

## plusFASSADEN

Internationaler Know-how- und Wissenstransfer über  
„intelligente Fassadensysteme“ für österreichische  
AkteurInnen und KompetenzträgerInnen

E. Haselsteiner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 50/2011

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# plusFASSADEN

Internationaler Know-how- und Wissenstransfer über  
„intelligente Fassadensysteme“ für österreichische  
AkteurInnen und KompetenzträgerInnen

DI DR Edeltraud Haselsteiner

DI Thomas Zelger, DI (FH) Felix Heisinger  
IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und  
-ökologie (Wärmebrückenberechnungen)

Wien, Mai 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“).

Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

<b>plusFASSADEN – BERICHT</b> .....	<b>9</b>
Kurzfassung .....	10
Abstract .....	12
Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	15
<b>plusFASSADEN – TEIL I Innovationen und Projekte</b> .....	<b>17</b>
<b>I ÖKO (HOLZ)-FASSADEN: großformatig vorgefertigte Holz-Fassadenelemente</b> .....	<b>18</b>
Infos / Literatur .....	18
Adressen / Hersteller (Auswahl) .....	19
Projekte / Produkte Österreich (Beispiele).....	20
Neue hochwärmedämmende Holzleichtbauweisen für Objekte im Passivhausstandard.....	20
Passivhaus-Schulsanierung Schwanenstadt.....	20
Einzelkomponenten / -Systeme .....	20
Harrer Dämmständer .....	20
Phoenix Facade .....	21
Projekte .....	24
Wohnbau Schmiedhof, Ebikon, Schweiz .....	24
Siedlung Bad Aibling, Sanierung ehemaligen Militärbauten zu Wohngebäuden (EnEff-Stadt).....	27
Projekte - DETAIL .....	28
<b>II HYBRID-Fassaden: Innovative hocheffiziente Dämmsysteme (Nano-, Aerogel / VIP / TWD)</b> .....	<b>29</b>
Infos / Literatur .....	29
Einführung.....	33
Nanotechnologie im Bauwesen .....	33
Aerogel / Nanogel .....	34
VIP-Vakuum-Isolations-Paneele .....	35
Transparente Wärmedämmung .....	35
Projekte / Produkte Österreich (Beispiele).....	36
Einsatz von Vakuumdämmung im Hochbau (Project b1) .....	36
Praxis- und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärmedämmsystemen .....	36
Altbausanierung auf Passivhausstandard mit Vakuum-Isolations-Paneelen (VIPs) .....	36
Transluzente Fassadensysteme, Aerogel / Nanogel Kunststoffpaneele (Polyesterstegplatten).....	37
WOODSTOCK Ausstellungshalle, Swissbau 2010 (NEUBAU) .....	37
Turnhalle der Schule Buchwiesen in Zürich.....	38
Wohnbauten Hofheim – vorgefertigte Fassadenelemente mit VIP – Vakuumdämmung .....	40
VIP-Demonstrationsgebäude Ravensburg (NEUBAU) .....	43
Demonstrationsgebäude Neumarkt in der Oberpfalz / Sandwich-Elemente mit integrierter Vakuumdämmung für Holz-Beton-Mischbauweise (NEUBAU).....	45
Projekte - DETAIL .....	47
<b>III Speicher Fassaden / PCM – Phase-Change-Materials</b> .....	<b>48</b>
Infos / Literatur .....	48
Adressen / Hersteller (Auswahl) .....	49
Einführung.....	50
Phasen- oder viskositätsveränderliche Materialien (z.B. PCM).....	50
Anorganische und organische Phasenwechselmaterialien (PCM-Materialien) .....	50
TABS – Thermoaktive Bauteilsysteme .....	54
Flüssigkeitsdurchströmte Glasfassade - GLASSLiquid .....	55
Forschungsprojekte .....	56
GlasX - Transparentes Fassaden-Bauelement .....	57
Produkte .....	57
Wohnhaus Ebnat Kappel – CH (NEUBAU).....	59
Alterswohnanlage in Domat / Ems - CH (NEUBAU) .....	60
Fassadensanierung in Liechtensteig (CH).....	60

Nullenergiebau Eulachhof, Oberwinterthur - CH (NEUBAU) .....	61
<b>IV Solaraktive Fassaden .....</b>	<b>63</b>
Infos / Literatur .....	63
Projekte / Produkte Österreich (Beispiele).....	63
REVITALISIERUNG mit S.A.M. - Synergie aktivierende Module .....	63
GAP-SOLAR (gap-solution) .....	63
Thermocollect – Solar Aktives Energie-Fassadensystem .....	64
Projekte - DETAIL .....	66
<b>V Energie Fassaden: PV+Solar .....</b>	<b>67</b>
Infos / Literatur .....	67
Adressen / Hersteller (Auswahl) .....	68
Photovoltaik Österreich .....	68
International .....	70
Forschung .....	72
Einführung.....	72
Entwicklungen .....	72
Forschungsprojekte Österreich / EU (Beispiele) .....	74
SimpliCIS-Flexible Dünnschichtsolarzellen.....	74
Photovoltaik-Module für Gebäudeintegration.....	74
Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung .....	74
„Colourface“ – Entwicklung färbiger Solarkollektoren zur Gebäudeintegration .....	74
NEGST - New Generation of Solar Thermal Systems.....	75
„Power Plastik“ - Polymer-Solarzellen .....	75
SolPol.....	76
Forschungsprojekte International .....	76
PV.VH-Fassaden – Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaik-elementen .....	76
Alternative Photovoltaik-Technologien.....	77
Forschungsinitiative „Organische Photovoltaik“.....	77
Metamorphe Mehrfachsolarzellen und Konzentratormodule / III - V Epitaxie, Solarzellen und Bauelemente / Konzentrator-PV-Systeme .....	77
Transparentes Farbstoffsolarmodul in Siebdruckverfahren und Glaslottechnik.....	78
„ColorSol“ Photovoltaikmodulen mit FSZ für die Gebäudeintegration.....	81
Organische Solarzellen .....	82
„Integration von Solarthermie in Fassaden“ - Fassadensystem mit Röhrenkollektoren.....	83
E2 Fassade -Energie Fassade .....	85
Realisierte Projekte International.....	86
Paul-Horn-Arena Tübingen (NEUBAU).....	86
Bürogebäude für die Biohaus PV Handels GmbH (NEUBAU) .....	87
Capricornhaus Düsseldorf (NEUBAU) .....	88
News / Produkte.....	89
Stromerzeugende Fenster .....	89
Kombination von gefärbtem Glas mit Solarzellen.....	89
Farbige Solarzellen - PV-Module als Gestaltungselemente .....	89
Solare Kunst -Glasmalerei mit integrierten Solarzellen .....	90
Solarglaskollektoren.....	90
Projekte - DETAIL .....	90
<b>VI Grüne Fassaden .....</b>	<b>91</b>
Infos / Literatur .....	91
Adressen / Hersteller (Auswahl) .....	91
Projekte / Produkte Österreich (Beispiele).....	92
GrünStadtKlima - Optimierung des urbanen Klimas und Wasserhaushalts .....	92
Vegetationswand - Sanierung eines Pensionistenwohnhauses zum Passivhaus.....	92
Katalog der Modernisierung.....	92
FRONIUS Revitalisierung Wels – Green Vertical Garden von Patric Blanc.....	93
Einführung.....	93
Sanierung Koreanischer Geschoßwohnbauten .....	94
HF-Vegetationswand; Forster Baugrün AG, Kerzers.....	96



„MUR Végétal“, Patrick Blanc .....	99
Ruderalfassade Prototyp – „Woodstock“, Swissbau 2010.....	101
Green-Screen-Fassade – Schulzentrum Obernai .....	102
<b>VII Multifunktionale Intelligente Fassaden: adaptive Hüllen / Glastechnologie / Medienfassaden / Biokunststoffe .....</b>	<b>104</b>
Infos / Literatur .....	104
Adressen / Hersteller (Glastechnologie).....	104
Forschung (Auswahl) .....	109
Einführung.....	110
Entwicklungen Überblick.....	110
Intelligente Baumaterialien / adaptive Werkstoffe.....	111
Tageslichtlenkung / Verglasung.....	113
Digitale- / Medien-Fassaden .....	114
Polytronik .....	115
Biokunststoffe .....	116
Realisierte Projekte.....	116
PAUL – adaptive textile Gebäudehülle .....	116
Solar Display - A Self sustainable Communication Display for Media Facades, Linz .....	117
Green Pix- Zero Energy Media Wall .....	118
<b>plusFASSADEN – TEIL II best practice Beispiele - DETAILS .....</b>	<b>119</b>
<b>I Holzfertigelemente mit integrierter Flächenheizung.....</b>	<b>120</b>
B&O Parkgelände Bad Aibling – Sanierung ehemaligen Militärbauten zu Wohngebäuden .....	120
Projektbeschreibung Überblick .....	120
Projektbeschreibung Bestand .....	121
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	123
<b>II Holzrahmenelemente vorgefertigt .....</b>	<b>129</b>
Bruckmühl, Deutschland – Sanierung eines Geschosswohnungsbaus (Niedrigenergiehaus mit PH-Komponenten) .....	129
Projektbeschreibung Überblick .....	129
Projektbeschreibung Bestand .....	130
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	130
<b>III PHI-zertifiziertes Bausystem Naumann&amp;Stahr .....</b>	<b>137</b>
Leipzig, Aufstockung und Altbausanierung mit Holz-Bausystem .....	137
Projektbeschreibung Überblick .....	137
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	139
<b>IV TES- EnergyFACADE.....</b>	<b>146</b>
EU Forschungsprojekt TES EnergyFacade.....	146
Pilotprojekt - Studentenwohnheim Burse der Bergischen Univerität Wuppertal .....	152
Projektbeschreibung Überblick .....	152
Projektbeschreibung Bestand .....	154
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	155
Weitere Projekte (Auswahl) .....	159
Pilotprojekt Norwegen: Risør School, Risør Technical College, Norway .....	159
8-storey high student dormitory building <i>Pohjankaleva</i> , Oulu, Finnland.....	162
Realschule Buchloe, Deutschland .....	162
Georg-Schulhoff-Realschule, Deutschland.....	162
<b>V Fassadenpaneele mit Polycarbonat-Mehrstegplatten .....</b>	<b>163</b>
Sanierung Verwaltungs- und Betriebsgebäude Entsorgung Remscheid .....	163
Projektbeschreibung Bestand .....	165
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	166

<b>VI „IEA ANNEX 50“ – Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings.....</b>	<b>175</b>
Einführung.....	175
Pilotprojekt Mehrfamilienhaus-Erneuerung Zürich-Höngg.....	187
Projektbeschreibung Überblick .....	187
Projektbeschreibung Bestand .....	188
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	188
Weitere Pilotprojekte (Auswahl).....	194
Pilotprojekt Magnusstrasse 23, Zürich.....	194
Pilotprojekt Bohlstrasse 37, Zug .....	194
Pilotprojekt Graz Dieselweg.....	194
Weitere Forschungsprojekte (Auswahl).....	195
CCEM Retrofit - Advanced Low Energy Renovation of Buildings.....	195
Passivhaussanierung im sozialen Wohnbau – Entwicklung eines Planungstools (E-Retrofit kit) .....	195
ROSH - Retrofitting of Social Housing .....	195
<b>VII „Aktive Gebäudehülle“ – Porenlüftungsfassade kombiniert mit Solarkollektorfassade .....</b>	<b>196</b>
B&O Parkgelände Bad Aibling – Umbau der ehemaligen Mangfallkaserne.....	196
Projektbeschreibung Überblick .....	196
Projektbeschreibung Bestand .....	201
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	202
<b>VIII GAP-SOLAR (gap-solution)-Fassade .....</b>	<b>210</b>
Produkte.....	210
gap ISO:lution .....	210
gap AIR:solution.....	210
gap WATER:solution.....	210
gap PIPE:solution.....	210
Gap-Solar-Wabenfassade (gap-solution)- DETAIL .....	211
Referenzprojekt Passivhaussanierung Markartstrasse, Linz.....	214
Projektbeschreibung Überblick .....	214
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	214
Weitere Referenzprojekte Österreich (Auswahl) .....	219
Revitalisierung Wohnanlage Dieselweg, Graz-Liebenau.....	219
Referenzprojekte International (Auswahl).....	220
Solarfassade Erfurt .....	220
Morges, Sanierung eines Gebäudes im Stadtzentrum .....	221
Lübeck, Trave Schulzentrum, Sanierung.....	221
<b>IX Lichtaktive Glas-Holzfassade - Lucido® Solar .....</b>	<b>222</b>
Produkt.....	222
Lichtaktive Glas-Holzfassade: Fassade aus Solarglas und Holz.....	222
Referenzprojekte (Auswahl) .....	231
Sanierung RFH Bleisch, Flawil SG .....	231
Sanierung EKZ Hubzelg, Romanshorn.....	232
Solarsiedlung Zielstrasse in Winterthur (NEUBAU).....	235
Solarsiedlung Hofberg 1-3 in Will (NEUBAU) .....	235
<b>X BIPV-Module in Dünnschichttechnologie.....</b>	<b>236</b>
Einführung.....	236
Forschungsprojekte .....	236
BIPV-CIS Gebäudeintegrierte PV-Module auf der Basis von CIS-Dünnschichttechnologie .....	236
PV.VH-Fassaden – Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaikerelementen .....	238
CIS -Dünnschicht-Solarzellen- / PV-Fassaden-Module.....	239
StoVerotec Photovoltaic - ARTLine Invisible (Würth) .....	239
DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte .....	240
Realisierte Projekte (Auswahl).....	242
Erweiterungsbau München / CIS-Dünnschichtmodule .....	242
Sulfurcell Solartechnik GmbH, Berlin (NEUBAU) .....	243

surPLUShome TU-Darmstadt, Beitrag Uni-Wettbewerb (NEUBAU) .....	243
News / Produkte.....	244
Photovoltaik im Fassadenverbund.....	244
Dünnschicht-Solarmodul auf Baustahlfolie .....	245
<b>plusFASSADEN – TEIL III Wärmebrückenberechnungen.....</b>	<b>246</b>
<b>Wärmebrückenberechnungen ausgewählter Systeme.....</b>	<b>247</b>
Allgemeines .....	247
Methode .....	247
Annahmen, Kennwerte.....	247
Funktionale Einheit/U-Wert Berechnung.....	248
II Holzrahmenelemente vorgefertigt, Bruckmühl .....	250
Vertikalanschluss Elementstoß Geschossdecke .....	250
Vertikalanschluss Geschossdecke Balkontür Anschluss unten.....	251
Vertikalanschluss Geschossdecke Balkontür Anschluss oben inkl. Jalousienkasten .....	252
IV TES EnergyFacade, vorgehängte Holztafelelemente, hinterlüftete Fassade, Last geschossweise abgetragen, Studentenwohnheim „Neue Burse“, Wuppertal .....	253
Horizontalschnitt Außenecke ohne Fenster .....	253
Horizontalschnitt Außenecke mit Fenster .....	254
Vertikalschnitt Geschossdecke/Fassade opak .....	255
Vertikalschnitt Geschossdecke/Terrassentüre Anschluss oben .....	256
Vertikalschnitt Geschossdecke/Terrassentüre unten .....	257
Horizontalschnitt Fassadenübergang .....	258
Vertikalschnitt Sockel Außenwand/Decke nach unten .....	259
V Fassadenpaneele mit Polycarbonat-Mehrstegeplatten, vertikale Elemente über mehrere Fassaden, Remscheid .....	260
Horizontalschnitt Elementverbindung .....	260
Vertikalschnitt Zwischendecke/ Elementverbindung.....	261
Vertikalschnitt Sockelanschluss.....	263
VI IEA ANNEX 50, Vertikale Elemente um Fenster, Rest am Bau komplettiert .....	264
Vertikalanschluss Geschossdecke ohne Fenstereinbau .....	264
Vertikalanschluss Geschossdecke inkl. Fenster.....	265
Vertikalanschluss Geschossdecke inkl. Fenster und Rollokasten.....	266
Vertikalanschluss Dach neu.....	267
Horizontalschnitt HT-Element .....	268
Horizontalschnitt HT-Element inkl. Fenstereinbau.....	269
Horizontalschnitt HT-Element inkl. Fenstereinbau unter Berücksichtigung der Rohrleitung .....	270
VII „Aktive Gebäudehülle“ – Porenlüftungsfassade (Holzelemente) kombiniert mit Solarkollektorfassade, Bad Aibling .....	272
Vertikalanschluss Elementstoß.....	272
Vertikalanschluss Sockel .....	273
Vertikalanschluss Sockel angepasst.....	274
X BIPV-Module in Dünnschichttechnologie .....	275
Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung PVC Gleitpunkt.....	275
Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung PVC Haltepunkt.....	276
Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung Schaumglas 4cm Gleitpunkt .....	277
Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung Schaumglas 4cm Haltepunkt .....	278
Zusammenfassung .....	279



# **plusFASSADEN – BERICHT**

# Kurzfassung

## Ausgangssituation/Motivation

Das Projekt geht von der Idee aus, dass vorgefertigte intelligente Fassadensysteme für die energieeffiziente Sanierung von Bauten eine zukunftssträchtige Technologie darstellen. Dabei muss dem Mehrfachnutzen der Gebäudehülle in der Entwicklung zum „Plus-Energie-Gebäude“ ein besonders hoher Stellenwert eingeräumt werden. Aufbauend auf bisher positiven Erfahrungen sollen nunmehr weitere internationale Beispiele von innovativen Fassadensystemen für die energieeffiziente Sanierung von großvolumigen Geschosswohnbauten der 1960er-1970er Jahre ermittelt werden. Die Aufbereitung der Information für einen speziellen – allerdings sehr gehäuft vorkommenden und für eine CO<sub>2</sub>-Einsparung im Gebäudesektor besonders relevanten – Gebäudetyp, soll die direkte Umsetzbarkeit demonstrieren und eine Übertragbarkeit auf Bauten mit ähnlicher Bautypologie gewährleisten.

## Inhalte

Die inhaltliche Schwerpunktsetzung erfolgte auf Fassadensystemen, die einen besonderen zusätzlichen Nutzen im Sinne der Programmziele realistisch erscheinen lassen. Dazu zählen zum Beispiel Fassadensysteme zur integrierten Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energie ebenso wie solche, die intelligente Lösungen für die Gebäudeintegration von Haustechnikkomponenten (Heizung, Kühlung/Klimatisierung und Lüftung) aufweisen oder besonders effiziente Fassaden- und Wandelemente.

## Methodische Vorgehensweise

Aus fachspezifischem Quellen- und Datenmaterialien wurde in einem ersten Analyseschritt eine breite Wissensbasis über Sanierungsprojekte mit innovativen vorgefertigten Fassadensystemen hergestellt. Die Ergebnisse wurden in einer ExpertInnenrunde von Haus der Zukunft-AkteurInnen zur Diskussion gestellt, bewertet und die zehn innovativsten „best-practice“ Beispiele zur weiterführenden Dokumentation und Bearbeitung ausgewählt. Diese ausgewählten Projekte wurden textlich, planlich und bildlich in einer einheitlichen und anschaulichen Form aufbereitet. In der Ausarbeitung werden die recherchierten Ergebnisse mit vorhandenem Wissen aus vorangegangenen „Haus der Zukunft“-Projekten und dazu thematisch in Beziehung stehenden Ergebnissen verknüpft (Passivhaussanierung im sozialen Wohnbau - Entwicklung eines Planungstools; Praxisleitfaden für nachhaltiges Sanieren und Modernisieren bei Hochbauvorhaben; Demonstrationsvorhaben etc.) sowie abgestimmt auf die Bautypologie des Geschosswohnbaus der 1960er und 1970er Jahre dargestellt.

Im letzten Arbeitsschritt erfolgte die Dissemination der Ergebnisse. Die Ergebnisse wurden auf Themenworkshops der Programmlinie vorgestellt. Weiteres sind drei Fachbeiträge in der Zeitschrift Architektur- und Bauforum erschienen. Ein weiterer Fachbeitrag ist noch geplant. Ebenso sind weitere Präsentationen auf nationalen und internationalen Tagungen vorgesehen.

## Ziele und Ergebnisse

Ziel war es, den derzeitigen Stand der Technik und das vorhandene Know-how und Wissen für AkteurInnen in Österreich zielgruppengerecht aufzubereiten und für sie nutzbar zu machen.

Das Ergebnis dieser Studie richtet sich vorwiegend an PlanerInnen und EntscheidungsträgerInnen im bauausführenden Gewerbe. Einen hohen Stellenwert nimmt dabei die Gruppe der in Pilot- und Leitprojekten tätigen KompetenzträgerInnen ein, die daher in den Auswahl- und Ausarbeitungsprozess auch direkt einbezogen wurde. Die durch das Programm „Haus der Zukunft“ erreichte Technologieführerschaft in Schlüsseltechnologien des nachhaltigen Bauens soll somit weiter ausgebaut und eine fundierte technologische Basis zur Weiterentwicklung in Richtung „Plus-Energie-Haus“ ermöglicht werden.

Die Ergebnisse der Recherche sind in einem umfassenden Kompendium zum Thema „intelligente Fassadensysteme“ zielgruppenorientiert aufbereitet. Im ersten Teil werden Entwicklungen und konkrete Projekte mit sehr unterschiedlichen Produkten und Materialien aufgezeigt. In den sieben Kategorien **Holzfassaden – Hybridfassaden – Speicherfassaden – Solaraktive Fassaden –**

**Energiefassaden – Grüne Fassaden und Intelligente Fassaden** sind gegenwärtige Entwicklungen, innovative Produkte und Materialien oder Pilotprojekte dokumentiert.

Im zweiten Teil sind die vom Expertinnen- und Expertengremium ausgewählten zehn best practice Beispiele oder -Systeme detailliert textlich, bildlich und planlich dargestellt. Vom Institut für Baubiologie wurden für relevante Systeme zusätzlich Wärmebrückenberechnungen durchgeführt, die ebenfalls im Kompendium zu finden sind.

### **Ausblick**

Um die hochwertigen vorgefertigten Systeme auch preislich konkurrenzfähig zu machen wäre die weitere Entwicklung in Richtung Standardisierung ein logischer Schritt. Eine vielversprechende Entwicklung liegt in der Kombination von Holzkonstruktionen mit integrierten solaren Elementen (Solarkollektoren, PV etc.) oder Elementen der Haustechnik (Leitungen, Lüftungsgeräte, etc.). Die Eignung von vorgefertigten Holzfassadenelementen in der Gebäudemodernisierung wurden bereits an einigen Pilotprojekten erfolgreich erprobt. Fragen des Brandschutzes, Schallschutzes und der Statik sind in diesem Zusammenhang noch intensiver zu klären.

# Abstract

## Starting point / motivation

The project proceeds from the idea that prefabricated intelligent facade systems represent a promising technology for the energy efficient refurbishment of buildings. Towards „plus energy buildings“, a particularly high value must be granted to the multiple function of the building shell. Based on positive experiences further international examples of innovative facade systems for the energy efficient refurbishment of big residential buildings of the 1960's-1970's are to be determined now. The processing of the information for a special – however very frequently occurring and for CO<sub>2</sub>-saving in the building sector particularly relevant – building type, is to demonstrate the direct negotiability and to ensure a transferability on buildings with similar building typology.

## Contents

The project focuses on facade systems with special additional benefits in the sense of the program goals. For example, facade systems with integrated energy production by means of renewable energies just like such that provide intelligent solutions for the building integration of building services components (heating, cooling/air conditioning and ventilation) or exhibit particularly efficient facade- and wall elements.

## Methods of treatment

In a first step a broad knowledge base over refurbishment projects with innovative prefabricated facade systems was made. These results were discussed and evaluated in a group of “building of tomorrow” experts and ten innovative „best practice“examples were selected by the participants for a resuming documentation and treatment.

The results were linked with existing knowledge from preceding “building of tomorrow” projects (e-retrofit kit - tool kit for passive house retrofit, Practice Guide for Sustainable Building Sanitation and Modernisation within Construction Intents, Demonstration project etc.) and put into an additional thematical relationship with the building typology of the residential building construction of the 1960's and 1970's.

In the further procedure the dissemination of the results are intended. On one hand, the results will be presented for a group of “building of tomorrow” experts. On the other hand, a publication of the results in an architectural journal (Architektur- und Bauforum, supplement SKIN) is aimed.

## Results and goals

A goal was to process the present state-of-the-art and the existing know-how and knowledge for Austrian experts. The result of this study is predominantly addressed to planners and decision makers in the building sector. Thereby, the group of authority on energy-efficient building technology and the project managers of demonstration projects are directly involved in the evaluation and elaboration process. Technology leadership in key technologies of energy efficient buildings reached by the program “building of tomorrow” is to be further developed and strengthened. A well founded technological basis for a further development toward „plus energy buildings“ is going to be provided.

## Outlook

To make high-quality prefabricated façade-systems economically competitive the further development toward standardization will be a logical next step. A promising development lies in the combination of timber constructions with integrated solar elements (solar heat collectors, photovoltaic etc.) or elements of the building services (lines, ventilation devices etc.). Prefabricated timber facade elements in the building modernization were already tested successfully at some pilot projects. In this context questions of the fire protection, noise control and the statics are to be clarified more intensively.



# Inhalte und Ergebnisse des Projektes

## Grundlegende Idee und Zielsetzung

Das Projekt geht von der Idee aus, dass vorgefertigte Fassadensysteme für die energieeffiziente Sanierung von Bauten eine intelligente und zukunftsträchtige Technologie darstellen. Dabei muss dem Mehrfachnutzen der Gebäudehülle in der Entwicklung zum „Plus-Energie-Gebäude“ ein besonders hoher Stellenwert eingeräumt werden. Dies belegen auch einige der erfolgreichen, im Rahmen von Haus der Zukunft realisierten Pilotprojekte wie die Sanierung eines mehrgeschossigen Wohnhauses in Linz, Makartstraße, mit einer gap-solar Fassade oder die Sanierung der Schule in Schwanenstadt mittels vorgefertigten Holzwandelementen.

