mit kühler Luft bei hoher Außentemperatur oder Sonneneinstrahlung (Abb. 9) und mit warmer Luft bei kalter Außentemperatur (Abb. 10). Eine Trennscheibe separiert die auf- und abwärts strebenden Luftströme. Der Wasser/Luft Wärmetauscher erwärmt oder kühlt den zirkulierenden Luftstrom.

Die im Sommer abgeführte Wärme wird anderen Verbrauchern im gleichen Areal zur Verfügung gestellt und zur Regeneration des saisonalen Speichers verwendet. Die HyWin-Konstruktion ist zudem lowtech, d. h. mit einfacher Technik konstruiert. Sie verwendet nur robuste und kostengünstige Standardkomponenten. Über die öffnere Innenverglasung kann man diese jederzeit ersetzen. Im Vergleich zu geschlossenen Hohlraumfassaden (englisch: Closed Cavity Facade, CCF) oder hinterlüfteten Fassaden bietet HyWin nach Ansicht ihrer Entwickler folgende Vorteile:

- Im Nutzraum werden keine herkömmlichen Kühl- oder Wärmeerzeuger benötigt.
- Die Reinigung der Fassade beschränkt sich auf die klimaseitige, äußere Glasfläche.
- Der integrierte Sonnenschutz verschmutzt nicht und ist kaum Temperaturzyklen ausgesetzt, was eine hohe Lebensdauer verspricht.
- Auch in der Nähe der Fenster wird im Gebäude der Komfort für die Nutzer verbessert, weil die Oberfläche zum Innenraum im Sommer kühl und im Winter warm ist.
- Die solar eingestrahlte Energie wird gespeichert, sie belastet den Raum nicht und spart zudem Energie.
- Das HyWin-System verhindert grundsätzlich die Kondensation und benötigt daher keine Zufuhr von getrockneter Luft.

**Ziele:** Die Entwickler waren bestrebt, ein robustes, energie- und kosteneffizientes Fassadenelement zu entwickeln. Es sollte niedrige Reinigungskosten, eine hohe Lebensdauer und Komfort vereinen. Ihrer Meinung nach wird ihr System die Nachhaltigkeitsprobleme heutiger Glasfassaden entschärfen.