Durch die Aufbereitung internationalen Know-hows und Stand der Technik zu diesem Themenfeld soll den Österreichischen KompetenzträgerInnen eine fundierte Wissensbasis zur Verfügung gestellt werden, die eine darauf aufbauende Weiterentwicklung ermöglicht und sie zu einer darüber hinaus gehenden innovativen Anwendung befähigt. Innovative Bauvorhaben werden im Regelfall zwar publiziert, sehr oft aber nur regional und selten in der Ausführlichkeit und mit fundierten und gebündelten Informationen, die als Entscheidungsgrundlage für eine Anwendung notwendig wären. Reine Produktinformationen oder architektonische Darstellungen greifen hier zu kurz. Oftmals sind in Bau- und Planungsbüros die zeitlichen Ressourcen zu weiterführenden Recherchen nicht gegeben, und mangels fundierter Information wird auf bisher bekannte Produkte zurück gegriffen. Diese Informationsgrundlage soll nun in diesem Projekt hergestellt werden und die Basis für eine technologische Weiterentwicklung gelegt werden.

Aufbauend auf bisherigen Projekten in Österreich wurden nunmehr weitere internationale Beispiele von innovativen Fassadensystemen für die energieeffiziente Sanierung von großvolumigen Geschoßwohnbauten der 1960er-1970er Jahre ermittelt. Die Aufbereitung der Information für eine speziellen – allerdings sehr gehäuft vorkommenden und für eine CO<sub>2</sub>-Einsparung im Gebäudesektor besonders relevanten – Gebäudetyp, soll die direkte Umsetzbarkeit demonstrieren und eine Übertragbarkeit auf Bauten mit ähnlicher Bautypologie gewährleisten. Im Genossenschafts- und Mietwohnungsbau der 1960er- und frühen 1970er Jahre entstanden zahlreiche Wohnbauten nach einer nahezu einheitlichen Bauweise. Im Regelfall wurden vier- bis sechsgeschoßige Mehrfamilien-Wohnhäuser oder auch kleinere Typen mit 3 – 4 Geschoßen in möglichst ökonomischer Bauweise in Zeilenbebauung und mit vorgelagerten Balkonen oder Loggien errichtet. In Pilotprojekten, wie der oben genannten Passivhaussanierung eines Mehrfamilienwohnhauses in Linz, Makartstrasse, konnte gezeigt werden, dass Gebäude dieser Bautypologie sehr effizient mit Hilfe von solchen vorgefertigten Fassadensystemen saniert werden können. Intelligente Sanierungskonzepte für diese Gebäudetypologie lassen daher einen hohen Multiplikationseffekt erwarten.

## Recherche- und Quellenmaterial

Der Schwerpunkt der Recherche lag auf dem deutschsprachigen Raum (Schweiz und Deutschland) und von diesen Ländern ausgehende Kooperations- und Forschungsnetzwerke in andere EU-Ländern. Anhaltspunkten auf interessante Projekte in anderen EU-Ländern oder auch darüber hinaus wurde ebenfalls nachgegangen. Recherchiert wurden vorwiegend „best practice“ Beispiele, d. h. Fassadensysteme die bereits in der Anwendung erprobt wurden. Bei Hinweisen auf besonders zukunftsträchtig erscheinende Fassadensysteme, die sich derzeit noch im Entwicklungsstadium befinden, wurde diesen ebenfalls nachgegangen und diese dokumentiert.

Die folgenden Quellen wurden für die Erhebung und Recherche exemplarisch herangezogen:

- Internationale Architekturzeitschriften (DETAIL, db-deutsche bauzeitung, bauwelt, baumeister, archplus, tech21, Hochparterre, werk, bauen + wohnen, archithese, Trans etc., sowie weitere englischsprachige Architekturzeitschriften aus dem EU-Raum) der vorangegangenen fünf Jahre
- Internetbasierte Architektur- und Baudatenbanken ([www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de), [www.baunetz.de](http://www.baunetz.de), [www.bau-online.de](http://www.bau-online.de), [www.bauschweiz.ch](http://www.bauschweiz.ch), [www.nextroom.at](http://www.nextroom.at) etc.)
- Internetbasierte Architektur- und Bauplattformen ([www.sia.ch](http://www.sia.ch), [www.archforum.ch](http://www.archforum.ch), [www.architektur-online.com](http://www.architektur-online.com), [www.world-architects.com](http://www.world-architects.com), [www.swiss-architects.com](http://www.swiss-architects.com) etc.)

- Energie- und Passivhausplattformen und -vereinigungen (www.minergie.ch, www.passiv.de, www.bine.info etc.)
- Architekturpublikationen der vorangegangenen Jahre aus dem deutschsprachigen Raum

## Auswahlkriterien

Die inhaltliche Schwerpunktsetzung erfolgte auf Fassadensystemen, die einen besonderen zusätzlichen Nutzen im Sinne der Programmziele realistisch erscheinen lassen. Dazu zählen zum Beispiel Fassadensysteme zur integrierten Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energien ebenso wie solche, die intelligente Lösungen für die Gebäudeintegration von Haustechnikkomponenten (Heizung, Kühlung/Klimatisierung und Lüftung) aufweisen oder besonders effiziente Fassaden- und Wandelemente. Dem Mehrfachnutzen der Gebäudehülle auf dem Weg zum „Plus-Energie-Gebäude“ wurde in der Auswahl besonders Rechnung getragen.

Weitere Auswahlkriterien waren der Herstellungsprozess (Eignung zur Serienfertigung und Industrialisierung), die Materialien aus denen die Fassadensysteme selbst hergestellt werden (ökologische- und nachwachsende Rohstoffe, Lebenszyklusbewertung) und nicht zu letzt die Art des Zusammenbaus (Recyclierbarkeit durch die entsprechende Wahl der Materialien und der verwendeten Verbindungen).

Die letztendliche Auswahl und Aufbereitung der recherchierten Ergebnisse erfolgte in Hinblick auf die Anwendbarkeit dieser Systeme zur Sanierung von typischen großvolumigen mehrgeschoßigen Wohngebäuden aus den 1960er bis 1970er Jahren.

## Vorgehensweise, Art der Aufbereitung

Die Vorgehensweise erfolgte nach den folgenden vier Arbeitsschritten:

1. Breite Bestandsaufnahme und Dokumentation
2. Evaluierung der Ergebnisse in einer ExpertInnenrunde von Haus der Zukunft AkteurInnen (ProjektleiterInnen und KompetenzträgerInnen der Programmlinie),  
Bewertung und Auswahl von zirka zehn besonders innovativ und zukunftsweisend erscheinenden Projekten oder Systemen
3. Detailrecherche, Dokumentation und fachspezifische Aufbereitung der Informationen zu den ausgewählten Projekten und Systemen, ergänzende Wärmebrückenberechnungen
4. Dissemination der Ergebnisse
  - a) Ergebnispräsentation für Haus der Zukunft-plus AkteurInnen, auf Workshops und Tagungen
  - b) Publikation der Ergebnisse in einer vierteiligen Serie in der Fachzeitschrift Architektur- und Bauforum

Aus den oben genannten Quellen- und Datenmaterialien wurde in einem ersten Analyseschritt eine breite Wissensbasis über Sanierungsprojekte mit innovativen vorgefertigten Fassadensystemen hergestellt. Die Ergebnisse wurden in einer ExpertInnenrunde von Haus der Zukunft AkteurInnen zur Diskussion gestellt, bewertet und die zehn innovativsten „best-practice“ Beispiele zur weiterführenden Dokumentation und Bearbeitung ausgewählt.

## Zielgruppe

Das Ergebnis dieser Studie ist vorwiegend an PlanerInnen und EntscheidungsträgerInnen im bauausführenden Gewerbe gerichtet. Einen hohen Stellenwert nimmt dabei die Gruppe der in Pilot- und Leitprojekten tätigen KompetenzträgerInnen ein, die daher in den Auswahl- und Ausarbeitungsprozess auch direkt einbezogen wird. Die durch das Programm „Haus der Zukunft“

erreichte Technologieführerschaft in Schlüsseltechnologien des nachhaltigen Bauens soll somit weiter ausgebaut und eine fundierte technologische Basis zur Weiterentwicklung in Richtung „Plus-Energie-Haus“ ermöglicht werden.

Darüber hinaus kann die aufbereitete Information auch interessierten Laien (fachlich- und an Innovationen interessierte EntscheidungsträgerInnen in Hausverwaltungen, HauseigentümerInnen, Gemeinden, etc.) eine Orientierungshilfe anbieten.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Recherche sind in einem umfassenden Kompendium zum Thema „intelligente Fassadensysteme“ zielgruppenorientiert dargestellt. Die in der Grundlagenrecherche erhobene Wissensbasis zum Thema „vorgefertigte Fassadensysteme mit Mehrfachnutzen“ ist in einem zusammenfassenden allgemeinen Teil dokumentiert. Es werden Entwicklungen und konkrete Projekte mit sehr unterschiedlichen Produkten und Materialien aufgezeigt. In den sieben Kategorien **Holzfassaden – Hybridfassaden – Speicherefassaden – Solaraktive Fassaden – Energiefassaden – Grüne Fassaden und Intelligente Fassaden** sind gegenwärtige Entwicklungen, innovative Produkte und Materialien oder Pilotprojekte dokumentiert.

Im zweiten Teil sind die vom Expertinnen- und Expertengremium ausgewählten **zehn best practice Beispiele oder -Systeme detailliert textlich, bildlich und planlich** abgebildet. In der Ausarbeitung wurden die recherchierten Ergebnisse mit vorhandenem Wissen aus vorangegangenen Haus der Zukunft Projekten und dazu thematisch in Beziehung stehenden Ergebnissen verknüpft sowie abgestimmt auf die Bautypologie des Geschosswohnungsbaus der 1960er und 1970er Jahre dargestellt. Vom Institut für Baubiologie wurden für relevante Systeme zusätzlich **Wärmebrückenberechnungen** durchgeführt, die ebenfalls im Kompendium zu finden sind.

## Dissemination

Die Dissemination der Ergebnisse erfolgte einerseits programmintern durch ExpertInnenworkshops und Ergebnispräsentationen für in Pilot- und Leitprojekten tätige PlanerInnen und FachexpertInnen und andererseits, für das Fachpublikum darüber hinaus, durch Publikationen der Ergebnisse in der Zeitschrift Architektur- und Bauforum. Bisher sind drei Beiträge erschienen. Ein weiterer Beitrag ist für Juli 2011 geplant. Zwischenergebnisse wurden bereits während der laufenden Bearbeitung auf Fachveranstaltungen, Tagungen und Workshops präsentiert. Weitere Präsentationen sind vorgesehen.

## Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Um die hochwertigen vorgefertigten Systeme auch preislich konkurrenzfähig zu machen wäre die weitere Entwicklung in Richtung Standardisierung ein logischer Schritt. Eine vielversprechende Entwicklung liegt in der Kombination von Holzkonstruktionen mit integrierten solaren Elementen (Solarkollektoren, PV etc.) oder Elementen der Haustechnik (Leitungen, Lüftungsgeräte, etc.). Die Eignung von vorgefertigten Holzfassadenelementen in der Gebäudemodernisierung wurde bereits an einigen Pilotprojekten erfolgreich erprobt. Fragen des Brandschutzes, Schallschutzes und der Statik sind in diesem Zusammenhang noch intensiver zu klären.

Während in der Entwicklung von Materialien und Komponenten eine breite Palette an innovativen Ansätzen zu finden ist, sind im Prozess zur Vorfertigung selbst noch kaum relevante Fortschritte zu beobachten. Die Elemente werden in Einzelanfertigung von regional ansässigen Holzbauunternehmen hergestellt. Folgeaufträge oder eine daraus hervorgegangene Serienfertigungen für integrierte Lösungen (z. B. Holzrahmenelemente mit integrierten Lüftungsgeräten, Verrohrungen oder solaren Komponenten) konnten im Rahmen der Recherche bei keinem der dokumentierten Projekte eruiert werden.

Sehr wohl wurde die Frage der Vorfertigung in einigen EU-Forschungsprojekten intensiv beforscht. Das von der TU-München geleitete Forschungsprojekt TES-Energy Facade wurde vor rund zwei Jahren abgeschlossen und erste Pilotprojekte mit vorgefertigten Fassadenmodulen sind in der Fertigstellung. Ein weiteres internationales Projekt, unter österreichischer Beteiligung, „IEA ANNEX 50 – Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings“ zielt noch konkreter auf die nachhaltige Erneuerung von Mehrfamilienhäusern mittels vorgefertigter Dach- und Fassadenmodulen ab. Dabei war die Entwicklung von geeigneten, seriell produzierbaren Modulen ein zentrales Thema. Dieses Projekt wurde in diesem Jahr, 2011, abgeschlossen. Ein wichtiger weiterer Schritt wäre nun in der konkreten Umsetzung zu sehen. Wichtig wäre die Entwicklung von tragfähigen Geschäftsmodellen, die es Fassaden- oder Holzbauunternehmen ermöglicht im Zusammenschluss mit Produzenten von maßgeblichen Produkten (Solare Komponenten, Haustechnikkomponenten etc.) den Produktionsprozess weitgehend zu optimieren und marktkonforme integrierte Lösungen anzubieten.

**plusFASSADEN – TEIL I  
Innovationen und Projekte**

# I ÖKO (HOLZ)-FASSADEN: großformatig vorgefertigte Holz-Fassadenelemente

## Infos / Literatur

Enz, Daniela / Hastings, Robert: Innovative Wandkonstruktionen: Für Minergie-P und Passivhäuser. Heidelberg, Neckar 2006

Cronhjort, Yrsa: TES- *EnergyFacade* newsletter 01/2009  
([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Eichler Ilse: Fassaden aus Holz (Holzarten, Elemente für Holzfassaden, Holzwerkstoffplatten, Holzsonderprodukte). In: SKIN Okt.03, Architektur und Bauforum. Wien 2003. 66 – 75

Fischer, Robert: Vorgefertigte Bauteile für Niedrigenergiesanierungen. Hochschule Luzern - Technik & Architektur, Schweiz. Vortrag, World Sustainable Energy Days 03. – 05. 03. 2010 Wels / Austria  
([www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2010/.../Fischer\\_NEU.pdf](http://www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2010/.../Fischer_NEU.pdf), 14.05.2010)

Gintars, Dorothee: Gebäude sanieren – hochdämmende Großelemente. BINE Informationsdienst, projektinfo 04/2008

Harrer, Vinzenz: Sanierung von Gebäuden mittels dem Harrer Dämmständer. In: ökosan 09, Internationales Symposium für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden, 7. – 9. Okt. 2009 in Weiz / Österreich, Tagungsband (pdf-Version). 61 – 65

HOLZBAU Aus der Praxis - Für die Praxis. Tagungsband zum 12. Internationalen Holzbau-Forum (IHF) 2006. ([http://www.forum-holzbau.com/f\\_08.html](http://www.forum-holzbau.com/f_08.html))

HOLZ WIRD ZUM MARKENZEICHEN. "Der Holz(haus)bau und seine vielen Gesichter". Tagungsband zum 11. Internationalen Holzbau-Forum (IHF) 2005. ([http://www.forum-holzbau.com/f\\_08.html](http://www.forum-holzbau.com/f_08.html))

Janson, U.: Passive Houses in Sweden. Lund University (English). 2008.  
(<http://www.ebd.lth.se/english/publications>, 19.05.2010)

Larsen, Knut Einar: TES Energy Facade. PILOT PROJECT NORWAY. Risør Technical College. NTNU, Department of Architectural Design, History and Technology, Trondheim.  
([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=6\\_pilotprojects](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=6_pilotprojects), 14.05.2010)

Lattke, Frank: TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbauelemente. In: Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg. 42 – 53  
([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Lattke, Frank: Zukunftsfähig – Holz und Holzwerkstoffe in der energetischen Gebäudemodernisierung. In: Zeitschrift Zuschnitt 34 / 2009, 9ff  
(<http://www.proholz.at/zuschnitt/34/gebaeudemodernisierung.htm>, 14.05.2010)

Lattke, Frank: Tes Energyfacade – Vorgefertigtes Holzbausystem zur energetischen Modernisierung der Gebäudehülle. In: ökosan 09, Internationales Symposium für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden, 7. – 9. Okt. 2009 in Weiz / Österreich, Tagungsband (pdf-Version). 248 – 257

Münter, Michaela: Gebäude sanieren – Studentenwohnheim. BINE Informationsdienst, projektinfo 04/2006

Salvesen, Frithof: Internationale Beispiele für zukunftsweisende Gebäudesanierung. KanEnergi, Norwegen. *Task 37 - Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation* (<http://www.wsed.at/en/review/wsed-2010/review-2009/presentations-wsed-2009>, 14.05.2010)

Schankula, Arthur / Pint, Sebastian: Entwicklung einer solaren Kollektorfassade und Umsetzung des Modellvorhabens Kollektorfassade / Porenlüftungsfassade. Bericht zum Förderprojekt, Teilbericht 1 - Entwicklungsarbeit vom 10. Dezember 2008 - 10. Juni 2009. München 2009

Schaub, Martin: Energetisches Modernisieren mit Passivhaus- Komponenten. Vortrag Passivhauskreis Rosenheim Traunesteyn e.V. ([www.passivhauskreis.de/.../Sanieren\\_mit\\_Passivhauskomponenten\\_090917\\_Martin\\_Schaub.pdf](http://www.passivhauskreis.de/.../Sanieren_mit_Passivhauskomponenten_090917_Martin_Schaub.pdf), 25.05.2010)

## Adressen / Hersteller (Auswahl)

### **Holzforschung Austria**

Forschungsinstitut und akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle der Österreichischen Gesellschaft für Holzforschung (ÖGH)  
A-1030 Wien, Franz Grill-Strasse 7,  
0043 (0)1 -798 26 23-0 23-50  
[hfa@holzforschung.at](mailto:hfa@holzforschung.at)  
[www.holzforschung.at](http://www.holzforschung.at)

### **Universität für Bodenkultur, Institut für Holzforschung**

A-1190 Wien, Peter Jordan Strasse 82  
0043- (0) 1-47654-4250  
[ihf@mail.boku.ac.at](mailto:ihf@mail.boku.ac.at)  
[www.map.boku.ac.at/holzforschung.html](http://www.map.boku.ac.at/holzforschung.html)

### **Fachverband der Holzindustrie**

Wirtschaftskammer Österreich, Bundessparte Industrie  
A-1037 Wien, Schwarzenbergplatz 4 (FV Holzindustrie)  
0043 (0) 1 712 26 01  
[office@holzindustrie.at](mailto:office@holzindustrie.at)  
[www.holzindustrie.at](http://www.holzindustrie.at)

### **Weissenseer Holz-System-Bau GmbH**

A-9761 Greifenburg, Weissensee Straße 1  
0043 (0) 4712 93239  
[office@weissenseer.com](mailto:office@weissenseer.com)  
[www.weissenseer.com](http://www.weissenseer.com)

### **Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH**

Dipl.Ing. Hans-Christian Obermayr  
A-4690 Schwanenstadt, Johann Pabst Str. 20  
0043 (0) 7673 2257-0  
[office@obermayr.at](mailto:office@obermayr.at)  
<http://www.obermayr.at>

## Projekte / Produkte Österreich (Beispiele)

### **Neue hochwärmedämmende Holzleichtbauweisen für Objekte im Passivhausstandard**

Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft  
(<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id4939>);

Forschungsthema: Entwicklung einer neuen hochwärmedämmenden Holzleichtbauweise - für den Einsatz in Objekten im Passivhausstandard

#### Produkt

Intelligent Skin - Holzfertigelemente (Neubau + Sanierung)

#### Realisierte Gebäude (Beispiele)

Sanierung Schulzentrum Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen, Neumarkt;  
Passivhaussanierung Volksschule St. Leonhard bei Arnoldstein,  
(Architektur: Arch + More ZT GmbH, Arch. DI Gerhard Kopeinig)

#### Hersteller / Kontakt

Weissenseer Holz-System-Bau GmbH  
A-9761 Greifenburg, Weissensee Straße 1  
0043 (0) 4712 93239  
office@weissenseer.com  
www.weissenseer.com

### **Passivhaus-Schulsanierung Schwanenstadt**

Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft  
(<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3864>);

Forschungsthema: Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt mit vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung;  
Architektur: PAUAT Architekten, Arch. DI Heinz Plöderl

Produkt: Holzfertigelemente im Passivhausstandard der Firma Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH

#### Hersteller Holzbau / Kontakt

Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH, Dipl.Ing. Hans-Christian Obermayr  
A-4690 Schwanenstadt, Johann Pabst Str. 20  
0043 (0) 7673 2257-0  
office@obermayr.at  
<http://www.obermayr.at>

## Einzelkomponenten / -Systeme

### **Harrer Dämmständer**

#### Produkt

Harrer Dämmständer zur Montage von vorgesetzten Riegelkonstruktionen, Dämmungen etc.

#### Beschreibung

Die Idee hinter dem Produkt „Dämmständer“ ist es eine kostengünstige, einfach verwendbare und rasche Methode zu finden, wie bestehende Bauten mit ökologisch sinnvollen Dämmstoffen auf heutige und zukünftige Dämmstandards aufgerüstet werden können.

Der „Dämmständer“ wird auf bestehendes Mauerwerk montiert und durch die variable Gestaltung können Unebenheiten ausglich werden. Derzeit scheint ein Ausgleichspotenzial von 1 cm je Meter „Dämmständer“ eine realisierbare Größe zu sein. Die Möglichkeit diese Unebenheiten für jedes Modul separat auszugleichen und dennoch eine ebene Endoberfläche zu erhalten, soll dem Produkt eine gute Marktfähigkeit sichern.

#### Verwendung

Derzeit ist der Einsatz von ökologischen Dämmstoffen (z.B.: Einblaszellulose) angedacht, da durch deren Beschaffenheit und Verarbeitbarkeit die Unebenheiten der bestehenden Fassade bestmöglich



und kostengünstig ausgeglichen werden können. Ein weiterer Vorteil ist die Unabhängigkeit hinsichtlich der Dämmstärke, welche bei mattenförmigen Dämmstoffen nicht gegeben ist.

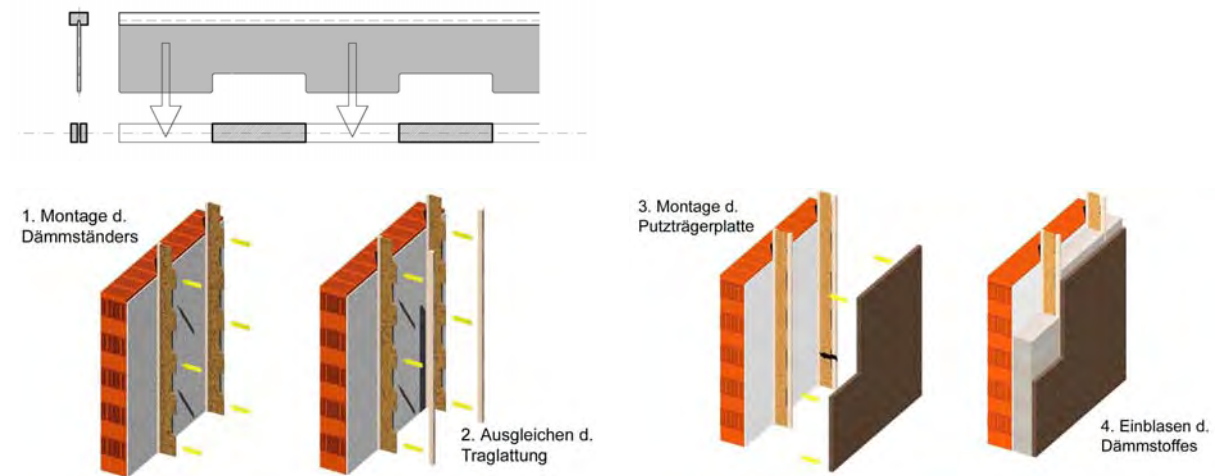
#### Literatur

Harrer, Vinzenz: Sanierung von Gebäuden mittels dem Harrer Dämmständer. In: ökosan 09, Internationales Symposium für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden, 7. – 9. Okt. 2009 in Weiz / Österreich, Tagungsband (pdf-Version). 61 – 65

#### Hersteller / Kontakt

Vinzenz Harrer GmbH  
A-8130 Frohnleiten, Badl 31  
0043 (0) 3127 / 20 945  
office@harrer.at  
www.harrer.at

#### FOTOS



**Harrer Dämmständer:** System und Verarbeitungsschritte.  
Fotos © Harrer / ökosan 09

## Phoenix Facade

(Fassadensystem mit wärmebrückenfreier Konsole)

### Produkt

#### Phoenix Facade

„Mit »Phoenix Facade« der Firmen Wagner Systeme und Saint Gobain Isover SA verfügt das Haus in Matten als erstes über eine absolute Weltneuheit. Dieses revolutionäre komplett wärmebrückenfreie Fassadensystem erreichte bei einer Dämmstärke von nur 28 Zentimetern einen U-Wert von  $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .“ (Albasini 2010, 38)

„PHOENIX-FACADE ist durch die Verwendung einer Wärmedämmkonsole (WDK) aus hochfestem, nicht wärmeleitendem glasfaserverstärktem Kunststoff GFK wärmebrückenfrei. Die Wärmedämmkonsolen können darüber hinaus grosse Lasten aufnehmen.

Die Komponenten von PHOENIX-FACADE

Das brandneue, zertifizierte System PHOENIX-FACADE besteht im Wesentlichen aus den zwei nachfolgend beschriebenen – genau aufeinander abgestimmten – Komponenten:

*Die Fassadendämmplatte PHOENIX 032.*

Die Hochleistungswärmedämmung PHOENIX 032 von Isover hat einen deklarierten Lambda-Wert von  $0.032 \text{ W/(m K)}$ . Das ermöglicht eine geringere Konstruktionstiefe, also konkreten Raumgewinn. Dazu kommen alle bekannten Eigenschaften der Isover-Glaswolleprodukte wie:

- Nichtbrennbar ohne chemische Brandhemmsätze
- Keinerlei Schadstoffemissionen
- Herausragende Schalldämmung

- Hohe Festigkeit und Langzeitstabilität
- Ein Inlandprodukt, ökologisch hergestellt aus über 85% Recycling-Glas

Die *wärmebrückenfreie Unterkonstruktion PHOENIX WDK* von Wagner System AG.

Hauptkomponente ist die wärmebrückenfreie GFK-Wärmedämm-Konsole PHOENIX WDK\*. Dazu kommen die Verbindungs- und Befestigungselemente sowie Tragprofile. Dämmstoffbefestigungsdübel mit Metallhorn sind nicht zugelassen.

PHOENIX-FACADE entspricht «rechnerisch» einer homogenen Kompaktfassade:

Wärmebrücken waren bisher bei hinterlüfteten Fassaden rechnerisch immer einzukalkulieren.

PHOENIX-FACADE ist nach SIA 180 071 wärmebrückenfrei, deshalb entfällt hier jeglicher zusätzlicher Rechenaufwand.

Metall wird durch hochfesten GFK ersetzt: GFK ist praktisch nicht wärmeleitend und stellt eine hochfeste, wärmebrückenfreie Verbindung vom Tragwerk zur Fassadenbekleidung her.

Je höher der Dämmstandard, desto negativer wirken sich Wärmebrückeneinflüsse aus:

Das ist so, weil die punktuelle Wärmebrücke der UK – unabhängig von der Dämmdicke – konstant bleibt. Damit erhöht sich der negative Wärmebrückeneinfluss auf bis zu 40%.

### **Pilotprojekt SOL-ARCH2**

Gebäudetyp: Einfamilienhaus

Adresse / Standort: CH-3800 Matten/BE, Schweiz

Baujahr / Errichtung: 2009

#### ***Baukonstruktion Bestand***

„Dieser innovative Plusenergie-Wohnbau in Matten/BE mit dem schweizweit strengsten Standard Minergie -P-Eco © darf in mehrfacher Hinsicht als spektakulär bezeichnet werden: Zuallererst handelt es sich tatsächlich um eine Weltpremiere, nämlich die erstmalige Anwendung des brandneuen VHF-Fassadensystems PHOENIX-FACADE mit WDK-Konsolen von Wagner und Dämmmaterial von Isover. Dazu kommen zwei Schweizer-Premieren: ein neuer Thermo- Kragplattenabschluss von Schöck Bauteile GmbH, Deutschland, sowie ein neues Glas mit sehr guten U-Werten und ökologisch unbedenklicher Gasfüllung. Summa summarum generiert der Bau 3x mehr Energie, als von den Bewohnern für Heizung, Warmwasser und Strom verbraucht wird.“

([www.wagnersystem.ch/Dateien/phoenix/bro\\_Phoenix\\_de\\_low.pdf](http://www.wagnersystem.ch/Dateien/phoenix/bro_Phoenix_de_low.pdf), 05.06.2010)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Schindler und Fries, Matten

ArchitektInnen / Projektleiter: Jürg Wegmüller, Architekturbüro, Schwanden, Schweiz

Holzbau: Wenger Holzbau AG, Unterseen/Projektleiter Werner Graf;

#### Infos / Literatur

Albasini, Sandro: SOL-ARCH<sup>2</sup> – Weltneuheit im schweizerischen Berner Oberland. Ein Wohnhaus wie ein Kraftwerk. In: greenbuilding, Heft 06 / 2010. 36 – 39

Wegmüller Architekten

[www.wegmueller-arch.ch/BH1114-15\\_SolArch.pdf](http://www.wegmueller-arch.ch/BH1114-15_SolArch.pdf)

Wagner System AG

[www.wagnersystem.ch/Dateien/phoenix/bro\\_Phoenix\\_de\\_low.pdf](http://www.wagnersystem.ch/Dateien/phoenix/bro_Phoenix_de_low.pdf)

Architektur für Morgen

<http://zukunfarchitektur.wordpress.com>

#### Kontakt

Architekturbüro Wegmüller

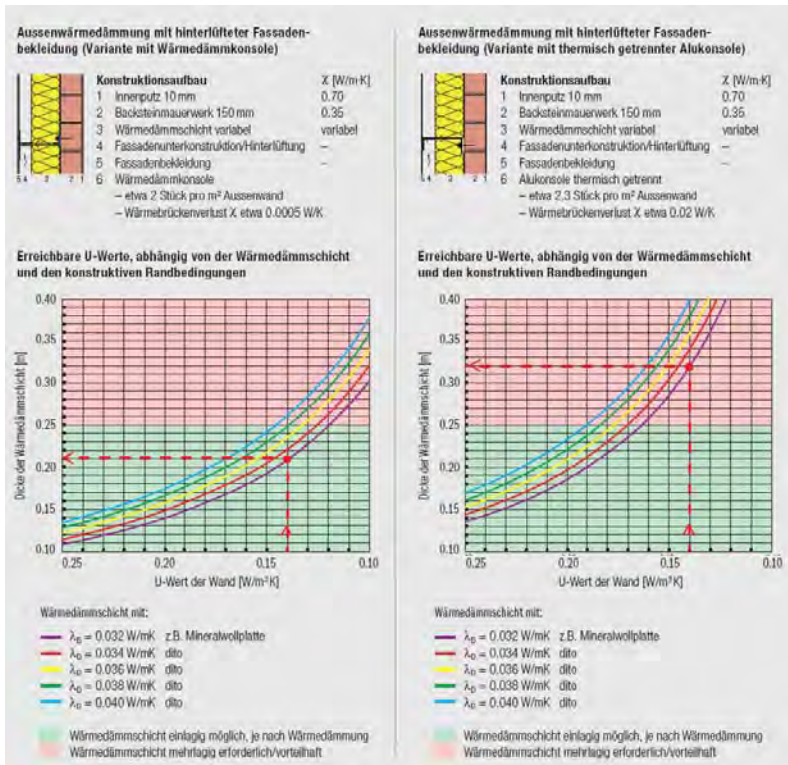
CH-3657 Schwanden-Thun, Schwandenstr. 69

0041 (0)33 251 27 17

[info@wegmueller-arch.ch](mailto:info@wegmueller-arch.ch)

[www.wegmueller-arch.ch](http://www.wegmueller-arch.ch)

FOTOS



**Phoenix-Facade:** Aufbau PHOENIX-FACADE: 1 Bekleidung; 2 Vertikalprofil; 3 Fassadendämmplatte PHOENIX 032; 4 PHOENIX-WDK mit GFK-Schwert; 5 Tragwerk; GFK-Wärmedämm-Konsole PHOENIX; SOL-ARCH<sup>2</sup> Einfamilienwohnhaus;

WD Vergleich: Gegenüberstellung einer PHOENIX WDK- mit einer „konventionellen“ Unterkonstruktion mit Thermostopp: Welche Dämmstärke eines Wärmedämmstoffes mit  $\lambda_0$  0.032 W/(m K) ist notwendig, um einen U-Wert von 0.14 W/(m<sup>2</sup> K) zu erreichen? Für die Konstruktion mit einer PHOENIX WDK ergibt sich eine Dämmstoffdicke von «bloss» 210 mm während im Vergleich dazu bei der Variante mit klassischer Alu-Konsole eine um über 50% höhere Dämmstoffdicke von 320 mm resultiert. Diese grössere Dicke kommt daher, weil der negative Wärmebrückeneinfluss der klassischen Konsole kompensiert werden muss.

Fotos © Wagner System AG und Saint-Gobain Isover SA  
(www.wagnersystem.ch/Dateien/phoenix/bro\_Phoenix\_de\_low.pdf, 05.06.2010)

## Projekte

### Wohnbau Schmiedhof, Ebikon, Schweiz

Gebäudetyp: Wohnbau, Gruppe von fünf- bis sechsgeschossigen Wohnblöcken

Adresse / Standort: CH – 6030 Ebikon, Luzernerstrasse

Baujahr / Errichtung: 1969, 1972

Baukonstruktion: Stahlbetonskelett

Modernisierung / Sanierung: 2005 – 2006

„Bezüglich der Lagequalität muss die starke Lärmbelastung an der verkehrsreichen Hauptstrasse vom ruhigen begrünten Innenhof unterschieden werden. Dessen ungeachtet basieren alle Grundrisse auf einer rigiden Schottenbauweise (mit Abständen von 2,96 und 3,66 Metern). Von Fassade zu Fassade verlaufen tragende Wände, die eine nicht tragende Gebäudehülle in Holzbauweise ermöglichten. Zur Anwendung kamen seinerzeit gerade einmal 50 mm starke, hölzerne Fassadenelemente, die an den Längsseiten zwischen den Geschossdecken eingespannt waren. Als Wetterschutz dienten farbig beschichtete, grossformatige Faserzementplatten. Betonelemente schützten die Stirnseiten der Geschossdecken.

Ziel der Sanierung war es, die bestehenden Wärmebrücken zu eliminieren und die Isolation auf einen zeitgemässen Standard anzuheben. Damit lassen sich beachtliche Energieeinsparungen erreichen. Verbessert werden sollten auch der Schallschutz der Zimmer entlang der Hauptstrasse sowie die Belichtung vor allem der Räume zum rückwärtigen Grünraum. Im selben Zug wollte man die Balkone in einen gut nutzbaren Aussenraum umformen.

Die Architekten Lustenberger & Condrau entwickelten eine gestalterisch überzeugende Lösung, indem sie einen kompletten Ersatz der Fassade planten. Abgeleitet vom Bestand wählten sie wiederum die Mischbauweise, bei der die massive Gebäudestruktur mit einer hölzernen Fassadenhülle kombiniert ist. Die alten Fassadenelemente wurden demontiert und durch neue, insgesamt 285 mm messende ausgetauscht. Fixfertig, mit eingesetzten Fenstern, kamen die vorgefertigten Holzrahmenelemente auf die Baustelle. Im Vergleich zu vorher handelt es sich nun um eine Holzständerkonstruktion mit einer rund acht Mal stärkeren Wärmedämmung. Auch die Deckenstirnen erhielten nun eine Dämmung. Alles wurde wieder mit hellen Faserzementplatten bekleidet, welche die Holzkonstruktion ideal ergänzen.“ (Hanak 2009, 6ff, www.zuschnitt.at)

Die alten Fassadenelemente wurden demontiert und durch neue, insgesamt 285 mm messende ausgetauscht. Fixfertig, mit eingesetzten Fenstern, kamen die vorgefertigten Holzrahmenelemente auf die Baustelle. Im Vergleich zu vorher handelt es sich nun um eine Holzständerkonstruktion mit einer rund acht Mal stärkeren Wärmedämmung. Auch die Deckenstirnen erhielten nun eine Dämmung. Alles wurde wieder mit hellen Faserzementplatten bekleidet, welche die Holzkonstruktion ideal ergänzen.“ (Hanak 2009, 6ff, www.zuschnitt.at)

„An den massiv gemauerten, fensterlosen Schmalfassaden aus den 60er Jahren waren die Spuren der vergangenen Jahre abzulesen, die minimal isolierten Fensterelemente der Längsfassaden genügten den Anforderungen an Wärmedämmung und Energieeffizienz längst nicht mehr. Nun sind die Fassaden rundum mit grossformatigen Faserzementplatten bekleidet, die eleganten, dunkel gerahmten Fenster in regelmässigen Reihen daraus ausgeschnitten. Das Gebäudeensemble hat eine zeitgemässe Erscheinung erhalten, die der Situation optimal entspricht: In den der Strasse zugewandten, glatten Fassaden werden die Geschosse mit durchlaufenden, zurückversetzten Fensterzeilen betont. Zur Hofseite dagegen ist die Aussenhülle aufgelockert und kleinteiliger: Die einzelnen Gebäudeteile sind dem Geländeverlauf folgend gestaffelt, die aussen angesetzten, vorspringenden Balkontürme sorgen für Bewegung in der Fassade.

#### *Aussenwand vorgefertigt*

Die Gebäudehülle ist in bloss drei Monaten Bauzeit komplett erneuert worden -ohne dass eine einzige der 44 betroffenen Wohnungen leer gestanden wäre. Möglich machte dies eine raffinierte Konstruktionstechnik, die modernen Holzelementbau mit einem wetterfesten Mantel aus Faserzementplatten «Eternit» kombiniert. Die neuen Aussenwände, ausgeführt durch die Holzbaufirma Kost in Küsnacht am Rigi/SZ, wurden als Holzelemente im Werk vorgefertigt, bis 24 Zentimeter dick isoliert und mit den jeweiligen Fenstergläsern versehen. Als fixfertige Wandelemente kamen sie auf die Baustelle. Dort wurde die alte Aussenhülle Meter um Meter in vertikalen Bahnen abgerissen und sofort durch die neuen Elemente ersetzt. Keiner Mietpartei konnte so «länger als ein paar Stunden in die Küche oder ins Bad geschaut werden», sagt Robert Schmidlin, Geschäftsführer

von Kost Holzbau. Er verschweigt dabei aber nicht, dass der planerische und organisatorische Aufwand und die logistische Vorbereitung für einen reibungslosen Ablauf dieses stückweisen Fassadenaustausches immens waren. Der Terminspielraum sei minimal gewesen, das Wetterglück dafür gross, bestätigt auch Architekt und Projektleiter Urs Seiler vom Architekturbüro Lustenberger & Condrau: «Bei starkem Wind etwa hätten wir die Fassadenteile nicht mehr mit dem Kran montieren können.» So aber mussten vor Ort nur noch die verschiedenen Leitungsanschlüsse gemacht und die Faserzementplatten «Eternit» angebracht werden. Diese eignen sich besonders als Bekleidung von Holzkonstruktionen. Sie sind witterungsbeständig, langlebig und dauerhaft.“ (<http://www.architektur-technik.ch/Web/internetaxt.nsf/0/FE3B54427664D7B9C12573B1008140F6?OpenDocument&parm=parm>, 18.05.2010)

### **Produkt**

Holzelementbau mit einem wetterfesten Mantel aus Faserzementplatten kombiniert;  
Fassadenmaterial: Faserzementplatten «Swisspearl» der Eternit (Schweiz) AG, Niederurnen/GL

Eigentümer / Hausverwaltung: Wohnbaugesellschaft Ebikon AG

ArchitektInnen: Lustenberger & Condrau, Architekten ETH SIA, Ebikon

Fassadenelemente: Kost Holzbau AG, Industrie Fänn Ost

### Infos / Literatur

Lattke, Frank: TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbaulemente. In: Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg, S 42 – 53 ([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Hanak, Michael: Ganz in Weiß. Sanierung Schmiedhof in Ebikon  
In: Zeitschrift Zuschnitt 34, 2009; Seite 6ff.

HOLZBAU Aus der Praxis - Für die Praxis. Tagungsband zum 12. Internationalen Holzbau-Forum (IHF) 2006. ([http://www.forum-holzbau.com/f\\_08.html](http://www.forum-holzbau.com/f_08.html))

HOLZ WIRD ZUM MARKENZEICHEN "Der Holz(haus)bau und seine vielen Gesichter" Tagungsband zum 11. Internationalen Holzbau-Forum (IHF) 2005. ([http://www.forum-holzbau.com/f\\_08.html](http://www.forum-holzbau.com/f_08.html))

In Holz gehüllt. Überbauung Schmiedhof, Ebikon/LU, Eternit (Schweiz) AG. In: architektur+technik 02/2006 (<http://www.architektur-technik.ch/Web/internetaxt.nsf/0/FE3B54427664D7B9C12573B1008140F6?OpenDocument&parm=parm>, 18.05.2010)

### Kontakt

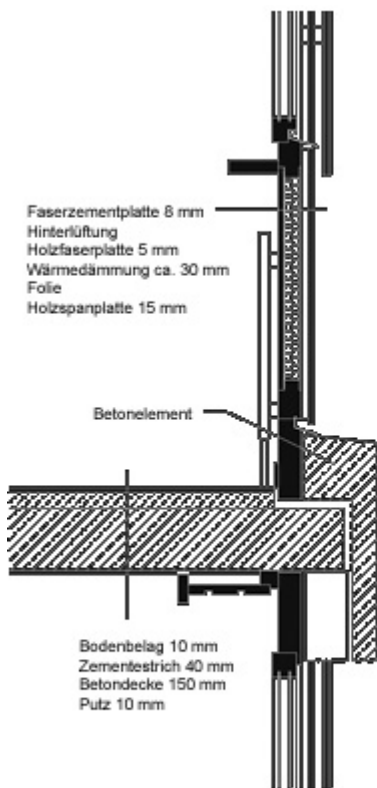
#### *Architektur*

Lustenberger & Condrau AG  
CH-6030 Ebikon, Luzernerstrasse 10  
0041 (0) 41 440 68 08  
[kontakt@lcarchitekten.ch](mailto:kontakt@lcarchitekten.ch)

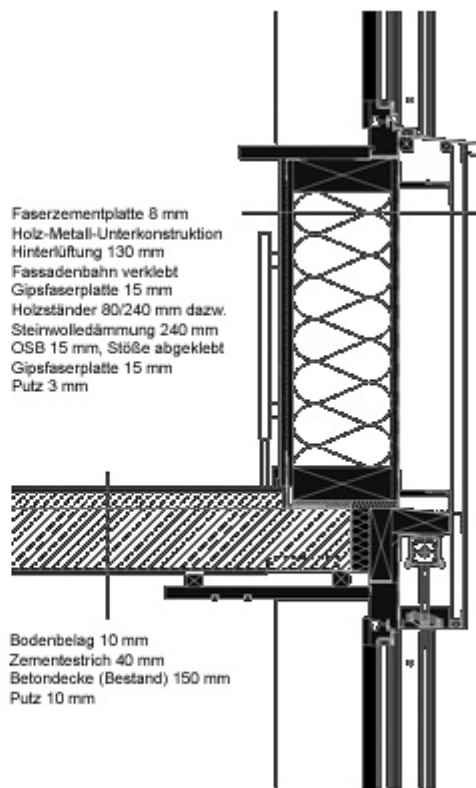
#### *Fassadenelemente*

Kost Holzbau AG, Industrie Fänn Ost  
CH – 6403, Küssnacht am Rigi  
[www.kost-ag.ch](http://www.kost-ag.ch)

FOTOS



Fassadenschnitt vor der Sanierung



Fassadenschnitt nach der Sanierung

**Wohnbau Schmiedhof, Ebikon:** Wohnbau nach der Sanierung, Fassadenmontage und Fassadenschnitt vor und nach der Sanierung.  
 Fotos © Georg Sidler, Heinrich Helfenstein (<http://www.proholz.at/zuschnitt/34/sanierung-schmiedhof.htm>, 18.05.2010)

## Siedlung Bad Aibling, Sanierung ehemaligen Militärbauten zu Wohngebäuden (EnEff-Stadt)

Gebäudetyp: Siedlungsgebiet, ehemaliger Militärstützpunkt, künftiges Quartier mit Mischnutzung Wohnen, Gewerbe und Dienstleistungen, Fremdenverkehr

Adresse / Standort: D-83043 Bad Aibling, Bayern

Baujahr / Errichtung: 1930er Jahre

Baukonstruktion Bestand: „Beim Planungsgebiet handelt es sich um einen aufgelassenen ehemaligen amerikanischen Militärstützpunkt im Stadtteil Mietraching mit einer Gesamtfläche von 70 Hektar. Die meisten Wohngebäude in dieser kleinen autarken Garten-Stadt stammen aus den 30er Jahren, da der Stützpunkt 1936 ursprünglich als deutscher Fliegerhorst errichtet worden war. Der erste Planungsabschnitt befasst sich mit dem sog. Wohlfühlquartier im Norden. Hier soll das bereits bestehende Hotel zu einem Tagungshotel umgebaut, die bestehende Wohnbebauung modernisiert sowie energetisch optimiert werden. Ergänzt wird dieses Quartier durch zusätzliche Wohn- und Ferienhäuser in Passivbauweise sowie ein Wellnesszentrum.“ (<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt>, 06.06.2010)

Modernisierung / Sanierung: 2008

Die Fassade wurde im Werk in Form von Holz-Elementen vorgefertigt und mit fertiger Oberfläche und schon eingebauten Fenstern auf die Baustelle geliefert. Die Montage erfolgte mittels Kran. Mit dem Holzbausystem wurde nur die Südfassade sanier, an der Nordseite des Hauptbaus wurde eine Putzfassade realisiert. Ebenfalls wurde ein eingeschößiges Nebengebäude mit einer Fassade aus vertikalen Holzleisten ausgeführt.

### Produkt

Holzfertigteil-Fassadensanierungselemente (siehe Detailprojekte: Holzfertigelemente mit integrierter Flächenheizung, „Aktive Gebäudehülle“)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: B&O Wohnungswirtschaft GmbH & Co KG München

ArchitektInnen / Projektleiter: RK-Stuttgart Architekten und Ingenieure / SCHANKULA- Architekten / Diplomingenieure

Infos / Literatur

EnEff:Stadt - Forschung für die energieeffiziente Stadt

<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt/>

Kontakt

RK-Stuttgart Architekten und Ingenieure  
D-70186 Stuttgart, Pflasterackerstraße 88  
0049-(0)-711-2851613  
rk-stuttgart@t-online.de  
www.rk-stuttgart.de

SCHANKULA- Architekten / Diplomingenieure  
D-80797 München, Infanteriestraße 19/6  
0049 (0)89 -288055-21  
info@schankula.com  
www.schankula.com

### FOTOS



**Bad Aibling, Sanierung ehemaliger Militärbäude:** Die ehemaligen Unterkünfte vor Sanierung und bereits saniertes Wohngebäude mit Solaranlage und Holzfertigteil-Fassadensanierungselementen.

Fotos © B&O Wohnungswirtschaft, RK-Stuttgart

(<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt/>)

## Projekte - DETAIL

- > **I Holzfertigelemente mit integrierter Flächenheizung**
- > **II Vorgefertigte Holzrahmenelemente: Geschosswohnungsbau (Sanierung Niedrigenergiehaus mit PH-Komponenten), Bruckmühl, Deutschland**
- > **III PHI-zertifiziertes Bausystem Naumann&Stahr**
- > **IV TES- EnergyFACADE**



## II HYBRID-Fassaden: Innovative hocheffiziente Dämmsysteme (Nano-, Aerogel / VIP / TWD)

### Infos / Literatur

Gintars, Dorothee: Vakuumgedämmte Fertigteil in der Baupraxis. BINE Informationsdienst, projektinfo 09/2007

(pdf VIP Fertigteile\_bine 09 2007 (Demonstrationsgebäude Neubau, Holz- und Betonmodule)

Lang, Johannes: Vakuum-Isolation in Fassadenelementen. BINE Informationsdienst, projektinfo 08/2004

Luther, Wolfgang: Nanu! Nanotechnologie im Bauwesen und deren Mitwirken an High-Tech-Beschichtungen. In: db-deutsche bauzeitung 01/2006, 67 – 71

Willems, Wolfgang M. / Schild, Kai: Schlanke Wände – Warme Zimmer. In: SKIN 02/Okt.2005, Architektur und Bauforum. 24 – 29

### Adressen / Hersteller (Auswahl)

#### **Aspen Aerogels, Inc.**

USA, 30 Forbes Road, Building B, Northborough, MA 01532

01 – (0) 508691-1111

[www.aerogel.com](http://www.aerogel.com)

Produkt: Spaceloft®

„Spaceloft ist eine flexible, nanoporöse Aeroel-Isolationsmatte, die Energieverluste verringert und gleichzeitig den Innenraum in Wohn- und Bürogebäuden nicht beeinträchtigt. Dank einmaliger Eigenschaften, extrem geringe Wärmeleitfähigkeit, überlegene Flexibilität, Kompressionsfestigkeit, hydrophobe Eigenschaften und einfache Verwendung, ist Spaceloft für jene wesentlich, die eine Spitzen-Wärmedämmung suchen. Unter Einsatz patentierter Nanotechnik verbindet die Spaceloft-Dämmung Silica-Aerogel mit festigenden Fasern für eine branchenführende Wärmedämmungsleistung in einem einfach zu verarbeitenden und umweltsicheren Produkt. Spaceloft ist eine bewährte, effiziente Dämmung in Gebäudeaufgaben und bietet den höchsten K-Wert aller Dämmmaterialien für maximale Energieeffizienz in Wänden, Dächern, Böden, Rahmen und Fenstern.“ (<http://www.aerogel.com/products/overview-product.html>, 08.09.2010)

#### **Bayer Sheet Europe GmbH**

Dr.-Ing. Volker W. Benz

D-64293 Darmstadt, Otto-Hesse-Straße 19/T9

0049 – (0) 61 51 - 13 03 - 0

[volker.benz@bayersheeteurope.com](mailto:volker.benz@bayersheeteurope.com)

[www.bayersheeteurope.com/](http://www.bayersheeteurope.com/)

Produkt: Transparentes Wärmedämm-Material mit absorberparallelen Strukturen unter Verwendung von zwei Makrolon-Stegvierfachplatten (z.B. Makrolon multi longlife 4/25-25) oder vergleichbaren Produkten (Makrolon multi UV 3/25-25, Makrolon multi UV 4/25-25) zur direkten Integration in die Fassade ohne zusätzliche Frontabdeckung.“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_bayer.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_bayer.html), 12.06.2010)

#### **Cabot Aerogel**

Cabot Aerogel - Georg Gertner

D-65926 Frankfurt am Main Germany, Industriepark Höchst, Bldg D660

0049 (0) 69 305 29331

[georg\\_gertner@cabot-corp.com](mailto:georg_gertner@cabot-corp.com)

[www.cabot-corp.com/Aerogel](http://www.cabot-corp.com/Aerogel)

**Produkt:** „Transluzentes NANOGEL® Aerogel (CAS-Nr. 102262-30-6) ist ein oberflächenmodifiziertes Kieselsäure-Gel, welches chemisch anderen kommerziell erhältlichen oberflächenmodifizierten Kieselsäure-Produkten sehr ähnlich ist. Es besteht aus mehr als 97 % modifiziertem Kieselsäure-Gel und weniger als 3 % Wasser. Es liegt in Form von transluzenten Körnchen, die eine Größe zwischen 0,5 und 4 Millimeter haben, vor.“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_cabot.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_cabot.html), 12.06.2010)

### **gap-solution gmbh**

A-Linz/Leonding, Welser Straße 37  
0043 - 70 68 10 30-0  
office@gap-solution.at  
www.gap-solution.at

**Produkt:** gap Fassadenpaneel

„Das gap – effektpaneel ist ein transluzentes Glaspaneel entsprechend einer Isolierverglasung. Die im äußeren Glaszwischenraum integrierte Solarwabe dient als Abschattung für den Sommer. Es werden keine zusätzlichen Beschattungssysteme für die heiße Jahreszeit benötigt. Hervorzuheben sind die verbesserten U-Werte dieses Elementes.