Abb. 11: Die experimentelle Testeinheit mit HyWin Element

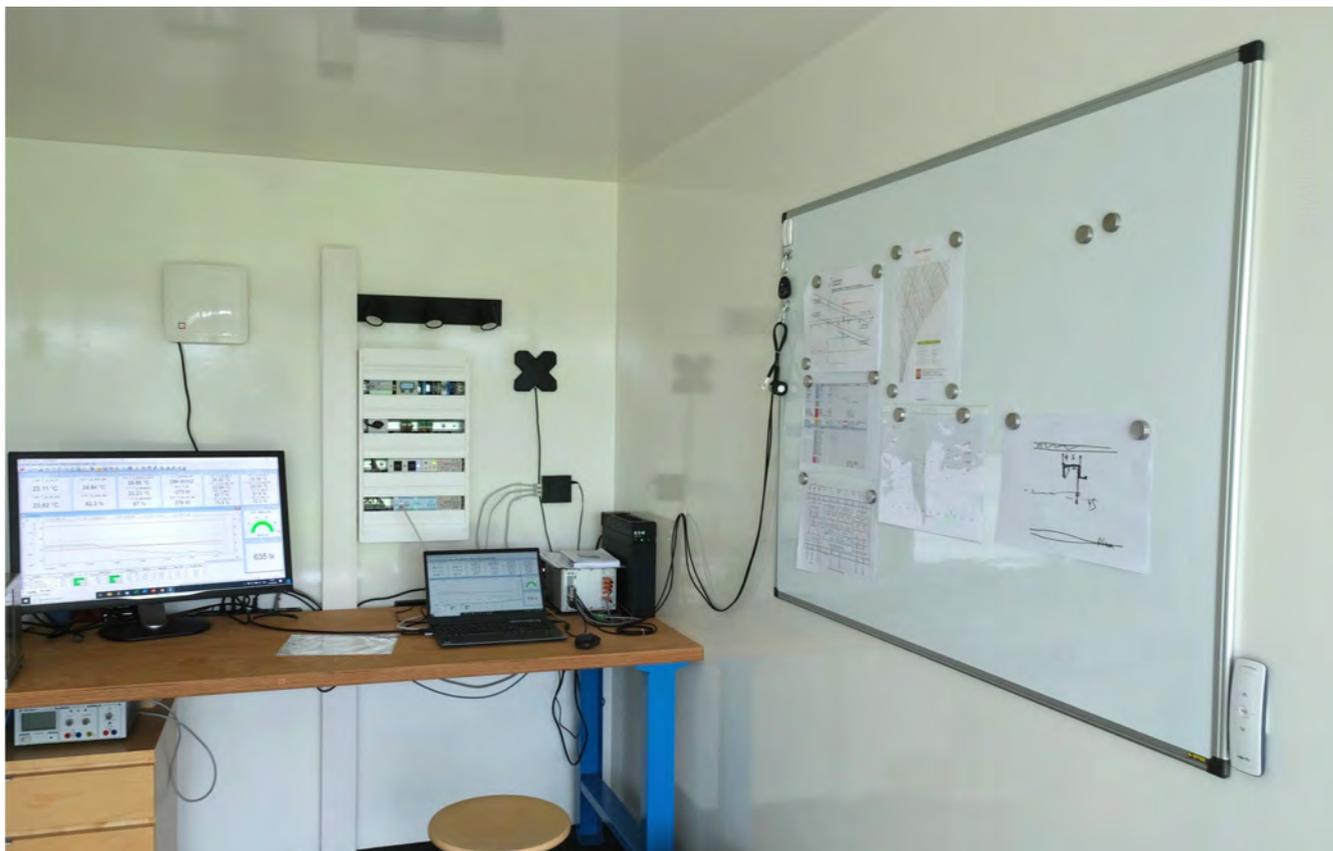


Abb. 12: Der Innenraum mit aufwendiger Messtechnik der Testeinheit mit HyWin-Element

**Methoden:** In der ersten Phase haben die Partner ihr Konzept mit Simulationen überprüft. In der zweiten Phase haben sie es anhand von umfangreichen Messreihen an kleineren Laboranlagen getestet und deren ausreichende Kühl- und Heizleistung nachgewiesen. In der dritten Phase haben sie eine Testeinheit gebaut. Diese ist mit einem 2,0 m x 2,5 m großen Fensterelement ausgestattet. HyWin und Nutzraum sind mit aufwendiger Messtechnik ausgerüstet (Abb. 11 und Abb. 12). Diese Testeinheit verdanken die Entwickler der Unterstützung durch die Schweizerische Klimastiftung.

**Ergebnisse:** So weit konnten die Entwickler eine ausreichende Kühl- und Heizleistung ihres neuen Systems nachweisen. Die Raumtemperatur konnte bei unterschiedlichsten Kombinationen von Außentemperaturen, Sonneneinstrahlungen und internen Wärmequellen gut auf die Solltemperatur geregelt werden. Der Betrieb des HyWin-Systems erwies sich als robust und störungsfrei.

**Ausblick:** Es folgt die vierte Phase des Projekts mit einer Pilotanlage. Professionelle Fassaden/HLK-Partner werden industriell herstellbare HyWin-Elemente entwickeln und ein südlich orientiertes Attikageschoss damit ausrüsten. In einer weiteren fünften Phase soll ein erstes kommerzielles Projekt realisiert werden.

#### Weitere Informationen

Jan Lipton, Partner  
HyWin GmbH  
CH-8832 Wollerau, SZ  
Schweiz  
jan.lipton@hywin.ch  
www.hywin.ch

## Thermisch aktive Struktur

Julian Berchtold, Leiter des Institute for Independent Studies Zürich, Schweiz, berichtete über eine Lösung einer thermisch aktiven Struktur für Gebäudehüllen. Das Kernprodukt ist ein massengefertigtes Bausteinmodul, welches additiv zusammengefügt wird und so die Struktur eines Gebäudes bildet. Das Modul vereint neben der statischen Funktion auch die Wärmedämm- sowie die Heiz- und Kühlfunktion. Die mehrschalige Auslegung umfasst eine Armierung für einen betonähnlichen Füllstoff und speziell gestaltete Zwischenräume zur Kontrolle der Wärmetransmission. Im Modul sind Wärmerohre und eine Verflüssigereinheit integriert, welche wahlweise als Wärmepumpe oder als Kühlaggregat betrieben wird. Das Gebäude wird mittels additiver, roboter-kompatibler Montage der Module bei gleichzeitigem Einbau des betonähnlichen Füllstoffs errichtet. Dieses System ist in der Lage, den Betriebsenergieverbrauch eines beliebigen Gebäudes substanziell zu senken. Zusätzlich setzt die über die Fläche bediente Heiz- und Kühlfunktion neue Maßstäbe bezüglich Nutzerkomfort.

**Innovation:** Realisierung erhöhter Energieeffizienz und Nachhaltigkeit mittels Kosteneinsparungen im Bauprozess. Das Ausschöpfen der Synergien zwischen den einzelnen Funktionen der Gebäudehüllen schafft substanzielle ökonomische Vorteile im Vergleich zu bestehenden Produkten und Verfahren. Das damit geschaffene Kosteneinsparungspotenzial zusammen mit den sich neu ergebenden Raumqualitätsmerkmalen bildet die Basis der Konkurrenzfähigkeit dieser Technologie.

**Ziele:** Entwicklung und Realisierung eines zukunftsfähigen und massenmarktauglichen Produkts, welches heutige Nachhaltigkeitskriterien und Qualitätsansprüche gleichermaßen erfüllt. Optimierung von Kosteneinsparungen im Bauprozess bei gleichzeitiger Erhöhung des Nutzerkomforts.

**Methoden:** frühzeitiges Umsetzen und Testen der Ideen anhand von Prototypen und Prozessabläufen, mit Fokus auf rigoroser, technischer Vereinfachung und Kosteneffizienz sowie Kompatibilität mit der Realität in der Bau Praxis. Innovation wird nicht als das Entwickeln neuer, technologischer Möglichkeiten verstanden, sondern als die auf Kosteneinsparungen getrimmte Vereinfachung bestehender Technologien.

**Ergebnisse:** ein breit gefächertes Patentportfolio bestehend aus drei US-Patenten, mehreren EU-Patentanmeldungen sowie dem kontinuierlichen Ausbau durch Teilanmeldungen zur Aufrechterhaltung des Patentschutzes über die ursprüngliche Schutzfrist hinaus (avoiding patent cliff). Es existiert ein substanzielles Kapital an technologischem und ökonomischem Know-how durch die Realisierung mehrerer Prototypen und Verfahren. Aktuell ist ein erstes, skalierbares Bausteinmodul fertiggestellt.

**Ausblick:** die Einbettung des neuen Produkts in bestehende Abläufe und Prozesse bezüglich Planung, Ausführung und Unterhalt. Anpassung an die bestehende und mögliche Weiterentwicklung der Baugesetzgebung sowie Verfeinerung des Kundennutzens mit Fokus auf der sich zurzeit neu entwickelnden Marktlage. Derzeit ist eine weitere Finanzierungsrunde mit Blick auf den europäischen Markt in Vorbereitung.

### Weitere Informationen

Dr. Julian Berchtold  
 Leiter des IIS Zürich  
 Institute for Independent Studies  
 Fortunagasse 18  
 CH-8001 Zürich  
 Schweiz  
 julian@iisz.ch  
 www.iisz.ch