Das gap – fassadenpaneel II besteht aus einer mit der Solarwabe verbundenen Holzweichfaserplatte, die gleichzeitig die Paneelrückwand bildet. In Verbindung mit einem Holzrahmen sind diese an der Verglasung befestigt. Diese Verglasung aus ESG bildet die Außenschicht. Zwischen Solarwabe und Verglasung befindet sich ein leicht belüfteter Luftspalt.“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_gapsol2.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_gapsol2.html), 12.06.2010)

### **GlassX AG**

CH-8005 Zürich, Technoparkstrasse 1  
0041(0) 44 44 51 740  
info@glassx.ch  
www.glassx.ch

**Produkt:** „GLASSX@crystal integriert 4 Systemkomponenten in einer funktionellen Einheit: transparente Wärmedämmung – Überhitzungsschutz – Energieumwandlung – thermischer Speicher.“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_glassx.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_glassx.html), 12.06.2010)

### **Glasfabrik Lamberts GmbH & Co KG**

D-95624 Wunsiedel-Holenbrunn, Postfach 560  
0049 (0) 92 32 - 605-0  
info@lambertsglas.com  
www.lambertsglas.com

**Produkt:** „Linit-TWD und Linit-Profilbauglas - Transparentes Wärmedämmsystem für Solarwände: Zwei Linit-Profilbaugläser mit darin befestigter Kapillareinlegeplatte bilden ein großflächiges, sprossenloses Verglasungssystem mit ausgezeichneter Gesamtenergiebilanz und Raumausleuchtung.“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_lamb.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_lamb.html), 12.06.2010)

### **InnoDämm GmbH**

D – 33106 Paderborn, Steinbruchweg 15  
0049 (0) 52 51 - 87 14 70  
kontakt@innodaemm.de  
www.innodaemm.de  
<http://www.innodaemm.de/daemmstoffe/nanogel.html>

**Produkt:** Nanogel-Granulat

### **Interlux GmbH**

Handelszentrum Hörsching  
A-4063 Hörsching, Industriezeile 2  
0043 (0)7229 / 73021  
www.interlux.at  
<http://www.interlux.at/aktuelle-news.php?nID=4>

**Produkt:** Interlux-Nanogel Paneele (Paneele mit transluzentem Nanogel)

Nanogel als Isolierung für Tageslichtsysteme verwendet;  
Positive Wirkungen durch die Verwendung von Nanogel bei Tageslichtsystemen: gesteigerte Wärmedämmung (gute Wärmedämmeigenschaften), starke Lichtstreuung (Aerogel verbessert die

Lichtdurchlässigkeit und streut das Licht so dass es tiefer in den Raum fällt), Schalldämmung (Reduzierung der Schallübertragung durch Luft), gesteigerte Kondensationsbeständigkeit (durch permanente Feuchtigkeitsbeständigkeit wird die Entstehung von Kondensation und Zugluft vermieden); gute Wärmedämmeigenschaften.

### **OKALUX GmbH**

Susanne Reichert-Grön  
D-97828 Marktheidenfeld-Altfield, Am Jösperhecklein 1  
0049 (0) 93 91 - 9 00 - 0  
info@okalux.de  
www.okalux.de/

#### Produkt:

**KAPILUX-TWD** Transparente Wärmedämmung: KAPILUX-TWD ist ein Isolierglas mit integrierter Kapillarplatte, optimiert für die Nutzung von solarer Heizenergie. Sonnenstrahlung fällt durch die TWD auf eine dunkle Absorberwand. Die Wand erwärmt sich und funktioniert als zeitverzögerte solare Heizung für die dahinterliegenden Räume. Die Kapillare verbinden gute Wärmedämmung und hohe Solartransmission.

**KAPILUX-T** und **KAPILUX-W** Kapillarsysteme: KAPILUX ist ein Isolierglas mit integrierter Kapillarplatte. Die Typenbezeichnung „-T“ steht für eine Kapillarplatte aus transparentem Material, „-W“ bedeutet weiß eingefärbtes Material.

**OKAPANE** Lichtstreuende Isolierplatten: OKAPANE besteht aus wabenartig angeordneten feinen glasklaren Röhrchen aus Acryl (PMMA), die durch ein beidseitig aufkaschiertes Glasvlies zu einer Platte verbunden sind. Die Materialien sind von Natur aus lichtecht und dimensionsstabil.

Lichtstreuende Isolierplatten eingebaut in doppelschaligem U-Profilglas verbessern Lichtstreuende Isolierplatten eingebaut in doppelschaligem U-Profilglas verbessern Wärmedämmung, Lichtstreuung, Sonnenschutz, UV-Schutz

([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_oka1.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_oka1.html), 12.06.2010)

### **Scobalit AG**

CH-8405 Winterthur, Im Hölzli 26, Postfach 181  
0041(0) 522352351  
info@scobalit.ch  
<http://www.scobalit.ch>

#### Produkt: Aerogel Kunststoffassadenpaneele / Nanogel Doppelstegplatten

„Die scobatherm-Nanogel Elemente sind doppelschalige Verbundelemente aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen gefüllt mit Aerogelen. ... Die scobatherm-Nanogel Elemente sind in diversen Ausführungen erhältlich: z.B. schwerentflammbar, Oberflächenvergütet, Vandalensicher, Graffitienschutz und in RAL ähnlichen Farben.“ (<http://www.scobalit.ch/de/scobatherm.html>, 11.08.2010)

### **Sto AG / PM Wärmedämm-Verbundsysteme**

Dipl.-Phys. Markus Zwirger  
D-79780 Stühlingen Ehrenbachstraße 1  
0049 (0) 77 44 - 57 14 55  
m.zwirger@stoeu.com  
www.sto.de

Produkt: „Sto Therm Solar ist ein transparentes Wärmedämm-Verbundsystem mit einer putzartigen Oberfläche. Es wird auf das Mauerwerk geklebt und fugenlos an das umgebende konventionelle Wärmedämm-Verbundsystem angeschlossen. Sto Therm Solar hat als TWD-Material eine Kapillarplatte, die rückseitig mit einer schwarzen Absorbermatte kaschiert ist, die gleichzeitig als Dampfbremse wirkt. Vorderseitig lässt der transparente, mit Glaskügelchen versehene Putz die Sonne je nach Sonnenstand gut in die Dämmplatte eindringen. Seitlich ist das System gegen Feuchte und Beschädigungen geschützt. In ein umgebendes konventionelles Wärmedämmverbundsystem werden die Elemente eingesetzt und angeputzt.

Sto Therm Solar wurde bereits in vielen Ein- und Mehrfamilienhäusern erfolgreich eingesetzt. Das Bild zeigt an der Sanierung eines Mehrfamilienwohnhauses in Linz beispielhaft die Einsatzmöglichkeiten des StoSolar-Systems (grau erscheinende Flächen) im sozialen Wohnungsbau. Durch die vom oberösterreichischen Energiesparverband vorgeschlagene Maßnahme wurde der Heizenergiebedarf des Gebäudes um über 50% gesenkt.“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_sto.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_sto.html), 14.06.2010)

### **swissfiber ag**

CH - 8048 Zürich; Bachmattstrasse 53

0041 (0) 44 436 86 86

www.swissfiber.com

info@swissfiber.com

Vertretung in Österreich:

Interlux Hirsch GmbH, Herr Gerhard Kutenberger

A-2700 Wiener Neustadt, dener Strasse 14-16, ,

0043 (0) 7229 73021 0

kutenberger@interlux.at

**Produkt:** Fiberglas Fassaden - swissfiber skin 01f / Fiberglas Fassaden - swissfiber skin 01w

„Mit swissfiber skin 01f eröffnen sich neue Möglichkeiten zur Gestaltung ästhetisch anspruchsvoller Fassaden, die zugleich langlebig und ökologisch sind. Mit ihrem geringen Gewicht vereinfachen die Elemente die Montage, auch auf schlanker Unterkonstruktion. Die Befestigung ist auf herkömmlichen Unterkonstruktionen aus Aluminium, Holz oder Fiberglas möglich. ... swissfiber skin 01f ist weitgehend optimiert und standardisiert. Dies bedeutet reduzierte Kosten im gesamten Herstellungsprozess sowie bestmögliche Anpassung an die Anforderungen für den Fassadeneinsatz und schliesst auch die Farbenpalette ein: Es stehen 11 Standardfarben zur Verfügung; Sonderfarben sind ab einer Fläche von 1000 m<sup>2</sup> möglich. Zu diesen Vorteilen kommen 4 Standardformate hinzu. Durch den frühzeitigen Einbezug der Formate in die Planung kann der Verschnitt so gering wie möglich gehalten werden, was die Kosten zusätzlich positiv beeinflusst.“ ([http://www.swissfiber.com/pr\\_skin\\_01f.php](http://www.swissfiber.com/pr_skin_01f.php), 14.06.2010)

### **WACOTECH GmbH & Co. KG**

Oliver Kehl

D-33729 Bielefeld-Brake, Querstraße 7, Gewerbepark Brake

0049 (0) 521 - 96 200 80

info@wacotech.de

www.wacotech.de/

**Produkt:** „WACOTECH ist ein innovatives Ingeneering-Unternehmen, das sich auf die Entwicklung und Produktion von Kunststoffwaben spezialisiert hat. Systemlösungen und Sonderentwicklungen von Wabenstrukturen werden auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten.

TIMax® GL - TWD für Profilbauglas: Die transluzente Isoliereinlage TIMax® GL bietet mit dem patentierten Montageverfahren interessante Perspektiven für die Verwendung von Profilbauglas. Profilglasfassaden können im Gegensatz zu Pfosten/Riegel-Konstruktion Fensterräume ohne Rastermaß in beliebigen Längen (endlos) und einer Höhe bis ca. 6m ausfüllen. Hierbei wird Glasbahn neben Glasbahn endlos in ein vorgefertigtes Aluminium-Rahmensystem verlegt.

- Mit dem Einsatz von TIMax® GL Isoliereinlage in doppelschaligen Profilbauglasbahnen können U-Werte bis 1,1 W/m<sup>2</sup>K erreicht werden.
- TIMax® GL ist zugleich lichtdurchlässig und lichtstreuend. Durch die hohe Lichtstreuung wird eine nahezu schlagschattenfreie Raumausleuchtung erreicht.
- TIMax® GL bietet gleichzeitig einen hervorragenden Sonnenschutz. Der Wärmeeintrag durch Sonnenlicht wird minimiert (g-Wert 0,34).“ ([http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_waco1.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_waco1.html), 14.06.2010)

# Einführung

## Nanotechnologie im Bauwesen

(Quelle: Luther, Wolfgang: Nanu! Nanotechnologie im Bauwesen und deren Mitwirken an High-Tech-Beschichtungen. In: db-deutsche bauzeitung 01/2006, 67 – 71)

Derzeit findet Nanotechnologie bereits Verwendung bei Beschichtungen, Glasscheiben oder als Zusatzmittel für Beton oder Zement. Ihr Innovationspotenzial im Bauwesen liegt in der Weiterentwicklung bei Beschichtungen (Putze und Farben für Außen- und Innenfassaden), Brandschutz, Isolierungen oder als Zusatzmittel für Zement und Beton.

Nanopartikel können **chemische oder physikalische Eigenschaften von Materialien verändern**:

z.B.: Verhalten von Oberflächen gegenüber Wasser und Schmutzpartikeln zu hydrophilen (wasseranziehend), hydrophoben (wasserabweisend) oder oleophoben (fettabweisenden) Materialien **Superhydrophile Flächen und photokatalytisches Wirkprinzip**: bei Feuchtigkeitseinfluss bildet sich ein gleichmäßiger Wasserfilm auf der Oberfläche, so dass Tropfenbildung und Beschlagen von Scheiben oder Spiegeln vermieden wird; realisiert durch photokatalytische Titandioxidschichten.

**Superhydrophobe Flächen und chemisch/mechanisches Wirkprinzip**: wasserabweisende Eigenschaften, Wasser perlt ab, Schmutzpartikel werden abgespült; derzeit häufig in Produkten für Fassaden (Bsp. Anti-Graffiti, ...) verwendet; Prinzip aus der Natur – Lotusblume.

**Brandschutz**: Forschungsschwerpunkte sind nanostrukturierte Silikatpartikel („Nanoclay“) als Füllstoff für Polymere zur Optimierung der Flammseigenschaften (Installationen, Kabelummantelungen, ...) und brandhemmende Beschichtungen von Holz, Metall, Kunststoff, Beton.

**Thermische Isolierung**: „Hochporöse Nanomaterialien wie Silica-Aerogele zeichnen sich durch vorzügliche Isolation gegen Wärmeleitung und Konvektion aus, lassen hingegen Wärmestrahlung und Licht sehr gut durch und können fast glasklar sein. Die Isolationseigenschaften des sehr leichten Feststoffs sind deutlich besser als die herkömmlicher Isolationsmaterialien. Aufgrund der hohen Transparenz eignen sich Aerogele neben Fassadenisolierungen prinzipiell auch für die Verwendung in Fensterscheiben.“ (Luther 2006, 70)

Haupt Hindernisse für eine kommerzielle Anwendung: hohe Herstellungskosten, geringe mechanische Stabilität (Brüchigkeit).

Verwendung: transluzente Gebäudefassaden, Aerogelfenster (Doppelverglasungen mit Aerogel-Granulat im Zwischenraum).

**Smart Windows**: Glasscheiben, die in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen ihre Eigenschaften insbesondere hinsichtlich Transparenz und Transluzenz ändern können; Verwendung von chromogenen Materialien, deren Farbe bzw. Transparenz/Transluzenz in Abhängigkeit physikalischer oder chemischer Einflussgrößen reversibel geschaltet werden können; Anwendung z.B. anstelle von externen Verschattungen; derzeit existieren nur Prototypenlösungen, für marktreife noch zu kostenintensiv;

marktnähere Variante: Antireflexschichten für Flachglas – eingesetzt für Solarkollektoren und Fassadenverglasungen.

**Zement/-Betonbaustoffe**: Verwendung von Nanopulvern und -fasern zur Materialverbesserung (Festigkeit, Beständigkeit, Verarbeitbarkeit aber auch elektromagnetische Abschirmung oder Regulierbarkeit der thermischen Leitfähigkeit)

**Weitere (langfristige) Innovationen**: neuartige Beleuchtungstechniken auf Basis organischer Leuchtdioden, die das Potenzial für großflächige, biegsame und elektronisch steuerbare Multicolor-Leuchtmittel aufweisen – künftige Anwendungen: z. B. leuchtende Tapeten – die Vision einer sich dem Stimmungszustand der Bewohner anpassenden Wohnumgebung!

## Aerogel / Nanogel

**Aerogele** sind hochporöse Festkörper, die bis zu 99,98 Prozent des Volumens aus Poren (Luft) bestehen. Es gibt verschiedene Arten von Aerogelen, wobei solche auf Silicatbasis am häufigsten sind.

**Silicat-Aerogel** wurde 1931 von Steven Kistler entdeckt. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es wie alle Aerogele mit einem Anteil von 97 Prozent Luft hoch porös ist und damit einen geringen Feststoffanteil aufweist. Silicat-Aerogel ist stark wärmedämmend, lichtdurchlässig und ermöglichen passive Nutzung der Sonnenenergie und des Tageslichtes;

**Nanogel® aerogel:** Handelsname der von der Firma Cabot Corporation entwickelten Silica-Aerogel Produkte. Eine weiterentwickelte Form von Aerogelen sind die transluzenten Aerogel-Partikel.

Produkt: transluzente Aerogel-Partikel / Glaskügelchen mit 0,5 bis 4 mm Durchmesser, auch puderförmig herstellbar, besteht bis zu 95 Prozent aus Luft;

Verwendung: Isolierung für Tageslichtsysteme

Vorteile: gesteigerte Wärmedämmung (gute Wärmedämmeigenschaften), starke Lichtstreuung (Aerogel verbessert die Lichtdurchlässigkeit und streut das Licht so dass es tiefer in den Raum fällt), Schalldämmung (Reduzierung der Schallübertragung durch Luft), gesteigerte Kondensationsbeständigkeit (durch permanente Feuchtigkeitsbeständigkeit wird die Entstehung von Kondensation und Zugluft vermieden); gute Wärmedämmeigenschaften. (Info: [www.interlux.at](http://www.interlux.at))

**Scobatherm-Nanogel Elemente / scobatherm ISO Isolationselemente:** Die scobatherm-Nanogel Elemente sind doppelschalige Verbundelemente (50 mm dick) aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen gefüllt mit Aerogelen der Firma Scobalith AG.

Vorteile: hervorragende Wärmedämmung und gleichzeitig blendfreie Tageslichtnutzung;

„Seit 1950 stellt Scobalith AG glasfaserverstärkte Kunststoffe her, spezielle lichtdurchlässige Bauteile für Dach und Wand.

scobatherm ISO Isolationselemente: scobatherm-Nanogel (ISO) wurde von der Scobalith AG neu entwickelt, auf Grund vermehrter Nachfragen nach lichtdurchlässigen, exzellent isolierenden Elementen für Dach und Wand.

Die scobatherm-Nanogel Elemente ermöglichen gleichzeitig ästhetisch als auch rationell und wirtschaftlich zu bauen.

Die scobatherm-Nanogel Elemente sind in diversen Ausführungen erhältlich:

z.B. schwerentflammbar, Oberflächenvergütet, Vandalensicher, Graffitienschutz und in RAL ähnlichen Farben.

Die scobatherm-Nanogel Elemente zeichnen sich aus durch:

- Lichtdurchlässigkeit
- Lichtechtheit
- Langlebigkeit
- Schlagfestigkeit (auch bei rascher Abkühlung)
- Tritt- und Ballwurfsicherheit
- bedingte Durchbruchsisicherheit
- hervorragende thermische Eigenschaften
- Temperaturbeständigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- geringes Eigengewicht
- Fertigung auf Mass.“ (<http://www.scobalith.ch/de/scobatherm.html>, 10.8.2010)

Weitere Produkte: scobalight ILP Lichtwellplatten, scobalith Faserglasplatten (IFG), scobaelement ILE Lichtelement.

## VIP-Vakuum-Isolations-Paneele

„Ein Vakuum Isolations-Paneel, oder kurz VIP besteht aus einem von einer Schutzfolie umhüllten und als „Kern“ bezeichneten Füllstoff. Nach dem Einbringen in die Umhüllung wird das System auf ein Vakuum zwischen 0,001 und 1,5 mbar (0,001 und 1 Torr) evakuiert und versiegelt. Das Kernmaterial hat drei Aufgaben:

Erstens dient es zum Stützen der Paneelwände. Der Atmosphärendruck übt auf die evakuierte Platte einen Druck von 1 bar aus. Demnach lastet auf einer 1 Quadratmeter großen Platte ein Druck von etwa 10 Tonnen.

Zweitens hemmt das Kernmaterial die Bewegung eventuell in der Platte noch vorhandener Gasmoleküle. Je kleiner die Porengröße des Kernmaterials, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Gasmoleküle nicht miteinander, sondern mit dem verzweigten Netz des Füllstoffs zusammenstoßen. Damit sind diese Moleküle weitgehend blockiert. Eventuell auf das feste Kernmaterial übergegangene Wärme muß durch ein verwickeltes Netz von Verzweigungen gelangen und zerstreut sich auf diese Weise zum größten Teil. Porextherms Vacupor®-Kern auf Basis von hochdisperssem Silikapulver hat unter allen Füllstoffen die geringste Porengröße und damit das größte Isoliervermögen.

Drittens bieten die Kernmaterialien eine Sperrschicht gegen Wärmeübertragung durch Strahlung und enthalten deshalb Trübungsmittel, welche die Infrarotstrahlung zerstreuen oder absorbieren. Ein Vergleich zwischen Vacupor®-Vakuum Paneelen und herkömmlichen Dämmstoffen zeigt, dass Vacupor® ein signifikant höheres Isolationsvermögen aufweist.“

(<http://www.porextherm.com/web/de/technologie/vac.htm>, 10.08.2010)

Mit so genannten Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP) erreicht man eine Wärmeleitfähigkeit die um einen Faktor 8 bis 10 geringer ist als konventionelle Dämmstoffe, und damit eine wesentlich geringere Schichtdicke ermöglicht. Bisher angewendet wurde diese seit etwa 15 Jahren entwickelte Technologie vor allem im Kühl- und Gefriergerätebau. Mittels modernen Produktionsverfahren und neuester Folientechnologie ist man heute in der Lage, Vakuumdämmplatten herzustellen, die über Jahrzehnte ihre Funktionstüchtigkeit behalten. Ein Nachteil ist allerdings der Preis, das Fehlen von Möglichkeiten einer mechanischen Befestigung an Bauteiloberflächen und die kostenintensive Sonderanfertigung von Passstücken.

## Transparente Wärmedämmung

Während bei konventioneller (nicht durchsichtiger oder opaker) Wärmedämmung nur der Wärmefluss von innen nach aussen verringert wird, können mit transparenter Wärmedämmung (TWD) zusätzlich solare Gewinne ins Haus gebracht werden. Bei TWD-Elementen wird die Wand von außen her erwärmt und zeitverzögert Wärme an den Innenraum abgegeben. Insbesondere bei Sanierungen ist eine transparente Wärmedämmung sinnvoll, da hier oft wenig südorientierte Fensterflächen vorhanden sind, durch die solare Gewinne erzielt werden können. Durch das massive Mauerwerk ergibt sich eine erwünschte zeitliche Verschiebung des Wärmeeintrags in die Abendstunden. Dies ist sinnvoll, weil dadurch auch am Abend noch solare Wärme eingebracht wird, wenn die Fenster keinen solaren Ertrag mehr liefern. Der Energiegewinn beträgt bei Südfassaden bis zu 120kWh/m<sup>2</sup> im Jahr.

## Projekte / Produkte Österreich (Beispiele)

### **Einsatz von Vakuumdämmung im Hochbau (Project b1)**

Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft  
(<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id2741>);

Forschungsthema / Produkt: Entwicklung eines mechanischen Befestigungssystems für Vakuumdämmplatten das sowohl im Neubau als auch in der Sanierung zum Einsatz kommen kann und die Kosten deutlich reduziert.

Hersteller / Kontakt

Otmar Essl, MAS Solar Ach.,  
A-5311 Loibichl-Mondsee, Au 17  
0043 (0) 699 - 1133 9140  
0043 (0) 676 - 70 17 357  
office@blitzblau.at  
www.blitzblau.at

### **Praxis- und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärmedämmsystemen**

Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft  
(<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3867>);

Forschungsthema / Produkt: Anwendung von Vakuumisolationspaneelen im Wand, Dach - und Terrassenbereich bei der Sanierung eines Zweifamilienhauses.

Hersteller / Kontakt

Gruppe Blitzblau Austria Essl - Ferle OEG  
BM Dipl. HTL Ing. Anton Ferle MSc  
A-5311 Loibichl am Mondsee, Au 17  
0043 (0) 699 - 11339140  
0043 (0) 6232 - 6722-0  
antonferle@blitzblau.at  
www.blitzblau.at

### **Altbausanierung auf Passivhausstandard mit Vakuum-Isolations-Paneelen (VIPs)**

Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft  
(<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id4944>);

Forschungsthema / Produkt: Demonstration der Sanierungsmöglichkeit eines Bauwerkes des 19 Jh. auf Passivhausstandard unter Berücksichtigung von hygrischen Vorgängen sowie des Einsatzes von Vakuumdämmung im Terrassenbereich bei der Sanierung eines Zweifamilienhauses.

Hersteller / Kontakt

TB-Panic  
Emanuel Panic  
A-4600 Schleißeheim b. Wels, Blindenmarkt 7  
0043 (0) 7242 -206996  
office@tb-panic.at  
www.tb-panic.at



# Transluzente Fassadensysteme, Aerogel / Nanogel Kunststoffpaneele (Polyesterstegplatten)

## **WOODSTOCK Ausstellungshalle, Swissbau 2010 (NEUBAU)**

Gebäudetyp: Pilotbau / Ausstellungshalle

Adresse / Standort: Basel

Baujahr / Errichtung: 2010

Baukonstruktion: Holzkonstruktion

Klima-Architektur aus hybriden Bauteilen und nachhaltiger Technologie, Erprobung von drei verschiedenen Fassadensystemen:

- 1. Begrünte Ruderal-Fassade,**
- 2. Transluzente Polyester Wellplatte gefüllt mit Aerogel / Silica-Gel,**
- 3. Metallbaufassade mit Photovoltaik-Isolierglas.**

„Fassade 1 »die Körperliche«: Diese fitte Minergie-P-Fassade mit hybridem Schichtaufbau ergibt eine schlanke Gebäudehülle. Auf einer Buchenholz-Ständerwand kombinieren wir das neue, sensationelle AGI-Aerogelvlies mit Dämmplatten von Flumroc. Die Regenhaut wird mit Aquapaneel von Sarna-Granol, Knauf und Formboard-Platten von Bruag gelöst.

Fassade 2 »die Erotische«: Diese Minergie-P-Fassade ist durch die transluzide Perlmutter-Haut extrem schlank. Die Scobatherm-Elemente von Scobalit sind gefüllt mit Aerogelen von Cabot und auf die tragende Homogen/Buchen-Holzkonstruktion. Diese erstmals gezeigte Fassadentechnologie wird bei der Montage unterstützt von EBM Ecotec AG.

In die GFK-Module werden in der Fabrik die Kunststoff-Fenster von EgoKiefer eingebaut.

Mit dem BrisSoleil-Element von Wicona, ausgestattet mit PV-Modulen von 3S Swiss Solar Systems beschatten wir diese Fassade.

Grossflächige Beschattungselemente von Griesser Storen montieren wir vor die Fenster und vor den rechten Teil der Scobatherm-Elemente.“

Fassade 3 »die Dynamische«: Aufgebaut wie Fassade 1 wird diese Hülle ergänzt mit Photovoltaik und öffnet sich zur Umgebung mit grossen Metallbau- und Holzbaufenstern von Hasler, Stebler und Wicona.