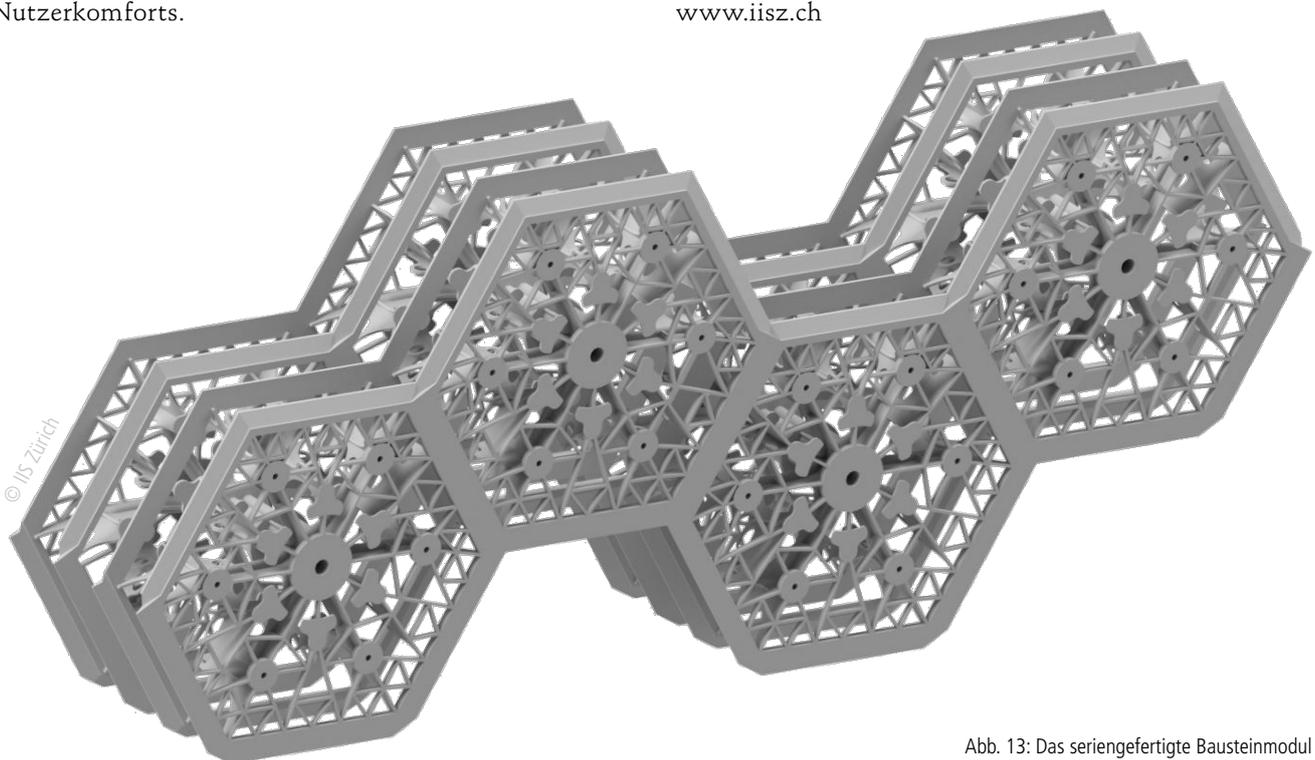


Abb. 13: Das seriengefertigte Bausteinmodul

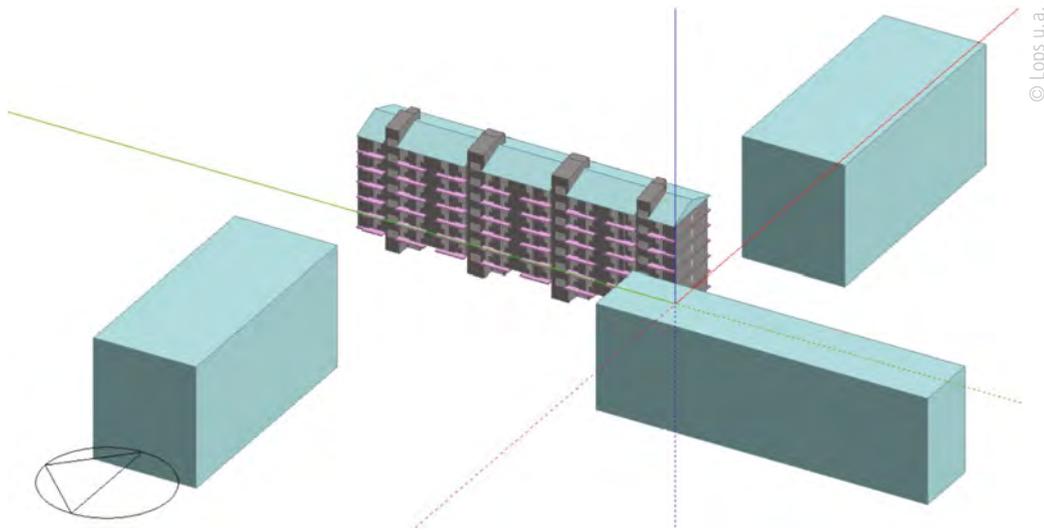


Abb. 14: Das Energiemodell der Fallstudie mit Balkonen und Nachbargebäuden – links vor und rechts nach der Modernisierung

### Doppelfassade für Bestandssanierung

Camilla Lops von der Abteilung für Ingenieurwesen und Geologie (INGEO), der Universität »G. d'Annunzio« aus Chieti-Pescara, Italien, präsentierte den Beitrag »Doppelschalige Fassaden zur ganzheitlichen Sanierung von Bestandsgebäuden: Eine Energieanalyse«. Als Co-Autoren wirkten auch ihre Kollegen Nicola Germano, Alessandro Ricciutelli und Sergio Montelpare mit.

**Innovation:** »Advanced Building Skin« bedeutet für Lops eine innovative und intelligente Gebäudehülle. Diese kann ihre wesentlichen thermischen Eigenschaften abhängig von den äußeren Bedingungen ändern. Ziel ist, die Behaglichkeit der Bewohner zu steigern oder die Umwelt durch das Gesamtsystem weniger zu belasten. Eine derartig konzipierte, zukunftsorientierte Gebäudehülle wäre in der Lage, sich selbst zu regulieren. Sie könnte als Filter, wie die Haut unseres menschlichen Körpers, wirken. Die Übernahme dieser biomimetischen Ansätze der natürlichen Bewältigungsmechanismen könnte für den Bausektor eine erfolgreiche Option darstellen.

**Ziele:** Das Projekt verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz bei der Modernisierung bestehender Gebäude. Diese werden dabei sowohl energetisch als auch baulich aufgewertet. Der europäische Baubestand stammt größtenteils aus der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg. Er sollte im Rahmen des Wiederaufbaus den dringenden Wohnungsbedarf decken. Diesen Bestand in ein widerstandsfähigeres Erbe umzuwandeln stellt heute ein unmittelbares Problem dar. Die im Projekt untersuchten doppelschaligen Fassaden sollen die Statik des nachgerüsteten Systems unterstützen. Dafür werden Streben eingesetzt, die auch die Hauptstruktur schützen. Das energetische Konzept des Hohlraums der Doppelfassade sieht vor, dass dieser sein Verhalten im Laufe des Jahres verändert. In den heißesten Monaten wird er natürlich belüftet und durch Außenjalousien ausreichend beschattet. In den kältesten Zeiten hingegen ist der Hohlraum abgedichtet und reduziert als Pufferzone die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle. Darüber hinaus werden im Rahmen des Projekts verschiedene Konfigurationen von Doppelfassaden analysiert und getestet. Ziel ist, für jede Typologie die Energieeffizienz zu quantifizieren.