Der grosszügige Eingang aus Stahl und Glas von Stebler hat automatische Schiebetüren von Kaba Gilgen.“ (<http://www.woodstock-basel.ch/minergie.html>, 04.06.2010)

### **Produkt**

Fassade 2: Transluzente Polyester Wellplatte gefüllt mit Aerogel / Silica-Gel, glasfaserverstärkte Kunststoffe der Firma Scobalit AG; Fassade auf Nanostruktur aufgebaut, daher nur 5cm dick; extrem wärmedämmend weil keine Luftkonvektion.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Swissbau 2010

ArchitektInnen / Projektleiter / Planung: Artevetro Architekten (Felix Knobel), Basel; Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)

Haustechnik: Waldhauser Haustechnik AG, Marco Waldhauser, Münchenstein

Infos / Literatur

<http://www.woodstock-basel.ch/architektur.html>

<http://hk-gebaudetchnik.ch.wildfe-website.nine.ch/tag/woodstock/> (Video)

Kontakt

artevetro architekten ag

Felix Knobel, dipl. Arch. ETH/SIA

CH-4053 Basel Münchensteinerstrasse 210

CH-4410 Liestal, Grammetstrasse 14

0041 (0) 61 927 55 22

info@artevetro.ch

www.artevetro.ch

## FOTOS



**Woodstock Ausstellungshalle:** Transluzente Fassade.  
Fotos © www.woodstock-basel.ch

## Turnhalle der Schule Buchwiesen in Zürich

Gebäudetyp: Schulanlage, Erweiterungsbau Doppeltturnhalle

Adresse / Standort: Buchwiesen, Zürich, Schweiz

Baujahr / Errichtung: Erweiterung 2002 – 2004

Baukonstruktion Bestand: Stahlbetonskelett

Im Dachbereich und in der Nordfassade der Turnhalle der Schule Buchwiesen in Zürich (Schweiz) wurden mit transluzentem NANOGE<sup>®</sup> Aerogel gefüllte Polyesterstegplatten der Stärke 50 mm der Firma Scobalit AG (Winterthur, Schweiz) verwendet.

### Produkt

Aerogel / Nanogel Kunststofffassadenpaneele (Doppelstegplatten) der Firma Scobalit: 50 mm dick, doppelschaliges Verbundelement aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen, gefüllt mit transluzentem NANOGE<sup>®</sup> Aerogel;

Vorteile: blendfreie Tageslichtsituation, hohe Dämmwirkung, g-Wert 25 % und 25 % Lichtdurchlässigkeit.

Die Isolationselemente namens Scobatherm<sup>®</sup> wurden an der EMPA in CH-8600 Dübendorf mit folgenden Ergebnissen geprüft:

EMPA-Prüfbericht Nr. 427377/1: Wärmedurchlaßkoeffizient, U-Wert:  $U = 0.52 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

EMPA-Prüfbericht Nr. 427377/2: Gesamtenergiedurchlaßgrad, g-Wert (Effektivwert):  $g = (0.25 \pm 0.03)$

Hersteller: GFK-DoppelstegplattenScobatherm<sup>®</sup>, Scobalit AG

(<http://www.scobalit.ch/de/scobatherm.html>)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: k. A.

ArchitektInnen / Projektleiter: Arnold Amsler, Winterthur

Infos / Literatur

Weller, Bernhard, Rexroth, Susanne: Material wirkt – Neue Entwicklungen an der Fassade. In: DETAIL 11/2005, 1292 – 1298

Fachverband TWD

[http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_cabot.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_cabot.html)

Arnold Amsler, Architekt BSA/SIA

<http://www.amsler-architekt.ch/index.php?selgroup=6&selobject=43>

Kontakt

**Hersteller**

Cabot Aerogel / Cabot Nanogel GmbH ([www.cabot-corp.com/Aerogel](http://www.cabot-corp.com/Aerogel))

Scobaliti AG (<http://www.scobalit.ch>)

*Architekt*

Arnold Amsler, Architekt BSA/SIA  
CH-8400 Winterthur Stadthausstrasse 51  
0041 (0) 52 212 92 92  
mail@amsler-architekt.ch  
www.amsler-architekt.ch/

FOTOS



**Schulanlage Buchwiesen in Zürich:** Erweiterung einer Doppelturnhalle mit transluzenten Aerogel/Nanogel Kunststofffassadenpaneelen. Fotos © amsler-architekten (1-3), Fotos © scobatlit (4)

## Wohnbauten Hofheim – vorgefertigte Fassadenelemente mit VIP – Vakuumdämmung

Gebäudetyp: Wohnbau, 3 Zweifamilienhäuser, Wohnfläche: 273m<sup>2</sup>

Adresse / Standort: D-65719 Hofheim, Wilhelmstr. 35-39

Baujahr / Errichtung: 1927

Baukonstruktion: Mauerwerk, Ziegelbau

Modernisierung / Sanierung: 2005-2006, vorgefertigte Fassadenelemente mit Vakuumdämmung  
 „Die Straßenfassaden der Altbauten boten durch die Grenzbebauung zum Gehsteig wenig Raum für eine nachträgliche Dämmung. Um trotzdem einen hochwertigen Wärmeschutz zu erreichen, entschieden sich die Planer für den Einsatz der Vakuumpaneele. Dabei wurde eine Kombination mit der sogenannten Großelement-Dämmtechnik getestet, die ebenfalls im Rahmen eines Forschungsvorhabens – ursprünglich für herkömmliche Dämmung entwickelt wurde. Im Werk vorgefertigte, geschosshohe Elemente, die bereits die neuen Fenster enthalten, werden in ein an der Fassade vorgerüstetes Befestigungssystem eingehängt. Das erlaubt eine schnelle, passgenaue Montage mit wenigen Nacharbeiten auf der Baustelle. Wärmebrücken im Konstruktionsaufbau können im Vorfeld minimiert werden.

Die drei baugleichen Zweifamilienhäuser, Baujahr 1927, verbrauchten ursprünglich 240 kWh/(m<sup>2</sup>a) Erdgas. Für die umfangreiche energetische Sanierung wurden Außenwände, Kellerdecke und Dachstuhl gedämmt sowie die Fenster ausgetauscht. Lüftungsanlagen und ein Nahwärmesystem mit Holzpellet-Kessel ergänzen das Konzept.

Das Wärmedämmverbundsystem erreicht mit einer Stärke von 25 cm einen U-Wert von 0,14 W/(m<sup>2</sup>K). Um die Konstruktion bei gleicher Dämmwirkung möglichst wenig in den angrenzenden öffentlichen Gehweg hineinragen zu lassen, wollte man für die Nordfassade vakuumgedämmte Großelemente nutzen. Ursprünglich war vorgesehen, die gesamte Fassadendämmung zeitgleich anzubringen. Durch den hohen Aufwand für die Entwicklung solcher Elemente mit Vakuumdämmung wurden diese letztlich ein Jahr später als das Wärmedämmverbundsystem montiert.“ (BINE Informationsdienst, projektinfo 04/08)

### Produkt

„Das Fertigteile baut auf einer Baufurnier- Schichtholzplatte (Kerto) auf, in die die Halterungen zur Befestigung an der Fassade integriert sind. Eine Ausgleichsdämmung auf dieser Seite kann sich den Unebenheiten des vorhandenen Putzes anpassen und verhindert so Luftspalte zwischen Bestandswand und Dämmelement.

Auf die andere Seite der Kerto-Platte ist eine Sperrholzschiicht mit Aluminiumfolie geklebt. Sie schützt die Vakuumdämmung vor mechanischer Beschädigung. Nach außen wird die Vakuumdämmung ebenfalls von einer dünnen Sperrholzschiicht und einer Furniersperrholzplatte (BFU) abgedeckt. Edelstahlanker verbinden äußere und innere Holzplatte und leiten Lasten am VIP vorbei. Auf Aluminiumprofile an der äußeren Platte wird vor Ort die hinterlüftete Bekleidung geklebt.

In Hofheim besteht die Fassadendämmung aus vier geschosshohen Großelementen (B=5,13 m; H= 2,50 m bis 3,20 m). Die für den Montageablauf notwendige Lücke zwischen den oberen Großelementen und dem Dachüberstand schließen vier Füllelemente. Aufgrund der Anordnung der Fassadenbekleidung tritt die Aufteilung der Fertigteile optisch nicht in Erscheinung.

### Statik und Befestigung

Eine eigens entwickelte Hängekonstruktion mit Stahlverbindern hält die Großelemente und überträgt die statischen Lasten (Abb. 4). In der Wand verankern vorab einbetonierte Dübel und Gewindestangen die Befestigungselemente. Die Gegenstücke am Fertigteile werden im Werk angebracht. Die Großelemente werden mit mehreren Befestigern an der Fassade gehalten: Konsolen an der Oberseite des Elements lagern auf an der Wand montierten „Tischen“ auf, mit denen sie dann verschraubt werden (E). Zusätzlich werden Haken in der Elementmitte in eine mit schnell bindendem Mörtel gefüllte „Schale“ der Wand eingehängt (W) und über Haltepunkte am unteren Elementrand (U) in passender Position justiert. Alle Halterungen müssen auf der Grundlage eines detaillierten Aufmaßes vor der Montage genau ausgerichtet werden. Zusätzlich sind an einigen Halterungen Justagemöglichkeiten vorgesehen.

Die Vakuumdämmung kann in den Fertigteilen keine tragende Funktion übernehmen. Daher ist keine Lastübertragung von einer Ebene in die nächste möglich, wie sonst bei schichtweise aufgebauten Elementen. Stattdessen werden die statischen Kräfte durch spezielle Stahlanker von der äußeren zur inneren Holzplatte geleitet. Die Anordnung der Stahlteile aller Befestigungsebenen muss innerhalb des Großelementes aufeinander abgestimmt werden.“ (BINE Informationsdienst, projektinfo 04/08)

## Aufbau eines GEDT-Elementes

(Quelle: <http://variotec-presse.de/hp1456/Schneller-daemmen-im-Grossformat.htm>, 06.06.2010)

Innen

Ebene	Schichtaufbau	Funktion
1	20 mm Mineralwolle (zusammendrückbar)	Ausgleich von Unebenheiten des Putzes zum bestehenden Mauerwerk
2	27 mm Tragplatte aus Kerto-Furnierschichtholz	Tragende Schicht im Dämmpaneelaufbau Aufnahme aller Befestigungselemente und Lasten sowie Anbindung zur Bestandswand
3	2,75 mm Schutzschicht (Sperrholz + 0,25 mm Alu)	Aluminiumplatte als mechanischer Schutz der Vakuumdämmung und Dampfsperre
4	40 mm VIP-Dämmung	Dämmung
5	2,5 mm Sperrholz	Schutzschicht für Vakuumdämmung
6	18 mm Baufurniersperrholz (BFU) - Platte	Träger der Unterkonstruktion der äußeren belüfteten Bekleidung
7	20 mm + 5 mm Aluminium-Hohlprofil	Unterkonstruktion für Fassadenbekleidung
8	8 mm Vollkern-Schichtstoff-Fassadenplatte	Fassadenbekleidung

Außen

### Weiteres Produkt QASAmx – WDVS

QASAmxVARIOTEC hat zusammen mit dem Putzprofi Franken Maxit ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) entwickelt, das durch den Einsatz von Vakuumdämmung extrem schlank ausfällt. QASAmx spart bei gleichem Dämmwert gegenüber einem herkömmlichen WDVS bis zu 19 cm Aufbaustärke.

Bei der Sanierung bestehender Gebäude spielen die VIP-Elemente ihre Vorteile aus.

Vakuumdämmelemente ermöglichen in Verbindung mit der Großelement-Dämmtechnik (GEDT) das Erreichen der angestrebten energetischen Kennwerte bei möglichst geringer Dämmstoffdicke. Die Vorfertigung der Bauelemente bewirkt kurze Montagezeiten, zudem sind nur geringe Nacharbeiten auf der Baustelle erforderlich.

Dies wird erreicht durch die Integration der Vakuumdämmplatten in die GEDT-Elemente sowie den Einbau von Fenstern in die GEDT-Elemente bereits in der Vorfertigung.

Hierzu galt es, Fragen zur Statik, Bauphysik und Montage sowie zur späteren Wartung zu beantworten.

Am Ende der Entwicklung standen allgemein einsetzbare Lösungen für GEDT-Elemente. Dabei wurde den Anschlussdetails an die konventionelle Wärmedämmung der übrigen Außenwände, an Sockel- und Traufe und den Übergang zur Dachdämmung besonderes Augenmerk gewidmet.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: HWB Hofheim Wohnungsbau GmbH

ArchitektInnen / Planung: Planungsgruppe DREI, Mühlthal;

Forschung / Energie: IWU Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt;

Fassadenelemente: VARIOTECH GmbH, D – 92318 Neumarkt, Weissmarterstrasse 3

### Infos / Literatur

Lattke, Frank: TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbaulemente. In: Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg, S 42 – 53 ([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Gintars, Dorothee: Gebäude sanieren – hochdämmende Großelemente. In: BINE Informationsdienst, projektinfo 04/2008

BINE Informationsdienst

<http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/hochdaemmende-grosselemente-in-der-gebaeudesanierung/?subpageof=&artikel=1002>

Institut Wohnen und Umwelt

<http://www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/hofheim> (Projektberichte, etc.)

[www.iwu.de](http://www.iwu.de);

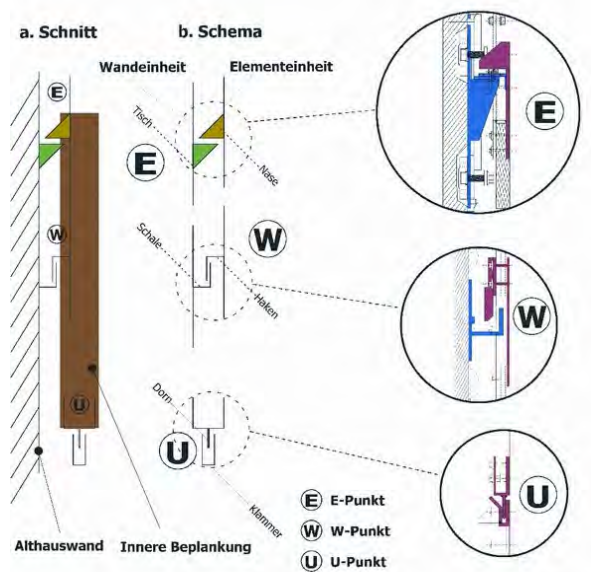
EnOB: Forschung für Energieoptimiertes Bauen  
www.enob.info

Variotec  
http://variotec-presse.de/hp1456/Schneller-daemmen-im-Grossformat.htm

Kontakt

Institut Wohnen und Umwelt GmbH  
Marc Großklos  
0049 (0) 6151 - 2904-47  
m.grossklos@iwu.de  
www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/hofheim/

FOTOS



Schichtenfolge	Stärke [mm]
1 Mauerwerk	300
2 Putz	15
3 Ausgleichsdämmung (Mineralwolle)	20
4 Trogplatte Kerto	27
5 Sperrholz	5
Aluminiumfolie	0,8
6 VIP	40
7 Sperrholz	5
8 Trogplatte BFU	18
9 Alu-Hohlprofile als Unterkonstruktion	20
10 Holzkompositplatten, geklebt	8

**Wohnbauten Hofheim, vorgefertigte Fassadenelemente mit VIP – Vakuumdämmung:** Gebäude vor und nach der Sanierung, Montage: die vorgefertigten Großelemente werden an den Haltevorrichtungen der Fassade eingehängt, Aufbau der sanierten Außenwand, Befestigung.  
Fotos © IWU Darmstadt (1-5); bine info



### **Wohnbauten Hofheim, vorgefertigte Fassadenelemente mit VIP – Vakuumdämmung:**

Zusammensetzung der Kosten für die Großelemente.

Fotos © IGRT Bochum; bine info

## **VIP-Demonstrationsgebäude Ravensburg (NEUBAU)**

Gebäudetyp: Wohngebäude mit Bürotrakt

Adresse / Standort: Ravensburg, Deutschland

Baujahr / Errichtung: 2004

Baukonstruktion Bestand: k. A.

### **Produkt**

VIP-Betonfertigteil – raumhohe Betonfertigteile mit Vakuumdämmung;

Fassadenkonzept: Betonfertigteile mit Haltekonstruktion für aufliegende Vakuumdämmung und hinterlüftete Fassade, VIP wird mit Schutzplatte aus kaschiertem PU-Schaum angebracht. Ankerband aus 0,5 mm Glasfasergewebe.

Fassadenkennwerte: Gesamtstärke 27 cm

Mittlerer U-Wert: ca. 0,15 W/m<sup>2</sup>K

„Ein spezielles Herstellungsverfahren mit bereits vormontierten Verankerungen hält die Paneele auf Zug am Beton und nimmt zugleich die Unterkonstruktion für eine hinterlüftete Fassade auf. ... Auf diese Weise entstehen raumhohe Betonfertigteile mit Vakuumdämmung, die mit einer hinterlüfteten Fassade ausgestattet werden. Die Elemente erreichen einen Wert von 0,15 W/m<sup>2</sup>K – dies entspricht Passivhausstandard – bei einer Gesamtstärke von nur 27 cm. Bei der Vakuumdämmung gewinnen eventuelle Wärmebrücken an Bedeutung. Die erreichten U-Werte waren also allein mit einer konsequenten Minimierung der durch die Haltekonstruktion und der durch Fugenhohlräume verursachten Wärmebrücken realisierbar. ... Vorteil der Fassadenelementlösung ist die komplette Vorfertigung im Werk, außerdem können defekte Vakuum-Paneele auch nachträglich ausgetauscht werden. Es können beliebige Fassadenplatten einschließlich Putzträger verwendet werden. Auch individuelle Planungen können realisiert werden, vorausgesetzt sie werden an das im Mauerwerksbau übliche Grundraster von 12,5 cm angepasst.“ (Lang, BINE Projektinfo 08 / 2004)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: k. A.

ArchitektInnen / Projektleiter:

*Entwurf:* weinbrenner. single. Architekten Werkgemeinschaft Nürtingen;

*Konstruktion* (Fassadenelemente und Realisierung Demogebäude): Albert Hangleitner GmbH

*Wissenschaftliche Begleitung:* Bayrisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

Infos / Literatur

BINE Projektinfo

<http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/vakuum-isolation-in-fassadenelementen>

Kontakt

Albert Hangleitner GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing.(TU) Matthias Hangleitner

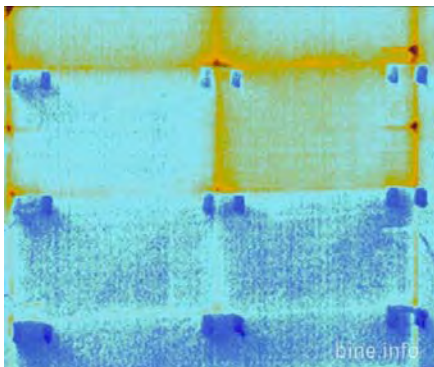
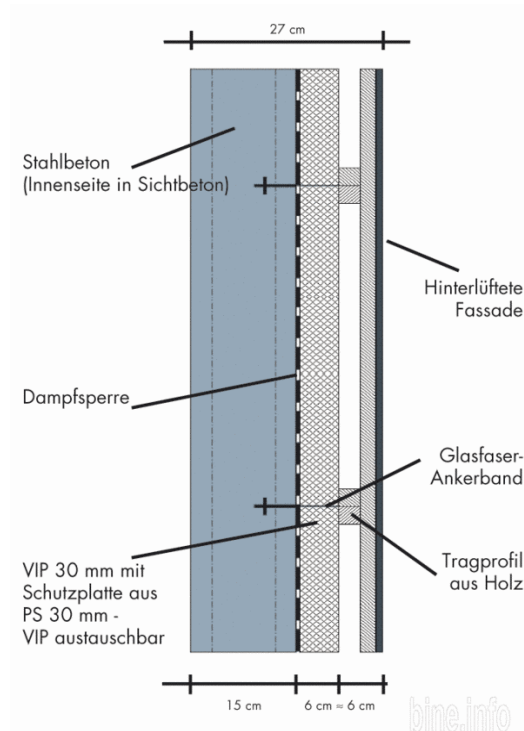
D-88214 Ravensburg, Jahnstraße 26

0049 (0) 7 51 / 3 61 60-0

post@hangleitner.de

www.hangleitner.de

FOTOS



**VIP-Demonstrationsgebäude Ravensburg:** Ansicht, Wandmodul (Ankerbänder, Vakuum-Paneele, äußere Schutzplatten und XPS-Randdämmstreifen) und Modulaufbau, Montage, Thermografie (am Teststand aufgenommene Thermografie: Im oberen Bereich sind deutliche Wärmeverluste erkennbar – hier setzt die konstruktive Optimierung von Fugen und Haltekonstruktionen an, vgl. unterer Bereich), Wandaufbau. Fotos © Albert Hangleiter GmbH & Co. KG (1-5); ZAE Bayern e.V. (6); bine info



## Demonstrationsgebäude Neumarkt in der Oberpfalz / Sandwich-Elemente mit integrierter Vakuumdämmung für Holz-Beton-Mischbauweise (NEUBAU)

Gebäudetyp: Einfamilienhaus, 3-geschoßig

Adresse / Standort: 92318 Neumarkt / Oberpfalz, Im Voggenthal 21, Deutschland

Baujahr / Errichtung: 2004 – 2005

Baukonstruktion Bestand: Massivbau (Kellerwände, Teil der Außenwände, Decken) und Holzleichtbauweise (Teil der Außenwände, Dach); alle Außenbauteile wurden vorgefertigt und mit bereits eingebauter VIP an die Baustelle gebracht,

VIP Integration:

- Außenwand in Holzkonstruktion
- Außenwand in Betonkonstruktion
- Erdberührte, druckbehaftete Außenwand in Betonkonstruktion (VIP mit Betondoppelwänden in wasserundurchlässiger Qualität)
- Bodenplatte
- Flachdach in Holzkonstruktion
- Satteldach in Holzkonstruktion

### Wärmebrücken

„Besonderes Augenmerk fiel auf die Stoßstellen der Fertigelemente, die mit ca. 700 m Gesamtlänge das Wärmedämmverhalten der Gebäudes erheblich beeinflussen können. Die Alu-Dampfsperre der VIP führt speziell an Stoßpunkten mit Wärmebrücken zu einer deutlichen Verschlechterung der Wärmebrückenausbildung. Die Aluminiumverleidung sollte deshalb an den Stoßpunkten unterbrochen werden. Als kritisch erwies sich zunächst der Anschluss Wand / Bodenplatte: Die kraftschlüssige Verbindung der äußeren Betonschale mit der Bodenplatte erlaubt einen Wärmefluss von der Wandinnenseite an die Luft, Entsprechendes Anbringen von Perimätereisendämmung reduziert diese Einfüsse aber deutlich. Die luftberührten Bauteile waren in Bezug auf Wärmebrücken eher unproblematisch. Insgesamt beträgt der Einfluss der Wärmebrücken am Heizenergiebedarf nach der Optimierung ca. 25 %.“ (Gintars: BINE Projektinfo 09 / 2007)

### Produkt

VIP-Fertigteilelemente aus Beton und Holz

„Zum Schutz der Paneele hatte dieses Forschungsvorhaben deshalb grundsätzlich die Entwicklung von Fertigteilen mit irreversibel eingebauter Kerndämmung aus VIP zum Ziel. Die aus dem Werk gefertigten Bauteile mit den integrierten VIP beinhalten dabei bereits alle statisch-konstruktiven sowie für Installationen erforderlichen Durchbrüche. Es wurde vorab ein ganzer Bausatz passivhaustauglicher VIP-Fertigteile mit entsprechenden Anschlussdetails entwickelt, sowohl aus Holz als auch aus Beton. Bei den **Betonelementen** verbindet ein Glasfaseranker die Schichten punktuell auf Zug und Druck, so berühren sich die VIP allseitig fugenlos und die Wärmeverluste durch die Wand sind minimiert. Die **Holzelemente** werden durch vorgegeben und entsprechend vorbereitete Durchdringungspunkte hindurch verschraubt. Die statischen Bauteile mit VIP-Kerndämmung im Passivhausstandard erreichen bei Gesamtdicken ab 150 mm U-Werte zwischen 0,06 W/m<sup>2</sup>K und 0,12 W/m<sup>2</sup>K. Die statischen Eigenschaften der Wand- bzw. Dachelemente wurden durch ausführliche Bauteilprüfungen getestet. Die VIP-Fertigteile können sehr hohe Hanglasten bzw. Gebäudelasten aufnehmen. Langzeitversuche ergaben für VIP unter der Sohlplatte bei Druckbelastung mit 300 kN/m<sup>2</sup> über 50 Jahre hochgerechnet Verformungen von 3,5 bis 5 mm.“ (Gintars: BINE Projektinfo 09 / 2007)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Variotec

ArchitektInnen / Projektleiter: Forstner Architektur; Hersteller: Variotec;

Monitoring: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Infos / Literatur

Lang, Johannes: Vakuum-Isolation in Fassadenelementen. BINE Projektinfo 08 / 2004

Dorothee Gintars: Vakuumgedämmte Fertigteil in der Baupraxis. BINE Projektinfo 09 / 2007

BINE Projektinfo

<http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/vakuumgedaemmte-fertigteile-in-der-baupraxis/>

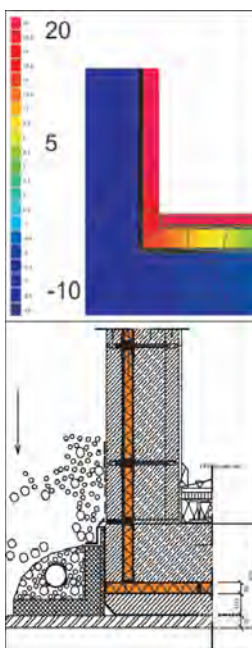
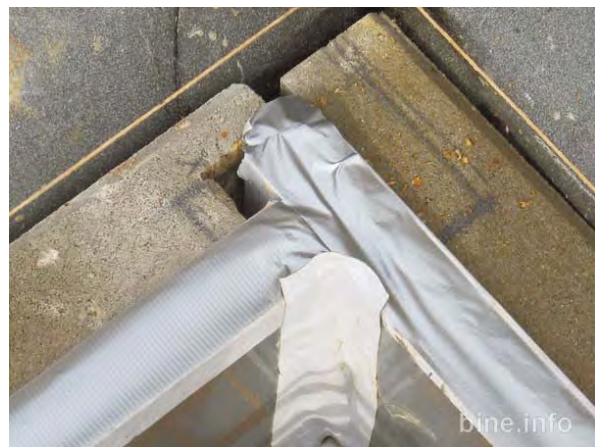
### Kontakt

VARIOTEC GmbH & Co. KG

D-92318 Neumarkt, Weißmarterstraße 3-5

0049 9181 6946-0  
 info@variotec.de  
 www.variotec.de

FOTOS



Bauteil / U-Wert	Aufbau (von außen nach innen)	
<b>Bodenplatte</b> U=0,06 W/m <sup>2</sup> K	100 mm Sauberkeitsschicht 10 mm Abdichtung 50 mm VIP-Dämmelemente 250 mm bewehrte Betonbodenplatte Fußbodenaufbau	Bodenplatte 
<b>Wandtyp 330</b> (Wände UG) U=0,11 W/m <sup>2</sup> K	60 mm Fertigbeton-Außenschale 49 mm (mögliche) Ortbetonschicht 51 mm VIP-Dämmelement 70 mm Fertigbeton-Innenschale	Wandtyp 330 
<b>Wandtyp 270</b> U=0,12 W/m <sup>2</sup> K (Fertigbetonwände)	55 mm Holzfassade 70 mm Betonvorsatzschale 50 mm VIP-Dämmelement 150 mm Innenschale Beton 15 mm Putzoberfläche	Wandtyp 270 
<b>Wandtyp 150/1</b> U=0,12 W/m <sup>2</sup> K (Wände OG)	33 mm Kerto-Holzplatte 51 mm VIP-Dämmelement 94 mm KLH (Kreuzlagenholz) 15 mm Gipskartonplatte	Wandtyp 150/1 
<b>Flachdach</b> U=0,12 W/m <sup>2</sup> K	8 mm Bautenschutzmatte 2 mm Dachabdichtung 50 mm Holzwerkstoffplatte 51 mm VIP-Dämmelement inkl. Dampfsperre 96 mm Holzbauelement 30 mm Flächenheizungssystem 15 mm Gipskartonplatte	Flachdach 

**VIP-Demonstrationsgebäude Neumarkt:** Ansicht, VIP-Modul, Glasfaseranker (als Verbindungselement der Fertigteil-Konstruktion), Ecklösung, Thermografie der Ecklösung mit durchgehender VIP-Dämmebene und Aufbau ausgewählter Bauteile. Fotos © Variotec, Neumarkt; bine info

## Projekte - DETAIL

-> **V Sanierung Verwaltungs- und Betriebsgebäude Entsorgung Remscheid**

## III Speicher Fassaden / PCM – Phase-Change-Materials

### Infos / Literatur

Henning Braun, Dirk: Adaptive Gebäudehüllen aus der Natur und Technik. In: SKIN 02/Okt.2005, Architektur und Bauforum. 10 – 23

Hör, Thomas: Phase-Change-Materials (PCM) – Masse mit Klasse. In: AEE Intec: Tagungsband ÖKOSAN 2005, 13. – 15. Oktober 2005, Weiz. 99 – 108

Horschig, Jola / Mielke, Jan / Schossig, Peter: Wechselhaft. PCM – Latentwärmespeicher. In: db-deutsche bauzeitung 04/2007. 74 – 77

Kaltenbach, Frank: PCM-Latentwärmespeicher – Heizen und Kühlen ohne Energieverbrauch? In: Detail 06/2005. 660 – 666

Kruse, Martin / Friedrich, Uwe: Latentwärmespeicher in Baustoffen. BINE Informationsdienst, projektinfo 06/2002

Manara, Jochen: Wärmespeicher als integrierte und nicht integrierte Bauteile. In: ForschungsVerbund Erneuerbare Energien: Themen 2008: Energieeffizientes und solares Bauen. Tagungsband zur Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, 29. – 30. September 2008, Berlin. 49 – 52

Mehling, Harald: Latentwärmespeicher. BINE Informationsdienst, projektinfo 04/2002

Mehling, Harald / Schossig, Peter / Kalz, Doreen: Latentwärmespeicher in Gebäuden. Wärme und Kälte kompakt und bedarfsgerecht speichern. BINE Informationsdienst, projektinfo 01/2009

Pfafferott, Jens / Kalz, Doreen (Fraunhofer ISE): Thermoaktive Bauteilsysteme. Nichtwohnungsbauten energieeffizient heizen und kühlen auf hohem Komfortniveau. BINE Informationsdienst, projektinfo 01/2007

Prilic, Thomas: Konsequent Latent. In: SKIN 02/Nov.2009, Architektur und Bauforum. 6 – 10

Scheuren, Jörn: Solares Heizen. Wärmeversorgung für Alt- und Neubauten. In: ForschungsVerbund Erneuerbare Energien: Themen 2008: Energieeffizientes und solares Bauen. Tagungsband zur Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, 29. – 30. September 2008, Berlin. 85 – 90

Schmidt, Marco: PCM-Grundlagen und Wirtschaftlichkeit. BASF AG, Ludwigshafen, Germany. ([www.eor.de/.../01\\_ASUE\\_PCM-Grundlagen+Wirtschaftlichkeit-A4.pdf](http://www.eor.de/.../01_ASUE_PCM-Grundlagen+Wirtschaftlichkeit-A4.pdf), 09. 06.2010)

Wohnhaus in Ebnat-Kappel. In: DETAIL 06/2002, Berichte. 736f

Wymann, Jean-Pierre: Wasserdurchströmtes Glas. Interview mit Dietrich Schwarz. In: tec21, 29/2004. 14 – 17

## Adressen / Hersteller (Auswahl)

### **BASF SE / Micronal® PCM von BASF**

D-67056 Ludwigshafen, Deutschland  
0049 (0) 621 60-0  
info.service@basf.com  
www.micronal.de

Produkte:

Lehmbauplatte mit Latentwärmespeicher  
Porenbeton CelBloc Plus  
Gips-Maschinenputz maxit clima®

### **Dörken GmbH & Co. KG**

D-58313 Herdecke, Wetterstraße 58  
0049 (0) 23 30/63-0  
bvf@doerken.de  
www.doerken.de

Produkt: verkapselte Salzhydrate für PCM-Kühldecken

### **DuPont de Nemours / Energain**

Luxemburg /Europe  
00352 (0) 3666 5772  
[http://energain.co.uk/Energain/en\\_GB/index.html](http://energain.co.uk/Energain/en_GB/index.html)

Produkt: PCM Paneele DuPont (TM) Energain®, Dicke 5mm, Paraffin in eine Kunststoffmatrix integriert. „DuPont™ Energain® ist ein Aluminium-Laminat-Paneel, das eine Kopolymer- und Paraffinwachs-Verbindung enthält. Vereinfacht gesehen, bleibt das Wachs unter 18°C im festen Zustand. Steigt die Raumtemperatur darüber, findet eine Phasenveränderung statt; das Wachs schmilzt und absorbiert dabei Wärme vom Raum in das Paneel. Umgekehrt, wenn die Temperatur fällt, wird der Wachs wieder fest und gibt Wärme an den Raum ab. Durch diese Stabilisierung der Raumtemperatur an beiden Enden liefert DuPont™ Energain® mehr Komfort, reduziert die Heizungs- und Kühlungskosten erheblich, und ermöglicht den Bau von nachhaltigen und rentablen Gebäuden.“ (<http://database.energyglobe.info/listProjects.aspx?id=9334>, 10.06.2010)

Pilotprojekt: Platte wurde an einem Gebäude der Universität Lyon getestet

### **ECKELT GLAS GMBH (GLASSX®crystal)**

A-4400 Steyr, Resthofstraße 18  
0043 (0) 7252 894 0  
office@eckelt.at  
www.eckelt.at  
[http://www.eckelt.at/de/produkte/waermedaemmung/glassx\\_crystal/index.aspx](http://www.eckelt.at/de/produkte/waermedaemmung/glassx_crystal/index.aspx)

### **GLASSX AG**

CH - 8008 Zürich, Seefeldstrasse 224  
0041 (0)44 389 10 60  
info@glassx.ch  
www.glassx.ch

### **KNAUF Gips KG**

A-8940 Weißenbach/Liezen Knaufstraße 1  
0043 (0) 50 567  
service@knauf.at  
www.knauf.at

Produkt: Knauf PCM Smartboard (Gipsbauplatten)

### **Saint-Gobain Weber GmbH**

D-67059 Ludwigshafen, Bürgermeister-Grünzweig-Str. 1  
0049 (0) 6 21 / 5 01-28 00  
www.sg-weber.de  
www.maxit.de

### **TROX Austria GmbH**

A-1220 Wien, Lichtblaustraße 15  
0043 (0)1-250 43-0  
www.trox.at

Produkt: PCM als Speichermodul in Brüstungsgeräten (Gebäudeklimatisierung)

### **WAREMA Renkhoff GmbH**

D-97828 Marktheidenfeld, Hans-Wilhelm-Renkhoff-Straße 2  
0049 (0) 9391- 0  
info@warem.de  
www.warema.de

Produkt: PCM-Sonnenschutzverbundsystem (Innen)

## Einführung

### **Phasen- oder viskositätsveränderliche Materialien (z.B. PCM)**

Phasen- oder viskositätsveränderliche Materialien (z.B. PCM) können durch Einwirkung von Temperatur, elektrischer Spannung oder magnetischen Feldern ihren Aggregatzustand reversibel verändern und dabei Wärme aufnehmen oder abgeben.

#### Materialgruppen:

- organische Phasenwechselmaterialien – Paraffine (wachsartige Kohlenwasserstoffverbindungen)
- anorganische Phasenwechselmaterialien – vornehmlich Salzhydrate
- elektrorheologische Fluide – Suspensionen aus Öl und Lösungsmittel mit nicht metallischen Teilchen
- magnetorheologische Fluide – Trägerflüssigkeiten wie Silikonöl, Kerosin oder synthetische Öle

### **Anorganische und organische Phasenwechselmaterialien (PCM-Materialien)**

#### Entstehung

Bereits bei den Römern wurde das Schmelzen von Eis (Phasenübergang von fest zu flüssig) für das kühlen von Lebensmitteln verwendet. Erste Versuche Latentwärmespeicher zur Wärmespeicherung einzusetzen wurden um 1940 in der USA durchgeführt um solar erzeugte Wärme für die Beheizung zu speichern (1948, Abstell- und Speicherräume wurden mit Glaubersalz befüllt, Versuche allerdings wegen Korrosionsproblemen abgebrochen); weitere Versuche 70er- und 80er-Jahre am MIT ebenfalls nicht erfolgreich; erst jüngst erfolgversprechende Forschung und Anwendung.

#### Eigenschaften

„Unter Latentwärmespeicherung versteht man die Speicherung von Wärme in einem Material, welches einen Phasenübergang, z.B. fest – flüssig, erfährt. Bei der Speicherung von Wärme in das Speichermaterial beginnt das Material beim Erreichen der Temperatur des Phasenübergangs zu schmelzen und erhöht dann, trotz weiterer Einspeicherung von Wärme, seine Temperatur nicht, bis das Material geschmolzen ist. Erst dann tritt wieder eine Erhöhung der Temperatur auf.“ (BINE-Themeninfo 04/2002, 2) PCM-Materialien können Energie aufnehmen ohne dabei selbst wärmer zu werden und bei wiederholten Phasenveränderung wieder abgeben. Da sich die Temperatur des Materials beim Schmelzen kaum ändert, wird diese Form der Wärmespeicherung als latente Wärmespeicherung bezeichnet. Im heißen Wasser hingegen wird die Energie „sensibel“, also in Form von Wärme gespeichert.

#### Vorteile

Mit Latentwärmespeichern lassen sich sehr viel höhere Speicherdichten erzielen als mit herkömmlichen Warmwasserspeichern (etwa 10-fach höhere Wärmespeicherdichte). Sie können bei

sehr geringer Temperaturdifferenz eine relativ große Wärmemenge pro Speichervolumen aufnehmen und diese Energie über einen beliebigen Zeitraum verlustfrei speichern. Die gespeicherte Wärme wird erst beim Erstarren des Speichermediums wieder abgegeben. Eine Temperaturerhöhung des Speichermaterials erfolgt erst wenn es vollständig geschmolzen ist.

Vorteil der Latentwärmespeicher für den Leichtbau: Wärmespeicherung ist mit wesentlich weniger Masse und Volumen möglich, die Wärmespeicherfähigkeit steigt im Bereich ihres Schmelzpunktes sprunghaft um ein vielfaches an.

#### Verwendete Materialien / Speichermedium

**Salz:** Mischungen von Wasser mit Salzen, Salzhydrate; z.B. Glaubersalz, Natriumacetat;

**organische Materialien:** z.B. Paraffine, Fettsäure; niedrigere Speicherdichten und höher Kosten als Salzhydrate, allerdings technisch leichter handhabbar.

Je nach Einsatz oder Anwendung muss ein Material mit geeigneter Temperatur des Phasenwechsels ausgewählt werden. Für Heizen und Kühlen von Räumen sind Materialien besser geeignet die ihren Schmelzpunkt im Bereich der gewünschten Raumtemperaturen haben (20°C bis 35°C), daher kommen für den Einsatz im Bau hauptsächlich zwei Materialien zum Einsatz: Salzhydrate und Paraffine.

**Salzhydrate:** Vorteil dass sie nicht brennen und eine höhere Energiespeicherkapazität aufweisen und kostengünstig sind;

**Paraffine:** niedrigere Speicherdichten und höher Kosten als Salzhydrate, allerdings technisch leichter handhabbar, sind reaktionsträge und können mikroverkapselt werden;

Nachteil: Paraffine sind brennbar – Brandschutz.

Beide Materialien können so aufbereitet werden, dass sie ab einer bestimmten Temperatur schmelzen und dabei Wärme speichern, sinkt die Temperatur werden sie wieder fest und geben die gespeicherte Wärme ab.

#### Kriterium für die richtige Materialwahl (Paraffine oder Salzhydrate)

- Wahl des richtigen Schmelzpunktes
  - Brandschutz (Paraffine sind brennbar; Salzhydrate B1)
  - vertikal können bei Salzhydraten inhomogene Strukturen auftreten
  - Salzhydrate sind gegenüber einigen Metallen korrosiv (Behälter aus Edelstahl oder mit Kunststoff ausgekleideten Aluminiumtaschen)
  - Paraffine reagieren chemisch nicht und sind biologisch abbaubar und lebensmittelecht
- von Herstellern werden auch Mischungen beider Materialien angeboten.

#### Anwendungen in Gebäuden

##### **Allgemein**

- PCM in die Gebäudestruktur integriert (Boden, Wand und Decke – passives System)
- PCM in sonstigen Gebäude-Komponenten (Fassade etc. – passives System)
- PCM in separaten Wärme- und Kältespeichern (aktives System)

##### **Gebäudekühlung / Wärmespeichern ohne Masse (Hauptanwendung)**

Effekt der Wärmespeicherung bei Tag und Wiederabgabe in den kälteren Nachtstunden;

Anwendung zur Kühlung von Gebäuden wo massive Wärmespeicher nicht aktiviert werden können – z.B. bei Sanierungen das vorhandene Tragwerk nicht zusätzlich belastet werden kann, Flexibilität durch leicht Trennwände gewährleistet werden muss oder bei Leichtbau mit Außenwänden dicker Dämmstärken. (Kaltenbach 2005)

##### **Passive und aktive Systeme**

*Passiv:* Regeneration des Wärmespeichers alleine durch freie Lüftung und natürliche Abkühlung erreicht (Abkühlung in der Nacht); Nachteil: bei langen Hitzeperioden und hohen Nachttemperaturen nicht aktivierbar.

*Aktiv:* durch gezielte Zufuhr von Kühlenergie gesteuert – entweder durch eingelegte Wasserrohre oder durch kühle Luft (Kaltenbach 2005). PCM lassen sich gut in TABS-Thermoaktive Bauteilsysteme integrieren; so erhält man aktive Systeme mit denen das Wärmemanagement nach Wunsch gesteuert werden kann (BINE I/2009).

### PCM-Systeme für Boden, Wand und Decke

in Kassettendecken kann PCM – kapillar eingelagert – als Schaum- oder Hohlfaserplatte oder als Füllung von Aluminiumtaschen gelegt werden; Kassettendecke sollte aus Metall bestehen um gute Wärmeleitfähigkeit zu gewährleisten; mittels Kleinventilator kann das System auch aktiv betreiben werden.

### Pilotprojekte

- *Haus der Gegenwart* 2005, Architekten: Allmann Sattler Wappner, München (mikroverkapselte Paraffin wurden als PCM in konventionell zu verarbeitenden Gipsbauplatten eingesetzt)
- *Büro des Rathauses von Stevenage*, England
- *Büchermagazin der Bibliothek von Skövde*, Schweden
- *Leichtbauhalle der LUWOG in Ludwigshafen* (Speicher Kühldeckenelemente aus 5 cm hohen Aluminiumpaneelen) (Kaltenbach 2005).

### Anwendungen

- *PCM-Systeme für Fußbodenheizungen*: PCM in Noppenbahnen eingeschweißt oder als Granulatschüttung, dzt. noch geringe Erfahrungswerte
- *PCM Akkus eines japanischen Herstellers*: 2,5cm hohe PCM-Akkus zwischen Wärmedämmplatten verlegt
- *Gipsputzte / Wandsysteme mit PCM*: (Paraffinkapseln im Innenputz); Aufnahme von Wärme tagsüber und Wärmeabgabe abends - Verwendung als temperatenausgleichende Materialien (Produkt: PCM-Gipsputz „maxit-clima“); Pilotprojekt: Sanierung des Verwaltungsgebäudes der Badenova, 2002 in Offenburg, Deutschland, Bürotrennwände im Gipskartonständerbau wurden beidseitig mit 15mm PCM-Gipsputz ausgestattet; Architekten: Lehmann Architekten
- *Wandlüftungsgerät mit PCM*: Funktion: Klimatisierung als Bestandteil einer kontrollierten Lüftung; Bauteil: 12 cm tief und 120 cm breit; warme Raumluft wird auf Höhe der Decke angesaugt, zwischen drei PCM befüllten Aluminiumpaneelen nach unten geführt, dabei gekühlt und auf Bodenhöhe wieder ausgelassen (Kaltenbach 2005)
- *Einsatz als solares Fassadenelement*: Speichermedium für solare Energieeinträge (z.B.: Power Glass)
- *Bauplatten für den Lichtbau mit PCM*: Vorteil: im Leichtbau als Wärmespeicher anwendbar - keine schweren Bauteilmassen
- *Passive Konzepte*: zur Realisierung des sommerlichen Wärmeschutzes bei Leitbauweise (Erhöhung der thermischen Masse)
- *Aktive Konzepte*: Wärmepuffermedium zur Realisierung von Klimaenergiekonzepten (z.B.: in Verbindung mit aktiver Bauteilkühlung / Bauteilaktivierung)
- *Einsatz als Kühldecke*: Wasserdurchströmte Kapillarmatten mit 22 Grad eingestelltem Temperaturbereich (Bsp.: LUWOG).

### Sonstige Anwendungen

- Mobile Latentwärmespeicher werden für den Transport von Abwärme aus industriellen Prozessen hin zu Heizungsanlagen von Gebäuden (Verwaltung, Schwimmbad, etc.) verwendet.
- Vorerwärmung von PKW-Motoren
- Latentwärmekissen: Salz-Wassermischung mit Stahlclicker als »Auslöser«, die von einer luftdichten Kunststoffolie eingeschlossen ist; um die Kristalle wieder zu verflüssigen müssen sie in heißes Wasser gelegt werden (z.B.: Taschenwärmer mit Salzhydrat Natriumacetat-Trihydrat als PCM)
- Technische Anwendung: Raumfahrtanzüge, Akkus, Transportboxen, ...

### Methoden zur Integration in Bauteilen

- *Mikroverkapselung*
- *kapillare Einlagerung in Trägermaterialien*
- *Makroverkapselung*

Da sich PCM bei der Nutzung verflüssigen müssen sie in Behältnissen verkapselt werden. Nach Größe unterschieden wird:

- Makroverkapselung: mehr als 1 cm Durchmesser



- Mesoverkapselung: Zwischenbereich Makro- / Mikroverkapselung
- Mikroverkapselung: weniger als 100 µm Durchmesser

Mikroverkapselte Paraffine sind seit etwa 10 Jahren kommerziell erhältlich. Die Mikroverkapselung von Salzhydraten sowie Ansätze der Mesoverkapselung sind noch Gegenstand intensiver Forschung.

### Produkte

#### *Mikrokapseln des Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg*

Das Fraunhofer Institut hat marktreife Produkte von mikroverkapselten Paraffinen und darauf basierenden Baustoffen entwickelt; Mikrokapseln bestehen aus Kunststoff, Paraffinen als PCM; Durchmesser 1/200 bis 1/50; bieten der Industrie die Möglichkeit, die Paraffine in Pulverform oder als Suspension direkt in Baustoffe zu integrieren die dann auf der Baustelle konventionell verarbeitet werden können.

Anwendung: Gipsputz der PCM enthält und eine Wärmespeicherkapazität von 20J/g erreicht;  
PCM-Gipskartonplatte  
Porenbetonstein mit integriertem PCM gibt es seit 2006 (Horschig u. a. 2007).

#### *Micronal® PCM – mikroverkapselter Latentwärmespeicher für Neubau und Sanierung (als Alternative zur energieintensiven Raumkühlung)*

*Firma: BASF*

Anwendung: in Mörtel Gips und Holz integriert (z.B. Gipsputz), inzwischen auch Lehmbauplatten mit integriertem Wärmespeicher.

#### *Kettenbeutel*

Von einem Unternehmen in Deutschland hergestellt; wird mit spezieller Aluminium-Verbund-Folie als Kapselmaterial in Kettenbeuteln angeboten; Verlegung zb in Kassetten abgehängter Decken; Zulassung vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT), Brandklasse B1; müssen unbeschädigt bleiben und Raumluft muss die Beutel umströmen können damit sie entsprechend funktionieren; derzeit noch keine Langzeiterfahrungen (Horschig u. a. /2007).

#### *Bauplatten*

Bauplatte eines luxemburgischen Unternehmens: 5mm dick, 1,2 x 1,2m groß aus einer Mischung aus Paraffinen und Copolymer (Verhältnis 60:40) allseitig von Aluminium umgeben; aufgrund der Aluminiumummantelung Brandschutzklasse B2; Befestigung mit Schrauben, Klammern oder Nägeln, montagebedingte Perforationen müssen mit Alu-Klebeband verschlossen werden; Schmelzpunkt des Paraffinkerns bei 22° (Wärmespeicherung), unter 18°Raumtemperatur wird die gespeicherte Wärme abgegeben; Einbau der Platten raumseitig zwischen Gipskartonplatten und Wärmedämmung; Kosten etwa 50 Eur /m<sup>2</sup> zzzg. Verlegung (Horschig u. a. /2007).

#### *Micronal® PCM-Gipsbauplatte*

### Produkte / Anwendung Fassade

#### **Kombination mit 3-fach-Isolierglas**

##### *GlassXcrystal: Spezialgläser auf Basis von Salzhydraten als PCM*

„Ein im Scheibenzwischenraum angeordnetes Prismenelement reflektiert die hoch stehende Sommersonne (Einfallswinkel >40°) und lässt die Hitze nicht in den Innenraum gelangen. Die tiefer stehende Wintersonnen (Einfallswinkel <35°) hingegen passiert den Sonnenschutz und trifft im hinteren Bereich auf die PCMs, die in Polycarbonatbehältern eingeschweißt sind. Sie nehmen tagsüber die Wärme auf und geben sie bei sinkender Raumtemperatur in den Innenraum als Strahlungswärme ab. Raumseitig ist das Element durch ein 6mm Einscheiben-Sicherheitsglas abgeschlossen, das mit Siebdruck gestaltet ist.“ (Horschig u. a. 2007, 74 – 77)

Dicke: 78mm (Standard); Aufbau mit mehreren Isolierglasschichten.

Wärmespeichermodul: Salzhydratkristalle werden durch Sonneneinstrahlung bei einer Temperatur von 26 Grad aufgeschmolzen und die Solarwärme wird gespeichert, gleichzeitig ändert sich die

Lichtdurchlässigkeit der Scheiben, bei Nacht oder an bedeckten Tagen verfestigen sich die Kristalle erneut und geben die gespeicherte Energie in Form von Wärme wieder ab.

**Isolierglasscheibe (sechs Millimeter) raumseitig:** übernehmen mehrere Funktionen in einem: transparente Wärmedämmung, Überhitzungsschutz, Energieumwandler und thermischer Speicher.

**Wärmedurchgangskoeffizient:** 0,5 W/m<sup>2</sup>K

**Preis:** für Element mit transparenter Wärmedämmung rund 800 Eur/m<sup>2</sup> zzgl. Kosten für Rahmenkonstruktion.

**Heizenergieeinsparung:** bei nach Süden ausgerichteten TWD-Systemen zw. 80-180 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

**Architekt:** Dietrich Schwarz, Schweiz (wesentlich an der Entwicklung und Weiterbearbeitung beteiligt)

**Hersteller / Vertrieb:** GLASSX AG, ECKELT GLAS GMBH

### Forschung / Entwicklung

Noch wenig bekannt ist über die Lebensdauer und die Entsorgung.

**Einschränkungen:** Wand-Luft-Wärmeübergang limitierter die Wärmemenge  
einzige Kältequelle ist die Nachtluft – im Sommer oft zu warm  
ausreichender Sonnenschutz der kühlenden Flächen (bei direkten  
Sonneneinstrahlung eine unerwünscht schnelle Beladung)

**Forschung Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE):** aktiv durchströmte Flächenkühlsysteme in Kombination mit PCM-Baustoffen, z. B. Kühldecken mit PCM-Gipsputz.

## **TABS – Thermoaktive Bauteilsysteme**

### "tabs" - Thermoaktive Bauteilsysteme. Forschung: "Thermische Speichermasse" für Leichtbauten und Renovationen

“Während bei Neubauten das für das thermoaktive Bauteilsystem notwendige Rohrnetz problemlos in die Geschoßdecken einbetoniert werden kann, ist das nachträgliche Verlegen von Rohren bei Umbauten meist schwierig. Ähnlich problematisch sind abgehängte Decken oder Leichtbauten - hier fehlt die zum Einlagern der thermischen Lasten notwendige Gebäudemasse. Im Rahmen des Forschungsprojektes "tabsRetrofit" hat sich gezeigt, daß es mit sogenannten Phasenwechselmaterialien oder PCM möglich ist, genügend Speichermasse in geringer Aufbauhöhe unterzubringen. Die allgemeinen Eigenschaften von PCM, die Prototypentwicklung eines Deckensystems und dessen Pilotanwendung sind abgehandelt. Quelle: Artikel aus der Zeitschrift: ÖSTERREICHISCHE bauzeitung, Nr.24, 2003, Seite 33-35.“

(<http://www.baufachinformation.de/zeitschriftenartikel.jsp?z=2003079021185>, 23.08.2010)

### Was sind thermoaktive Bauteilsysteme (tabs) ?

“Bei thermoaktiven Bauteilsystemen werden die Heizungsrohre direkt in die Betondecke eingelegt. Die gesamte Betonmasse der Decke wird somit erwärmt und wirkt als Wärmestrahler für den Raum.