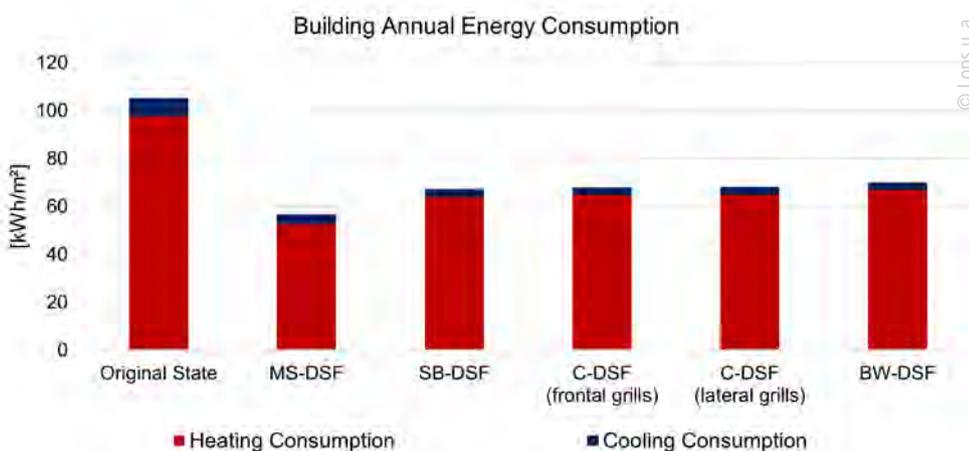
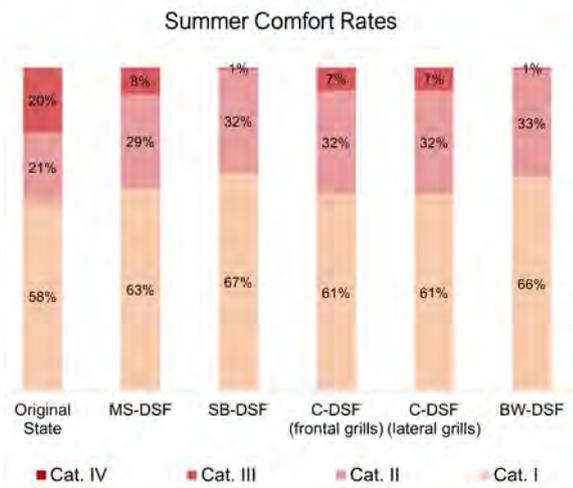
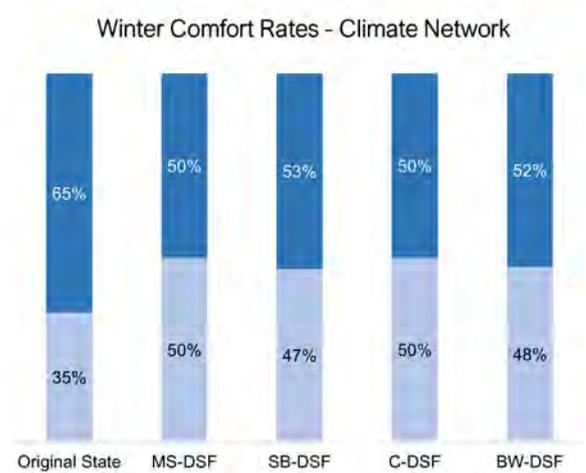


Abb. 15: Vergleiche zwischen Schätzungen des jährlichen Energieverbrauchs vor und nach der Einführung der doppelschaligen Fassade



© Lops u. a.

Abb. 16: Behaglichkeitsspannen für die typische Sommerwoche



© Lops u. a.

Abb. 17: Behaglichkeitsspannen für die typische Winterwoche

**Methoden:** Um die gesetzten Ziele zu erreichen, haben sich die Projektpartner in einem ersten Schritt mit der Fachliteratur befasst und bereits durchgeführten Studien der Branche analysiert. Anschließend haben sie multisektorale Analysen durchgeführt, um die vorgeschlagene Doppelfassade zu testen. Auf diesem Weg konnten sie deren Leistung durch dynamische Energie- und Struktursimulationen abschätzen.

**Ergebnisse:** Die Erkenntnisse durch numerische Modellierung bestärken die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Nachrüstlösung. Sie haben die Vorzüge der konzipierten Doppelfassade aufgezeigt, die den Energiebedarf des Gebäudes senkt und die Behaglichkeit in den Wohnräumen steigert. Gleichzeitig hat das System auch seine strukturellen Leistungen verbessert. In der Synthese hat sich der ganzheitliche Ansatz als die beste Wahl erwiesen. Er bietet erhebliche Vorteile in Bezug auf die Einsparung von Kosten und Zeit.

**Ausblick:** Die nächsten Schritte des Projekts ergeben sich hauptsächlich aus der Notwendigkeit, die Qualität der numerischen Simulationen zu verbessern. Die Projektpartner wollen auch innovative Versionen von Doppelhauffassaden

unter künftigen Klimabedingungen untersuchen. Im Fokus stehen die Auswirkungen des Anstiegs von Temperaturen und Sonneneinstrahlung auf diese komplexen Systeme. Darüber hinaus wird ein einfaches Modell entworfen und gebaut. Damit werden die Projektpartner experimentelle Kampagnen durchführen und die Messwerte mit den prognostizierten Ergebnissen vergleichen.