Bei gut isolierten Gebäuden (z.B. Minergiestandard) reichen bereits Vorlauftemperaturen der Heizung von weniger als 30°C, um die nötige Wärmeenergie an den Raum abzugeben! Kaum wahrnehmbar stellt sich somit ein angenehmes und ausgeglichenes Raumklima ein.

Durch die grosse Masse an der Decke, werden kurzfristige Lastschwankungen (z.B. erhöhte Personenbelegung oder Sonneneinstrahlung) grösstenteils ausgeglichen. Ein wesentlicher Vorteil dieses Systems liegt darin, dass im Sommer mit den gleichen Bauteilen auch gekühlt werden kann (Kühldeckeneffekt). Einsatzgebiet *tabs*: Tabs Heizungen werden heute vor allem im Büro- und Gewerbebereich eingesetzt. Bereits sind jedoch Referenzobjekte in der Ausführung, welche die Vorteile der tabs auch im Wohnungsbau nutzen.“ (<http://www.widmer-heizung.ch/html/tabs.htm>, 23.08.2010)

## Flüssigkeitsdurchströmte Glasfassade - GLASSLiquid

(aktives System mit wasserdurchströmter Glasfassade; noch in Entwicklung)

Idee aufbauend auf Mike Davies *polyvalenter Wand*:

„Die Polyvalente Wand funktioniert wie die Haut eines Chamäleons, die sich ständig anpasst, um im Innern die bestmöglichen Bedingungen zu erzielen. Eine solche Wand, die als ein multifunktionales Element wirkt und gleichzeitig Absorber, Reflektor, Filter und Übertragungsmechanismus ist, erfordert dezentrale mikro-logische und sensorische Knotenpunkte in Verbindung mit einem Steuerungsprozessor, der über die notwendigen Informationen über Einsatzpläne, Gewohnheiten und Umweltwünsche der Benutzer verfügt. Auf diese Weise können die Gebäudenutzung, die Leistung der Gebäudehaut und die äusseren und inneren Umweltbedingungen optimiert werden, um die günstigste Energiebilanz und den grössten Komfort zu gewährleisten – ein sich ständig weiterentwickelndes kybernetisches System.“ (Mike Davies: Eine Wand für alle Jahreszeiten. In: Arch+, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Nr. 104, 1990, 49)

„Sichtbeton ist ein schönes Material. Wasser als Speichermedium ist jedoch das weitaus bessere Material. Deswegen entstand die Vorstellung eines geschosshohen Aquariums. Damit könnte die Speicherkapazität im Vergleich zum Beton um 50% erhöht werden. ... In einer Ausstellung hatten wir ein Isolierglas gesehen, das mit Wasser durchströmt ist. Wasser besitzt nicht nur eine gute Speicherkapazität, sondern auch die Eigenschaft, dass es fließt. Ein dynamischer Speicher hat eine ganz andere Qualität als ein statischer Speicher. Man kann Energie von A nach B transportieren. Eine weitere faszinierende Eigenschaft des Wassers ist, dass es infrarotabsorbierend ist, das heisst, dass 50% der Solarstrahlung in einem hochtransparenten Material absorbiert wird. Es handelte sich um ein Isolierglas mit innen liegender wasserführender Schicht. Die Idee war, das Licht eintreten zu lassen, die Energie zu absorbieren, mit der wasserführenden Schicht abzuführen und im Winter zu nutzen. Was bei dieser Anordnung fehlte, war der Überhitzungsschutz. Zuerst dachte ich, man müsste die Schichten umdrehen und die wasserführende Schicht vielmehr als Sonnenschutz einsetzen denn als Kollektor. Dann entstand die Idee, aus einer wasserführenden Schicht zwei zu machen, ein Zwillingsglas, und den Zwischenraum zwischen den beiden wasserführenden Schichten als isolierende Gaskammer zu konzipieren. So ist damals die Idee einer idealen Glasfassade entstanden. Sie ist durchsichtig. Sie kann die solare Energieeinstrahlung von aussen nach innen und die Transmissionsverluste von innen nach aussen nicht nur kontrollieren, sondern auch voll kompensieren. Das heisst, ich kann die innere Oberflächentemperatur vollständig konditionieren. Es gibt keine Asymmetrien mehr im Raum. ... Man kann diese Wand als Kollektor oder genauso gut als Heiz- oder Kühlkörper betrachten oder einfach als flüssigkeitsdurchströmte Glasfassade. Die Solareinstrahlung kann damit von der besonnten Seite des Hauses auf die beschattete Seite transportiert werden. Es ging nun darum, die Flüssigkeit zu verdunkeln, einzufärben. Anfänglich haben wir mit Pigmenten gearbeitet, die ausfiltriert werden sollten. Dann hat sich aber herausgestellt, dass der Wasserkreislauf durch den hohen Widerstand der Filteranlagen sehr viel Energie braucht. Im Moment suchen wir hydrophobe, das heisst wasserabstossende Flüssigkeiten, die einfacher ausgetauscht werden können. Die Fassade eines Gebäudes wird sich verändern, sie wird dunkler und heller. Das System ist völlig unabhängig von der Klimazone. Es eignet sich im Gegensatz zu passiven Systemen auch für die Wüste und den Polarkreis.“ (Wymann 2004, 14)

„GLASSLiquid soll die an der Fassade aufgenommene Energie abführen, zuführen oder umverteilen können. Ziel ist es, damit konstante Oberflächentemperaturen an der Fassade herzustellen und so die Aufenthaltsqualität im Gebäude zu steigern. In einer vierfachverglasten Scheibe zirkuliert in den beiden äusseren Schichten Wasser. Der mittlere Zwischenraum ist zur Wärmedämmung mit Edelgas gefüllt. Das Wasser absorbiert die Infrarotstrahlung der Sonne fast vollständig, speichert sie und wirkt gleichzeitig als UV-Schutz. Je nach Temperatur-, Tages- und Jahreszeit werden die beiden Zwischenräume unterschiedlich durchströmt. Im Winter kann das Wasser im inneren Zwischenraum zusätzlich pigmentiert werden, um als Absorber zu wirken. Das erwärmte Wasser der besonnten Glasfassade wird dann an kühlere verschattete Fassadenteile gepumpt, an die es seine Wärme abgibt. Im Sommer wird die Hitze direkt an der Fassade abgeleitet. Nun wird die äussere Schicht je nach Einstrahlungsintensität pigmentiert. Bei Bedarf kann der Innenraum durch zusätzliches kühles Wasser in der inneren Schicht gekühlt werden. Dieses dynamische System ersetzt zusätzliche Speichermasse.“ (archplus 184. Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Oktober 2007, 104 – 105)

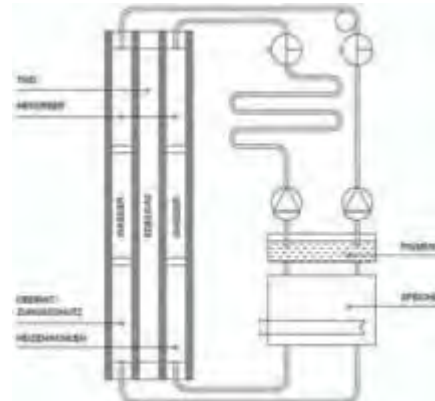
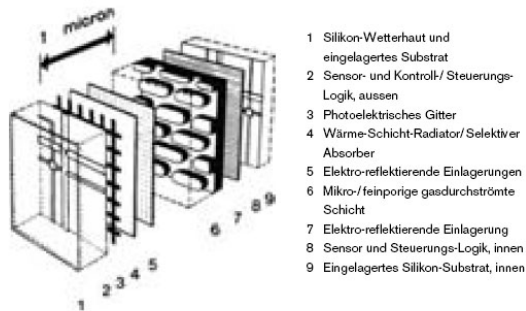
### Literatur

Wymann, Jean-Pierre: Wasserdurchströmtes Glas. Interview mit Dietrich Schwarz. In: tec21, 29/2004, 14 – 17

### Kontakt

GLASSX AG  
 Dietrich Schwarz, Dipl. Architekt ETH/ SIA  
 CH - 8008 Zürich, Seefeldstrasse 224  
 0041 (0)44 389 10 60  
 info@glassx.ch  
 www.glassx.ch

### FOTOS



**Grafiken:** Polyvalente Wand,1981 von Mike Davies entwickelt; Flüssigkeitsdurchströmte Glasfassade, Schema (GlassX)  
 Grafiken © Davis (1), GlassX (2)

## Forschungsprojekte

### Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE

D-79110 Freiburg, Heidenhofstr. 2  
 0049 (0) 761 / 45 88 – 0  
 info@ise.fraunhofer.de  
 www.ise.fraunhofer.de

#### Wärme- und Kältespeicher

<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/energieeffiziente-gebäude-und-gebäudetechnik/waerme-und-kaeltespeicher>

### PCM Demo – Entwicklung und praxisnaher Test der Performance von Gebäudekomponenten mit PCM in Demonstrationsobjekten

„In diesem Vorhaben soll die Markteinführung von Bauprodukten und Systemen, die Latentwärmespeichermaterialien (engl. PCM: Phase Change Materials) beinhalten, unterstützt und angeschoben werden. PCM-Systeme können zur passiven Raumkühlung sowie zur Reduktion von Temperatur- und Kühllastspitzen eingesetzt werden.

Die Systeme werden in Demonstrationsgebäude eingebaut und unter praxisnahen Bedingungen vermessen. Neben der Produktentwicklung liegt der Fokus des Forschungsvorhabens primär auf dem Demonstrationscharakter. Ziel ist die Unterstützung der Markteinführung der PCM-Systeme durch Errichtung entsprechend ausgestatteter Referenzgebäude. Diese werden der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht und in den Medien werbewirksam präsentiert (Internet, Fachzeitschriften, Tagungen, etc.).“ (<http://www.pcm-demo.info/projektziel.htm>, 23.08.2010)

pcm-demo@zae.uni-wuerzburg.de  
[http://www.pcm-demo.info/start\\_d.htm](http://www.pcm-demo.info/start_d.htm)

#### LINKS

<http://www.pcm-storage.info>  
[www.glassx.ch](http://www.glassx.ch)

# GlasX - Transparentes Fassaden-Bauelement

(passives System mit Latentspeicherwand)

## Funktion

Heizen und Kühlen von Räumen.

*Sommer:* im Scheibenzwischenraum angeordnetes Prismenelement reflektiert die hoch stehende Sommersonne (Einfallswinkel >40°) und lässt die Hitze nicht in den Innenraum gelangen.

*Winter:* tiefer stehende Wintersonnen (Einfallswinkel <35°) passiert den Sonnenschutz und trifft im hinteren Bereich auf die PCMs, die in Polycarbonatbehältern eingeschweißt sind. Sie nehmen tagsüber die Wärme auf und geben sie bei sinkender Raumtemperatur in den Innenraum als Strahlungswärme ab.

## Elemente

*Mehrfachverglasung an der Fassade:* verhindert Wärmeverluste, dazwischen befindliches Prismenglas lässt die Sonnenstrahlen nur bei flachem Einstrahlungswinkel passieren

*Wärmespeichermodul:* Salzhydratkristalle werden durch Sonneneinstrahlung bei einer Temperatur von 26 Grad aufgeschmolzen und die Solarwärme wird gespeichert, gleichzeitig ändert sich die Lichtdurchlässigkeit der Scheiben, bei Nacht oder an bedeckten Tagen verfestigen sich die Kristalle erneut und geben die gespeicherte Energie in Form von Wärme wieder ab.

*Isolierglasscheibe (sechs Millimeter) raumseitig:* transparente Wärmedämmung, Überhitzungsschutz, Energieumwandler und thermischer Speicher;

Auszug aus dem Interview mit Dietrich Schwarz über die Entwicklung von GlasX-Transparenten Fassaden Elementen:

*Herr Schwarz, Sie haben sich seit Mitte der Neunzigerjahre intensiv mit der Frage des Energiehaushaltes von Gebäuden beschäftigt. In dieser Zeit sind drei Gebäude entstanden. Alle drei Bauten nutzen die Energie der Sonne auf unterschiedliche Weise. Die Mittel, mit denen Sie dies erreichen, sind immer dieselben: Transparente Wärmedämmung (TWD), Absorber, Speicher und Überhitzungsschutz. Welche Erkenntnisse haben Sie aus diesen drei Projekten gewonnen?*

„Ausgehend vom «Freiburger Haus» des Fraunhofer Instituts in Freiburg i. Br. habe ich mit den beteiligten Wissenschaftlern zusammen die Konstruktion verbessert. Gewisse Elemente wurden übernommen, so die wabenförmige TWD, andere Komponenten wie der absorbierende Schwarzanstrich wurden durch einen selektiven Absorber aus schwarz verchromtem Chromstahlblech ersetzt, wobei kurzwellige Sonnenlicht-Strahlung absorbiert und langwellige Wärmestrahlung reflektiert wird. Dadurch konnte der Wirkungsgrad der Fassade um 50% gesteigert werden. Ein weiterer Punkt, der mich gestört hat, ist der Überhitzungsschutz mit Stoffstoren oder opaken, fest montierten Beschattungssystemen. Wir haben zwischen TWD und Absorber eine Luftschicht eingeführt und in der Fassade oben und unten mechanisch angetriebene Lüftungsklappen vorgesehen. Sind die Klappen geöffnet, tritt Luft in den unteren Öffnungen ein, wird durch die bis zu 100 °C heißen Absorberbleche erwärmt und beschleunigt. Die Luft steigt; es entsteht eine laminare Strömung, ein linearer Luftkeil ohne Verwirbelungen. Absorber und Speicher sind entkoppelt. Die Energieübertragung ist unterbunden. Sind die Klappen geschlossen, werden Absorber und Speicher wieder über das Luftpolster miteinander verbunden.“ (Wymann 2004, 14)

Heizenergieeinsparung: bei nach Süden ausgerichteten TWD-Systemen zw. 80-180 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

ArchitektInnen / Projektleiter: Dietrich Schwarz, GLASSX AG

## Produkte

### GLASSXcrystal

Glas 1 aussen Einscheiben-Sicherheitsglas

SZR 1 Scheibenzwischenraum mit Prismenplatte und Edelgas

Glas 2 Einscheiben-Sicherheitsglas mit Low-E

SZR 2 Scheibenzwischenraum mit Edelgas

Glas 3 Einscheiben-Sicherheitsglas mit Low-E

SZR 3 Scheibenzwischenraum mit PCM-Platte

Glas 4 innen Einscheiben-Sicherheitsglas mit keramischem Siebdruck

Elementdicke 79 mm

### GLASSXcomfort

Glas 1 aussen Einscheiben-Sicherheitsglas  
SZR 1 Scheibenzwischenraum mit Edelgas  
Glas 2 Einscheiben-Sicherheitsglas mit Low-E  
SZR 2 Scheibenzwischenraum mit Edelgas  
Glas 3 Einscheiben-Sicherheitsglas mit Low-E  
SZR 3 Scheibenzwischenraum mit PCM-Platte  
Glas 4 innen Einscheiben-Sicherheitsglas mit keramischem Siebdruck  
Elementdicke ca. 70 mm

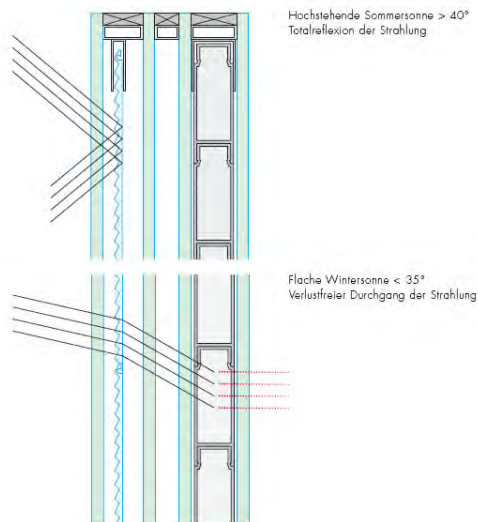
### GLASSXcomfort"store"

Glas 1 Einscheiben-Sicherheitsglas  
SZR 1 Scheibenzwischenraum mit PCM-Platte  
Glas 2 Einscheiben-Sicherheitsglas  
Elementdicke ca. 38 mm

### GLASSXprism

Glas 1 aussen Einscheiben-Sicherheitsglas  
SZR 1 Scheibenzwischenraum mit Prismenplatte  
und Edelgas  
Glas 2 Einscheiben-Sicherheitsglas mit Low-E  
SZR 2 Scheibenzwischenraum mit Edelgas  
Glas 3 innen Einscheiben-Sicherheitsglas mit keramischem Siebdruck  
Elementdicke 48 mm

### FOTOS



**Grafik:** GlassXcrystal Funktionsschema (Latentspeicherwand, PCM):

1. Transparente Wärmedämmung: 3fache ESG-Isolierverglasung
2. Sonnenschutz: Prismenglas innen liegend
3. Absorber/ Speicher: Paraffinelemente; ESG innen

Grafik © glassX

## Wohnhaus Ebnat Kappel – CH (NEUBAU)

Gebäudetyp: Einfamilienhaus (NEUBAU)

Adresse / Standort: Ebnat-Kappel, Schweiz

Baujahr / Errichtung: 2000

Baukonstruktion Bestand: Holzbau

„Die Südfassade besteht aus einer transluzenten Solarspeicherwand mit Paraffin als PCM (Phase Change Material). Sämtliche Wohnräume sind unmittelbar zu diesen Solarwänden angeordnet. Durch das Aufspannen des Innenraumes, mit einem Pultdach nach Süden, vergrössert sich die solare Gewinnfläche.“ (<http://www.glassx.ch/index.php?id=349>, 10.06.20010)

„Es ging darum, Materialien zu finden, die bei Raumtemperatur schmelzen und durch den Enthalpiesprung Energie aufnehmen bzw. wieder abgeben können. In diesem Bereich speichert das Material zehnmal mehr Energie. Die ersten Elemente bestanden aus Glasbausteinen, die mit Salzhydraten gefüllt waren. Die Herstellungskosten waren aber viel zu hoch. Mit einer Firma haben wir an einer Isolierverglasung gearbeitet, die mit Paraffin gefüllt werden sollte. Beim Verkleben der Isoliergläser sind dann Schwierigkeiten aufgetaucht, weil das Paraffin die Klebefugen zersetzt hat. Wir haben dann das Paraffin in Hohlformen aus Polypropylen abgefüllt und so ein Bauelement entwickelt, das gleichzeitig Speicher und Absorber ist. Das Paraffin nimmt Energie auf, schmilzt dabei und gibt die Energie wieder ab. Diese Wärme ist nicht nur physisch spürbar, sondern auch sichtbar, da sich die Lichtdurchlässigkeit beim Schmelzen erhöht. Das passive System ist somit gleichzeitig interaktiv. Ein vorgelagertes Prismenglas schützt im Sommer vor Überhitzung. Die steil einfallende Sonneneinstrahlung wird auf der flachen Seite vollständig reflektiert. Mit einem G-Wert von 10% ist das Prismenglas vergleichbar mit einem konventionellen Sonnenschutz. Die innere Oberflächentemperatur schwankt im Sommer lediglich um 2 ° C.“ (Wymann 2004, 16 – 17)

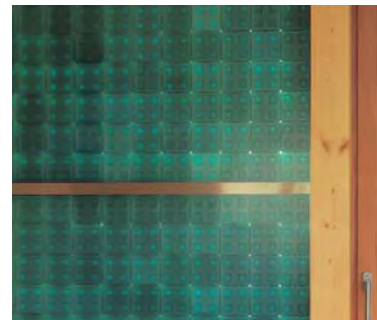
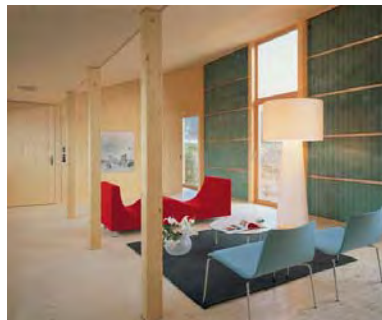
### Produkt

TWD-Fassadenelement mit integriertem Latentspeicher und Sonnenschutz; Prototyp einer PCM-Fassade aus paraffingefüllten Kunststoffelementen (Paraffinkästen) zwischen den Glasscheiben; verfügt über eine zehnfache Speicherfähigkeit von Beton; fast zwei Drittel der Südfassade bestehen aus diesen Elementen; durch aufschmelzen im Winter wird die Fassade transparent und lichtdurchlässig, gespeicherter Wärme wird durch Strahlungswärme in den Innenraum abgegeben und verdunkelt sich wieder; Beschichtung der innersten Glasscheibe aus diffus durchsichtigem keramischen Siebdruck.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: privat

ArchitektInnen / Projektleiter: Dietrich Schwarz, Domat/Ems (CH)

### FOTOS



**Wohnhaus Ebnat-Kappel, 2000:** Transparente Wärmedämmung (TWD), Absorber, Speicher sowie Überhitzungsschutz erstmals in einem kompakten transluzenten Fassadenelement vereint. Hinter einem Isolierglas sind mit Paraffin gefüllte Elemente angeordnet. Das Paraffin schmilzt bei Zimmertemperatur und speichert dabei Wärme, welche bei der Umkehr des Vorganges wieder freigesetzt wird.  
Fotos © Frédéric Comtesse (glassX)

## Alterswohnanlage in Domat / Ems - CH (NEUBAU)

Gebäudetyp: Alterswohnungen (20 Wohneinheiten / NEUBAU)

Adresse / Standort: Domat/Ems, Schweiz

Baujahr / Errichtung: 2004

Baukonstruktion Bestand: Massivbau, Metall-Glas-Konstruktion (Südfassade).

In die Verglasung integriert ist ein latenter Wärmespeicher in Form von Phase-Change Materials aus Salzhydraten; System wurde weiter entwickelt und im großen Masstab 2004 eingesetzt; Fassadenaufbau mit vier Systemkomponenten: Überhitzungsschutz – Transluzente Wärmedämmung (TWD) – thermischer Speicher – Energieumwandlung; 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit U-Wert 0,5 W/m<sup>2</sup>K; aus Brandschutzgründen anstelle des Paraffins Salzhydrate verwendet das in korrosionsbeständige Polycarbonat-Stegplatten eingeschweißte sind, die zur Verbesserung der Absorptionswirkung grau eingefärbt sind; raumseitig durch ESG-Scheibe abgeschlossen die mit einem keramischen Siebdruck nach Wahl bedruckt werden kann.

### Produkt

GLASSXcrystal

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: k. A.

ArchitektInnen / Projektleiter: Dietrich Schwarz, Domat / Ems (CH)

### FOTOS



**Alterswohnanlage, Domat / Ems:** Ansicht, Fassadendetail und Innenansicht.

Fotos © Gaston Wicky (glassX)

## Fassadensanierung in Liechtensteig (CH)

Gebäudetyp: Wohnhaus

Adresse / Standort: Liechtensteig, Schweiz

Baujahr / Errichtung: k. A.

Baukonstruktion Bestand: k. A.

Modernisierung / Sanierung: 2005

„Bei dieser Fassadensanierung werden 4,5 m<sup>2</sup> GLASSXcrystal eingesetzt. Prädestiniert gelegen an einem Südhang, möchte der Bauherr mit dieser Sanierung seines Privathauses eine bessere Ausnutzung der vorhandenen solaren Energie erreichen. Die GLASSX leistet ihren Beitrag, indem in der Südfassade schlecht isolierte Holzbrüstungen durch das innovative Fassadenbauelement ersetzt werden.“ (<http://www.glassx.ch/index.php?id=349>, 10.06.2010)

### Produkt

GLASSXcrystal

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: privat

ArchitektInnen / Projektleiter: Dietrich Schwarz, Domat / Ems (CH)

Infos

<http://www.glassx.ch/index.php?id=349>



## FOTOS



**Fassadensanierung Liechtensteig:** ehemalige Holzbrüstungen wurden durch transparente Fassadenbauelemente ersetzt. Foto © glassX

## Nullenergiebau Eulachhof, Oberwinterthur - CH (NEUBAU)

Gebäudetyp: Wohnbau

Adresse / Standort: Oberwinterthur, Schweiz

Baujahr / Errichtung: 2007

Baukonstruktion Bestand:

„Bei dieser Wohnsiedlung werden 900 m<sup>2</sup> GLASSXcrystal und 300 qm GLASSXcomfort eingesetzt. Auf dem ehemaligen Industriegelände von Sulzer in Oberwinterthur ist die Null-Energie-Wohnüberbauung in der Realisierung. Das Projekt bildet den Auftakt zur neuen Quartierentwicklung im Rahmen des Zentrumsgebietes Oberwinterthur und kann durch sein passivsolares Energiekonzept zum Imageträger für den neuen Stadtteil werden.

Die Wärmeversorgung des Gebäudes wird zum grossen Teil durch die konsequente Ausnutzung der solaren Strahlung an der Südfassade mit GLASSXcrystal gewährleistet. Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach versorgt das Gebäude mit Elektrizität. Um saisonale Schwankungen zu kompensieren wird das öffentliche Netz als Pufferspeicher benutzt.

Warmwasser wird über eine weitere Wärmepumpenanlage bereitgestellt, die als Energiequelle das Abwasser nutzt. Ergänzend wird zurzeit die Nutzung von Fernwärme der nahe gelegenen Kehrriechanlage geprüft.