**Weitere Informationen**

Camilla Lops  
 Università degli Studi »G. d'Annunzio« Chieti – Pescara  
 Dipartimento di Ingegneria e Geologia (INGEO)  
 Viale Pindaro, 42  
 65127 Pescara  
 Italien  
 camilla.lops@unich.it  
 www.ingeo.unich.it

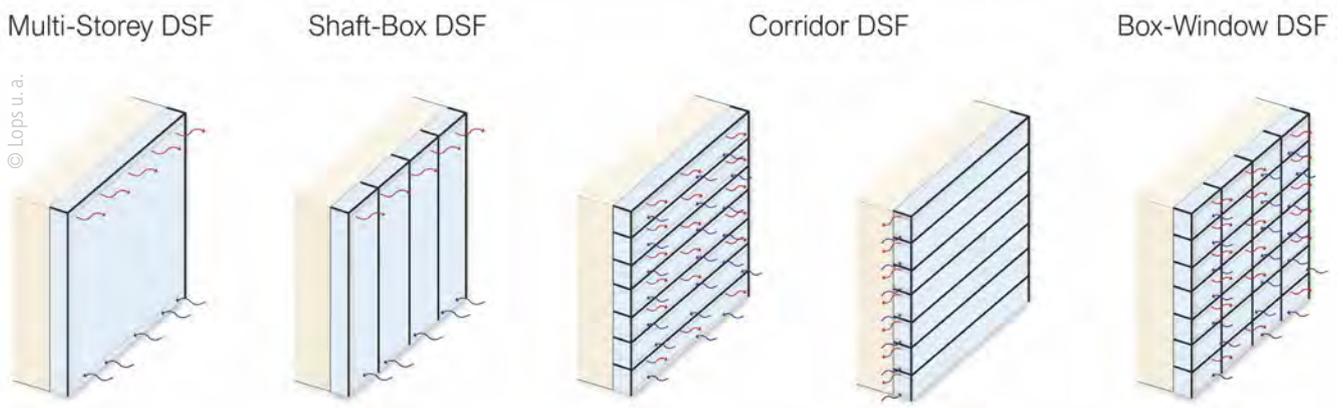


Abb. 18: Schema der untersuchten doppelschaligen Fassaden, ausgewählt für die Energiesimulationen



© Fraunhofer IBP / WindowMaster International A/S

Abb. 19: Das 3-D-Modell veranschaulicht den Grundriss und das Bauvolumen des Schulgebäudes

## Lüftungssysteme in Schulen

Mit dem Thema »Energie- und Lebenszykluskostenvergleich von natürlichen, mechanischen und hybriden Lüftungssystemen in Schulen« befassen sich als Projektpartner Simone Steiger von der Abteilung »Energieeffizienz und Raumklima« des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (IBP), Standort Holzkirchen, und Jannick Roth vom Unternehmen WindowMaster International A/S, Vedbæk, Dänemark.

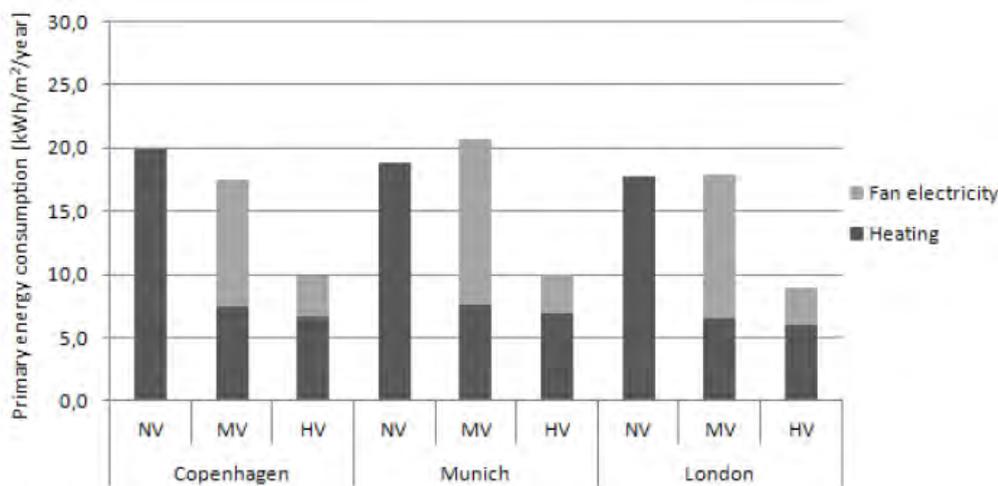
Die meiste Zeit verbringen Schülerinnen und Schüler außer zu Hause in der Schule. Daher ist eine sehr gute Lüftung in Klassenräumen für ihre Leistungsfähigkeit und zur Verringerung des Infektionsrisikos entscheidend.

**Innovation:** Gute Luftqualität in Innenräumen, ein angenehmes Raumklima und ein geringer Energiebedarf lässt sich aus Sicht der beiden Forscher nur durch kontrolliertes Lüften erreichen. Dazu führen sie folgende zwei Möglichkeiten auf. Fenster und Fassadenelemente werden automatisch geöffnet, gesteuert durch CO<sub>2</sub>-Sensoren, oder die Räume werden mechanisch über Lüftungsanlagen versorgt. Diese beiden Techniken lassen sich auch kombinieren. Im Winter eignet sich die mechanische Lüftung besser. Sie ermöglicht es, die Wärme zurückzugewinnen und die Zuluft zu konditionieren. Im Sommer bietet die automatisierte freie Lüftung überzeugende Vorteile: Die Motoren benötigen weniger Strom als Ventilatoren. Das Volumen des Luftstroms lässt sich zudem ohne zusätzlichen Energieaufwand

durch größere Öffnungsflächen steigern. Dadurch wird das Schulgebäude nachts effektiver gekühlt. In der Übergangszeit stellt das automatisierte, hybride Lüften die beste Variante dar. Nach Witterung und Raumnutzung geregelt, kann diese Methode die Laufzeit und damit den Energieverbrauch der Lüftungsanlage senken.

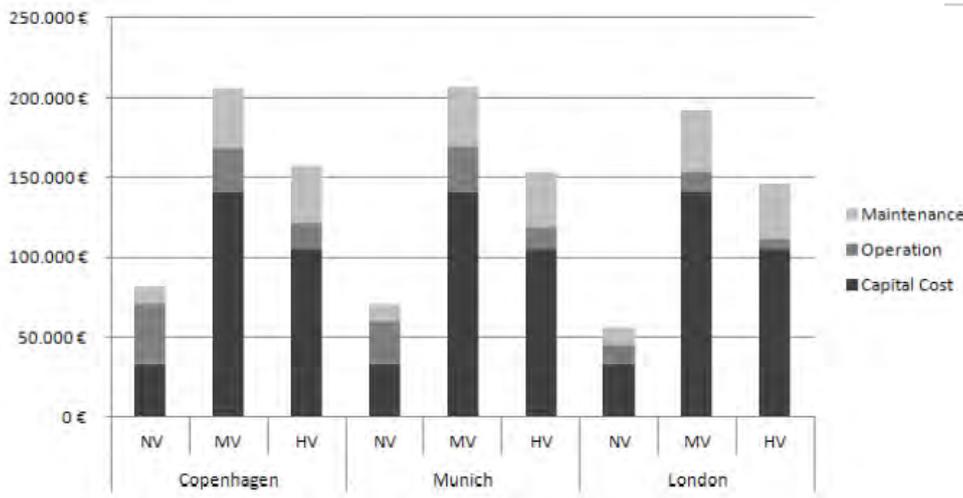
**Ziele:** Das vorgestellte Projekt soll dazu dienen, das hybride Lüften als Schlüsseltechnologie weiter zu etablieren, um Nutzern von Schulbauten ein gesundes und behagliches Raumklima zu sichern. Auch könnte diese Methode dazu beitragen, die stetig wachsenden energetischen Anforderungen an Gebäude erreichbar zu machen.

**Methoden:** Für diese Studie haben die Forscher den Energiebedarf und das Raumklima eines sehr gut gedämmten Schulgebäudes an drei verschiedenen Standorten simuliert. Dabei haben sie einen hygienischen Luftwechsel sowie bei Bedarf auch Nachtabkühlung vorausgesetzt. Drei verschiedene Varianten haben sie dabei untersucht: automatisierte Fensterlüftung sowie mechanisches und hybrides Lüften. Diese Szenarien haben sie mit dem Softwareprogramm VE-Pro simuliert. Dieses kann sowohl Anlagen zum Heizen, Lüften und Kühlen (HLK) als auch die freie Lüftung abbilden. Bei Letzterer berücksichtigt das Simulationsprogramm ebenfalls die Art der Fenster und die Einflüsse von Windturbulenzen. Die Regelstrategie für freie und hybride Lüftung bildet es dabei so genau wie möglich ab, was auch



© Fraunhofer IBP / WindowMaster International A/S

Abb. 20: Primärenergieverbrauch



© WindowMaster International A/S

Abb. 21: Die Gesamtinvestition über einen Zeitraum von 20 Jahren

der Regelstrategien von WindowMaster entspricht. Diese soll gemäß der Aussage der Hersteller das natürliche Lüften möglichst getreu nachbilden. Um einen echten Vergleich der Energieeffizienz der Systeme zu erreichen, waren die Forscher bestrebt, nahezu identische Raumklimasituationen abzubilden. Ergänzend dazu haben sie auch deren voraussichtliche CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die Kosten für Investition und Betrieb auf 20 Jahre berechnet.

**Ergebnisse:** Die Studie konnte anhand der Simulationen folgende Erkenntnisse aufzeigen. Der Primärenergiebedarf zum Heizen und Lüften unterscheidet sich nur unwesentlich bei mechanischer und automatisierter freier Lüftung. Die Werte für den Bedarf liegen zwischen 18 und 21 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Die hybride Lüftung hingegen spart laut Simulation 44 bis 52 Prozent Energie ein. Das wären jeweils 9 bis 10 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Auch für Investitionen, Betrieb (Heizen und Strom) und die Wartung ergeben sich beim hybriden Lüften ca. 25 Prozent geringere Gesamtkosten als bei der mechanischen Variante.

**Ausblick:** Die nächsten Schritte sind noch nicht festgelegt. Möglich wäre, verschiedene Kombinationen von natürlichem und mechanischem Belüften zu untersuchen, beispielsweise mit mechanischer Quelllüftung. Damit ließe sich eine höhere Effizienz beim Lüften erreichen. Bei der Hybridvariante könnte man das natürliche Belüften auch während der kälteren Perioden für die intermittierende Belüftung verwenden. Damit ließe sich ein Teil des Bedarfs an Frischluft decken.

#### Weitere Informationen

Dipl.-Ing. Simone Steiger  
 Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Standort Holzkirchen  
 Fraunhoferstraße 10  
 83626 Valley  
 simone.steiger@ibp.fraunhofer.de  
 www.ibp.fraunhofer.de

Jannick K. Roth  
 WindowMaster International A/S  
 Skelstedet 13  
 DK 2950 Vedbæk  
 jkr.dk@windowmaster.com  
 www.windowmaster.com

## Fazit

Die vorgestellten Projekte zeigen eine Vielfalt von Mitteln und Wegen für innovative Gebäudehüllen. Ihr gemeinsames Ziel ist, dass sie nicht nur aktuelle und künftig absehbare Anforderungen an klimaneutrale Neu- und Bestandsbauten erfüllen, sondern darüber hinaus die bioklimatischen Potenziale der Gebäudehülle für Umwelt und Nutzer im Blick haben. Dafür integrieren sie neue, zusätzliche Funktionen in die Fassaden. Damit schaffen sie dynamische »Brücken« von den wechselnden Außenbedingungen zu den möglichst konstanten Konditionen im Innenbereich durch filtern, ändern, umleiten und sogar Rotieren ganzer Fassadenelemente. Dies betrifft zunächst den Temperaturunterschied zwischen Umwelt und Innenräumen, aber auch die Solarstrahlung und Lüftung. Gemeinsam ist den Projekten, dass sie die Chance erneuerbarer Energien nutzen, allen voran die Sonnenenergie. Auch nehmen die Entwickler Fassaden nicht mehr nur statisch wahr, sondern konzipieren und gestalten sie veränderbar. Die Kontaktdaten zu den Referenten erlauben interessierten Lesern, die Projekte weiterhin zu verfolgen.

## Hinweise

Alle Vorträge von 2021 – Videos, Präsentationsfolien und den Tagungsband – können Sie kostenpflichtig bestellen unter: <https://abs.green/registration>.

Die 17. Advanced Building Skins 2022 findet am 20. und 21. Oktober 2022 in Bern (Schweiz) statt.

## DIE AUTORIN



Dipl.-Ing./UT Melita Tuschinski  
 Freie Architektin

Seit 1996 selbstständig in Stuttgart tätig, mit Schwerpunkt »Energieeffiziente Architektur in Neubau und Sanierung mit Internet-Medien«; seit 1999 Herausgeberin und Redakteurin des Expertenportals zu energieeffizienten Vorschriften für Gebäude; Autorin des Fachbuchs »Energieausweise für die Praxis – GEG 2020: Ausweise erstellen, lesen, nutzen und aushängen. Leitfaden für Energie-Experten, Eigentümer und Immobilienwirtschaft«.

Institut für Energie-Effiziente Architektur mit Internet-Medien  
 Dipl.-Ing./UT Melita Tuschinski, Freie Architektin  
 Bebelstraße 78 | 70193 Stuttgart  
 info@tuschinski.de | www.tuschinski.de  
 www.GEG-info.de | www.EnEV-online.de | www.GEIG-online.de

# Bauen +

interdisziplinär  
kompetent  
praxisnah

Jetzt regelmäßig  
lesen!



## Ihre Vorteile als Abonnent:

- + Keine Ausgabe mehr verpassen
- + Praktisches allroundo® All-in-One-Ladekabel gratis
- + 10 % Nachlass auf das komplette Seminar und Tagungsangebot\* aus dem Bereich Bauwesen, Energieeffizienz und Umwelt der Technischen Akademie Esslingen (TAE).

Hier abonnieren &  
Geschenk sichern!



\* Die Aktion gilt für das Veranstaltungsangebot im Zeitraum vom 1.9.20 bis 31.12.22. Ausgenommen sind Zertifikatslehrgänge und Inhouse-Veranstaltungen. Eine Kombination mit anderen Rabattaktionen der TAE ist ausgeschlossen.