Die fünfgeschossigen Hauptbaukörper plus Dachgeschoss sind auf dem Grundstück so angeordnet, dass die Eigenverschattung minimal gehalten wird. Die Besonnung und Belichtung aller Geschosse soll auch am 21. Dezember zum niedrigsten Sonnenhöchststand gewährleistet sein, um die passivsolaren Fassadenelemente zu aktivieren und die Räume natürlich zu belichten. 80% der Solarstrahlung trifft im Winter auf die Südfassade, 20% auf das Dach mit der Photovoltaikanlage.“ (<http://www.glassx.ch/index.php?id=349>, 10.06.2010)

### **Produkt**

GLASSXcrystal; GLASSXcomfort

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber:

ArchitektInnen / Projektleiter: Dietrich Schwarz, Domat / Ems (CH)

### Infos / Literatur

Horschig, Jola / Mielke, Jan / Schossig, Peter: Wechselhaft. PCM – Latentwärmespeicher. In: db-deutsche bauzeitung 04/2007, 74 – 77

Kaltenbach, Frank: PCM-Latentwärmespeicher – Heizen und Kühlen ohne Energieverbrauch? In: Detail 06/2005, 660 – 666

Mehling, Harald: Latentwärmespeicher. BINE Informationsdienst, projektinfo IV/2002

Wohnhaus in Ebnet-Kappel. In: DETAIL 06/2002, Berichte, 736f

Kontakt

GLASSX AG

Dietrich Schwarz, Dipl. Architekt ETH/ SIA

CH - 8008 Zürich, Seefeldstrasse 224

0041 (0)44 389 10 60

info@glassx.ch

www.glassx.ch

FOTOS



**Nullenergiebau Eulachhof, Oberwinterthur:** Konsequente Ausnutzung der solaren Strahlung an der Südfassade mit GLASSXcrystal.

Fotos © glassX

**Weitere Projekte**

Minergie-P-ECO Wohnüberbauung Silence in St. Erhard (CH)

GLASSXarchitecture, 2009

Haus in Schwanden bei Brienz

Architekt ETH, SIA: Felix Kuhn, Buchs, 2008 – 2009

Marché International Support Office, Kemptal (CH)

Beat Kämpfen, Büro für Architektur, 2007

Minergie-P Wohnüberbauung im Bächli in Teufen (CH)

GLASSXarchitecture, 2008

Stadthaus N7 Niederwallstrasse 32 in D-Berlin Mitte

C. Fischer Innenarchitekten, 2007

## IV Solaraktive Fassaden

### Infos / Literatur

Schittich, Christian (Hg.): DETAIL Solares Bauen. Strategien, Visionen Konzepte. Basel-Boston-Berlin 2003

Schwarzmayr, Rudolf: Hoch effiziente Sanierung alter Mauern unter Nutzung eines neuen Konzepts. In: Tagungsband ÖKOSAN 09. Internationales Symposium für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden. 7. bis 9. Oktober 2009 Weiz / Österreich

### Projekte / Produkte Österreich (Beispiele)

#### **REVITALISIERUNG mit S.A.M. - Synergie aktivierende Module**

Produkt: S.A.M. - Synergie aktivierende Module

Realisierte Gebäude (Beispiele): Sanierung Altenheim Landeck; Architektur: gharakhanzadeh sandbichler architekten (Fallspezifisch entwickelte Synergie aktivierende Module zur Revitalisierung bestehender Baustrukturen ohne Nutzungsunterbrechung; zwei Projekte, eine Ausführung).

Hersteller / Kontakt

Bruno Sandbichler  
gharakhanzadeh sandbichler architekten  
A-1070 Wien, Westbahnstraße 26/4  
0043 (1) 5237999  
sandbichler@gs-arch.at  
www.gs-arch.at

Infos

<http://www.rev-sam.at/de/index.html>

<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/results.html/id2767>

Sandbichler, Bruno: REVITALISIERUNG mit S.A.M. - Synergie aktivierende Module. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 10/2004

#### **GAP-SOLAR (gap-solution)**

Produkt: gap – Solar-Wabenfassade (gap-solution)

Realisierte Gebäude (Beispiele):

Passivhaussanierung Linz, Markartstrasse (Architektur: Arch+More, DI Ingrid Domenig-Meisinger)  
Revitalisierung Wohnanlage Dieselweg, Graz-Liebenau (Architektur: hohensinn architektur)

Hersteller / Kontakt

gap-solution gmbh  
4060 Linz/Leonding, Welser Str. 37  
0043/70/681030  
office@gap-solution.at  
www.gap-solution.at

## Thermocollect – Solar Aktives Energie-Fassadensystem

### Produkt

Thermocollect ist ein solar-aktives Fassadensystem, das den Energieeintrag der Sonne direkt in der Gebäudewand nutzt. Es vereinigt die Eigenschaften eines Kollektors, einer guten Dämmung und einer Beschattung und nutzt die Speicherpotentiale der Baustruktur.

Die bewegliche, individuell gestaltbare Paneelstruktur von thermocollect übernimmt sowohl Aufgaben der Klimatisierung als auch die der Außengestaltung des Gebäudes.

„Viele Gebäude, insbesondere der 20er bis 70er-Jahre besitzen massive Wände mit höherer Wärmeleitfähigkeit und hoher Speicherkapazität. Bei diesen Objekten geht der Großteil der Energie verloren. Diese Wände der alten Bauten stellen jedoch ein großes Potential dar, das mit Thermocollect – einem solar-aktiven Energie-Fassadensystem zur direkten Nutzung der Sonnenenergie über die Wand – erschlossen wird.“

Thermocollect ist sowohl zur Sanierung als auch im Neubau nutzbar.

### Funktion

Im Wesentlichen besteht die Lösung aus beweglichen, wenige cm dicken Isolierpaneelen, die vor einem abschließbaren Luftspalt vor dem Wandbildner angeordnet sind. Thermocollect hat im geschlossenen Zustand einen hohen Isolierwert. Bei Sonnenschein, öffnen die Paneele automatisch und lassen die Sonnenstrahlen an die absorptionsfördernd beschichtete ‚Kernwand‘. So dringt die Wärme durch das geöffnete Fassadensystem tief in die Mauer ein. Jene kleine Wärmemenge, die durch die Isolierung verloren geht, wurde vorher gratis von der Sonne eingestrahlt. Damit erreicht die wenige cm dicke Fassade effektive Isolierwerte dicker Dämmstoffe. Da fast immer mehr Wärme eingestrahlt wird als notwendig, kann diese im Winter als eine gratis Zuheizung genutzt werden. Die Wärme dringt ungehindert tief in die Mauer ein und wird in Richtung Innenraum weitergeleitet. = Bauteilaktivierung. Es entsteht eine sanfte Wandheizung inklusive Wärmespeicher. Eine gute Bauteiltrocknung ist ein positiver Nebeneffekt der den Eigendämmwert der Wand verbessert. Im Sommer wird durch die automatisch geänderte Ansteuerung eine Kühlwirkung erreicht. Durch gezieltes Öffnen der Paneele in den kühlen Nachtstunden wird die Wandtemperatur effektiv herabgesetzt. Steuerungsautomatik und Antrieb sind in das wenige Zentimeter starke System vollständig integriert.

Die Paneele werden aktiv durch einen kleinen Antrieb einzeln oder in Gruppen bewegt. Da die Bewegung sehr langsam erfolgt und gut ausbalanciert ist, reichen sehr geringe Leistungen. Der Aufwand für Umweltsensorik, Steuerung und Antrieb liegt bei wenigen kWh im Jahr. Der Steueralgorithmus wird noch laufend weit entwickelt und verfeinert. Angestrebt wird eine wartungsfreie Lebensdauer von mindestens 25 Jahren.

### Was bedeutet das für den Anwender?

- Gute Dämmung und Heizwärme im Winter: An einem sonnigen Wintertag reichen bereits wenige Sonnenstunden für eine positive Tages- Energiebilanz. Es wird eine Verringerung des Heizbedarfs um bis über 85% erreicht. Reduktion der CO<sub>2</sub>-Einsparung: Brennstoffe die nicht gebraucht werden belasten die Umwelt nicht!
- Die Kühlwirkung der Mauer, sowie auch die Verwendbarkeit des Systems zur Beschattung transparenter Elemente (Fenster), bewirkt eine deutliche Komfortverbesserung in den heißen Sommertagen.
- Ökobilanz: Schonung der Umwelt und der Ressourcen durch geringeren Materialeinsatz = wenig technisch gebundene Energie = schnellerer ökologischer 'Return on Invest' und einfache Verwertung am Ende der Lebensdauer durch recyclinggerechten Abbau.
- Eine individuelle Ausführung und Oberflächengestaltung nach eigenen Wünschen ist einfach machbar, ein nicht unerheblicher Entscheidungsfaktor mit optisch sichtbarem Reiz. Das solar-aktive Fassadensystem ist durch ein ausgeklügeltes Schnellmontagesystem schnell zu errichten und bedarf keiner sonstiger Installationsarbeiten.

### Verwendung

Thermocollect zeigt seine Stärken besonders bei Bauten mit relativ massiven Mauern: Altbauten, Büro-, Industrie- und Nutzgebäude. Aber auch Neubauten können entsprechend ausgeführt werden und werden so von Anfang an zu Plus-Energie-Bauten.“ (Schwarzmayr, ÖKOSAN 09)

„Grundsätzlich eignet sich das System von NW über Süd bis NO. Der Einsatz auf der Nordseite bringt wenig Gewinne (Nutzung von Warmlufteinbrüchen, diffuse Strahlung), er ist grundsätzlich dann zu überlegen wenn geringen Zieltemperaturen ausreichen. Natürlich ist die Südseite die Bevorzugte, hier könnte man sogar Synergiesysteme überlegen um auch überschüssige Wärme zu nutzen. Das System ist grundsätzlich immer aktiv. Dauerhaft verschattet und inaktiv würde das System (~6-8cm „dick“) Dämmwerte bieten wie sie etwa einem 10cm WDVS entsprechen. Im Normalbetrieb werden durch die aktive Nutzung solarer Einstrahlung in der Regel negative U-Werte erzielt, es wird also im Winter Energie gewonnen, im Sommer Energie abgegeben.

Die Speichermasse hat auf den Gesamtwirkungsgrad einen merklichen Einfluss. Insbesondere in Regionen in denen öfter längere »graue« Wetterphasen überbrückt werden müssen. Bei sehr guter Speicherwirkung und guten klimatischen Bedingungen können die Paneele auch noch schlanker gestaltet werden. Im Wesentlichen wirkt sich die Größe der Speichermasse auf die noch notwendige Spitzenleistung einer Zusatzheizung aus. Es wurden Simulationen mit unterschiedlichen Mauerstrukturen gestartet, bei denen auch der Frage nachgegangen wird, ob es eine kritische »Speichermasse« gibt und wie der Zusammenhang am besten dargestellt werden kann.

„Die thermocollect Energie-Fassade übernimmt sowohl die Klimatisierung als auch die Außengestaltung des Gebäudes. Die Außenfläche der Paneele stellt die sichtbare Hauswand dar und kann frei gestaltet werden. Die der Kernwand zugewandten Seite des Paneelsystems ist üblicherweise sehr hell, reflektierend gestaltet. Ca. 85% der Zeit verharrt das Paneelsystem in geschlossenem Zustand und ist so kaum von klassischen Fassaden zu unterscheiden. Sie erscheint wie modern ansprechende Solararchitektur.

Das System besteht im Wesentlichen aus einem Paneel mit sehr gut dämmendem Kern und einem ruhenden, geschlossenen Luftspalt, der seinerseits gut dämmt ist, sowie einer optimalen Gestaltung der Grenzflächen. An der Verwendung von ökologischen Materialien wird noch gearbeitet.“  
(Schwarzmayr, Interview 27.08.2010)

Das System ist hervorragend geeignet für:

- Gebäudesanierungen Einfamilienhäuser und Geschoßwohnbauten
- Sanierungen öffentlicher Gebäude und Wohnbauten
- Industriebauten, Hallen, Verkaufsgebäude
- Neubauten jegliche Art besonders in Kombination mit Massivbauweise“  
(<http://www.thermocollect.at/ausfuehrungen.html>, 22.05.2010)

Das System erhielt den ersten Preis in der Kategorie Energieeffizienz beim Innovationswettbewerb [ie:ku] 2010 des OÖ Umwelttechnik- und Energieeffizienzclusters. Ein Referenzprojekt wird Anfang 2011 fertiggestellt werden und messtechnisch begleitet.

#### Infos / Literatur

Schwarzmayr, Rudolf: Hoch effiziente Sanierung alter Mauern unter Nutzung eines neuen Konzepts. In: Tagungsband ÖKOSAN 09. Internationales Symposium für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden. 7. bis 9. Oktober 2009 Weiz / Österreich

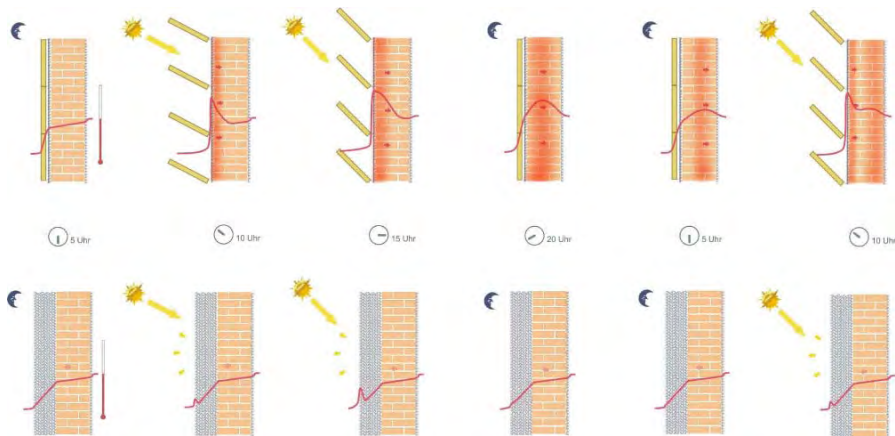
Thermocollect  
[www.thermocollect.at](http://www.thermocollect.at)

Haus der Zukunft plus / Forschungsprojekt: Thermocollect - Aktive Energiefassade zur direkten Nutzung der Sonnenstrahlung zur Raumheizung.  
[www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

#### Kontakt

thermocollect / DI. Rudolf Schwarzmayr  
A-4983 St. Georgen, Nonsbach 10a  
0043-650 4234412  
[info@thermocollect.at](mailto:info@thermocollect.at); [rs@thermocollect.at](mailto:rs@thermocollect.at)  
[www.thermocollect.at](http://www.thermocollect.at)

FOTOS



**Thermocollect:** Funktionsschema: Wand – Temperaturverlauf mit aktiver Energiefassade (und mit klassischer Wärmedämmung zum Vergleich; Funktionsphasen 1-4.  
Fotos: © Schwarzmayr, thermocollect

Projekte - DETAIL

- > **VI „Aktive Gebäudehülle“**
- > **VII Esa-Solarfassade / Gap-Solar / Gap-Solution**
- > **VIII Lucido Solar**

## V Energie Fassaden: PV+Solar

### Infos / Literatur

Aktiv-Solarhaus. Tagungsband 1. Symposium, 29./30. Juni 2009 in Krems. Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), Regensburg, Juni 2009

Behling, Stefan / Fuchs, Andreas / Volz, Tina: Solare Architektur – Forschung und Entwicklung. In: DETAIL 06/2007. 666 – 667

Fechner, Hubert / Sehnaal, Erik / Haas, Reinhard / López-Polo, Assun / Kletzan-Slamig, Daniela: Gebäudeintegrierte Photovoltaik Teil 1. Technologiestatus, Erfahrungen, Best Practice-Beispiele und Visionen der GIPV Technologie. Studie im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds. Oktober 2009

Fechner, Hubert / Sehnaal, Erik / Haas, Reinhard / López-Polo, Assun / Kletzan-Slamig, Daniela: Gebäudeintegrierte Photovoltaik Teil 2. Perspektiven, Potenziale und volkswirtschaftliche Betrachtung der GIPV-Technologie. Studie im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds. Oktober 2009

ForschungsVerbund Erneuerbare Energien: Themen 2008: Energieeffizientes und solares Bauen. Tagungsband zur Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, 29. – 30. September 2008 Berlin

Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE: Licht durch Farbe (Transparentes Farbstoffsolarmodul in Siebdruckverfahren und Glaslottechnik). In: SKIN (Architektur und Bauforum) 01/2006, 73

Hemmerle, C. et al.: PV-VH-Fassaden: Standardisierte Fassadenbekleidung mit integrierten PV-Dünnschichtmodulen. In: Tagungsband; 24. Symposium Photovoltaische Solarenergie. Regensburg: Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), 2009. 168 – 172

Haselhuhn, Ralf: Photovoltaik. Gebäude liefern Strom. Hrsg. FIZ Karlsruhe; BINE Informationsdienst, projektinfo 06/2010, völlig überarbeitete Auflage, Berlin-Wien [u.a.] 2010

Hausladen, Gerhard / Saldanha, Michael de / Sager, Christina / Liedl, Petra: KlimaDesign – Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik mehr können. München 2005

Hausladen, Gerhard / Saldanha, Michael de / Liedl, Petra: KlimaSkin – Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten. München 2005

Hemmerle, Claudia / Rexroth Susanne / Weller, Bernhard. Solare Potenziale. Solarenergienutzung – TEIL 1: Photovoltaik zur Stromerzeugung. In: db-deutsche bauzeitung 08/2007. 62 – 67

Hemmerle, Claudia / Rexroth Susanne / Weller, Bernhard. Solare Potenziale. Solarenergienutzung – TEIL 2: Solarthermie zur Wärme- und Kälteerzeugung. In: db-deutsche bauzeitung 09/2007, 71 – 76

Issaksson, Charlotte / Jaehnic Dagmar (AEE-INTEC): Building Integration of Solar Thermal Collectors (Gebäudeintegration von Solaranlagen). (<http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=download&dateienId=354>, 31.05.2010)

Lüdemann, Ralf / Schmidhuber, Helge / Wirth, Harry / Brendl, Rolf / Bothe, Karsten / Pech, Bernd / Powalla Michael / Oelting, Stefan: Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen und Modulen. In: BINE Informationsdienst, projektinfo 03/2005

Müller, Thomas / Fink, Christian: Solarenergie in der Sanierung. Thermische Solaranlagen als integraler Bestandteil umfassender Modernisierungen – Systeme, Lösungen, Beispiele. Tagungsband

ÖKOSAN – Hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden. 10. bis 12. Oktober 2007 in Weiz / Österreich. 105 – 110

Mundorff, Carmen: Architektur und Solarthermie – Wie wird eine gemeinsame Geschichte daraus? Vortrag im Rahmen der Tagung „Große Solaranlagen“ am 30./31. März 2009 im Haus der Wirtschaft in Stuttgart. ([http://www.itw.uni-stuttgart.de/GroSol\\_Tagung09/GroSol\\_Mundorff.pdf](http://www.itw.uni-stuttgart.de/GroSol_Tagung09/GroSol_Mundorff.pdf), 25.08.2010)

Rexroth, Susanne: Kunststoffzeit. Kunststoffe als Multifunktionale (Bau)Werkstoffe. In: db-deutsche bauzeitung 08/2008. 68 – 71

Scharber Markus: Organische und Polymersolarzellen. In: ForschungsVerbund Sonnenenergie, Themenheft 2003: Photovoltaik – Neue Horizonte ([http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2003/th2003\\_06\\_03.pdf](http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2003/th2003_06_03.pdf), 25.08.2010)

Schittich Christian (Hg.): DETAIL Solares Bauen. Strategien, Visionen Konzepte. Basel-Boston-Berlin 2003

Weller, Bernhard, Rexroth, Susanne: Material wirkt – Neue Entwicklungen an der Fassade. In: DETAIL 11/2005. 1292 – 1298

Weller, Bernhard / Hemmerle, Claudia / Jakubetz, Sven / Unnewehr, Stefan. DETAIL Praxis – Photovoltaik. München 2009

Weller, B. / Hemmerle, C. / Tautenhahn, L. / Jarzembowski, A.: Innovative Befestigungen für rahmenlose PV-Module: Mechanische und baurechtliche Herausforderungen. In: Tagungsband; 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie. Regensburg: Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), 2010. 382 – 387

## Adressen / Hersteller (Auswahl)

### **Photovoltaik Österreich**

(Quelle: Fechner u. a. 2009, 20f)

#### **Isovolta AG**

A-2355 Wiener Neudorf, IZ NÖ-Süd, Straße 3  
0043 5 9595 - 0  
photovoltaics@isovolta.com  
www.isovolta.com

Produkt: Weltmarktführer für Zelleinkapselungen: Die Einkapselungsmaterialien werden weltweit von vielen Modulproduzenten verwendet. Im Jahr 2008 wurden Einkapselungsmaterialien für über 1500 MW PV-Module produziert.

#### **Fronius International GmbH**

A-4600 Wels, Buxbaumstraße 2  
0043 (0) 7242 - 241 3000  
wels@fronius.com  
www.fronius.com

Produkt: Der europaweit zweitgrößte PV-Wechselrichterhersteller Fronius: Im Jahr 2008 konnte dieser Konzern seine Produktion auf insgesamt ca. 77.000 Stück mit einer Kapazität von ca. 448 MW erhöhen. Die Exportquote liegt hier bei über 99 %.

#### **Solon Hilber Technologie GmbH**

A-6150 Steinach am Brenner, Erlach 165  
0043 (0) 5272 505-0  
solon.at@solon.com  
www.solon.com



Produkt: in Steinach am Brenner stellt nachgeführte PV-Modul-Tracking-Systeme – sogenannte PV-Mover – her. Im Jahr 2008 wurden etwa 3800 Trackers für etwa 31 MW produziert. Darüber hinaus optimiert Solon Hilber die Vorfertigung der Solar-Trackers für PV-Großkraftwerke und produziert vor Ort die Solarmodule dafür.

#### **Konarka Austria Forschungs- und Entwicklungs GmbH**

A-4040 Linz Altenberger Straße 69  
0043 (0) 732 24680-5112  
www.konarka.com

Produkt: Forschung an organischen Solarzellen  
(hervorgegangen aus einem Christian Doppler Labor an der Johannes Kepler Universität Linz).

#### **PVT Austria – Photovoltaik Technik GmbH**

A-2135 Neudorf/Staatz Zlabernerstr. 500  
0043 (0) 2523 20119  
office@pvt-austria.at  
www.pvt-austria.at

Produkt: PVT Austria – Photovoltaik Technik GmbH startete seine Modulproduktion (Standard- und Spezialanfertigungen) im Jahr 2002. Die mono- und multikristallinen Siliziumzellen werden von verschiedensten Zellenproduzenten, hauptsächlich aus Deutschland, Spanien den USA und Taiwan, gekauft. Angebotene Spezialprodukte inkludieren kundenspezifisch gefertigte Solarmodule mit gefärbten Solarzellen genauso wie multikristalline Module mit Isolierglas.

#### **ertex-solartechnik GmbH**

A-3300 Amstetten, Peter-Mitterhofer-Straße 4  
0043 (0) 7472 28260  
info@ertex-solar.at  
www.ertex-solar.at

Produkt: entwickelt laufend neue PV-Module im Bereich der (Sicherheits-)Glasfassaden- und Dachintegration. Das Tochterunternehmen der ERTL GLAS AG ist ein großer Hersteller von Sicherheitsglasprodukten und produziert kundenspezifische PV-Modulanfertigungen für die Gebäudeintegration, insbesondere für die Fassadenintegration. Die Zellen werden aus Deutschland, den USA und Taiwan importiert.

#### **Kioto Photovoltaik GmbH**

A-9300 St.Veit/Glan, Solarstrasse 1, Industriepark  
0043 (0) 4212 28 300-0  
office@kioto-pv.com  
www.kioto-pv.com

Produkt: produziert im Naheverhältnis zu Europas größtem Hersteller von Solarwärmekollektoren, GREENoneTEC, Standardmodule, basierend auf Zellen aus Deutschland.

#### **Energetica Energietechnik GmbH**

A-9073 Klagenfurt-Viktring, Adi-Dassler-Gasse 6  
0043 (0) 463 22 500-0  
office@energetica-pv.com  
www.energetica-pv.com

Produkt: produziert gerahmte Standardmodule und Glas-Glas Module, basierend auf mono- und multikristallinen Zellen aus verschiedenen Ländern. Das innovative Unternehmen mit Sitz in Klagenfurt hat unter anderem bereits PV-Groß-Projekte in Spanien und diverse interessante Gebäudeintegrationen realisiert.

#### **Falconcell Produktion GmbH**

A-2135 Neudorf/Staatz, Zlabernerstr. 500  
0043 (0) 2523 20119  
office@falconcell.at  
www.falconcell.at

Produkt: Im Sommer 2007 startete die Firma Falconcell Produktion GmbH die Produktion von Solarzellen in Staatz/NÖ.

### **Blue Chip Energy GmbH**

A-7540 Güssing Europastr. 9  
0043 (0)3322 44440-0  
office@bluechip-energy.at  
www.bluechipenergy.at

Produkt: In Güssing startete die Blue Chip Energy GmbH im Jahr 2008 mit der Produktion von monokristallinen PV-Zellen.

### **SED-ProduktionsgesmbH**

A-1230 WIEN, Gorskistrasse 16  
0043 (0) 1 6160303  
sed@vienna.at  
www.sed.at

Produkt: Die Firma SED-ProduktionsgesmbH erzeugt PV-Systeme für verschiedene Einsatzprofile. Es werden sogenannte Solardachsteine – in Dachelemente integrierte PV-Module – hergestellt. Diese Solardachsteine erlauben die unauffällige dachintegrierte Errichtung einer PV-Anlage in einem mit Dachsteinen gedeckten Steildach. Seit 2008 werden PV-Anlagen zum Einsatz in Lärmschutzwänden hergestellt – auch als Nachrüstung für bestehende Lärmschutzwände.

### **AluKönigStahl**

A-1150 Wien, Goldschlagstraße 87-89  
0043 1/98 130-0  
office@alukoenigstahl.com  
www.alukoenigstahl.com

Produkt: AluKönigStahl mit Firmensitz in Wien, ist Spezialist für intelligente Gebäudehüllen in Österreich und Osteuropa. Mit dem Konzept Schüco Energy now hat sich AluKönigStahl zum Ziel gesetzt die Energieeffizienz von Gebäuden nachhaltig zu verbessern. Energie gespart wird durch die objektspezifische Kombination von Hochwärmedämmung, Verschattung und haustechnischer Baukomponenten. Energie gewonnen wird durch die Einbindung von Solarthermie und Photovoltaik

### **Sunplugged Solare Energiesysteme GmbH**

A-6130 Schwaz, Mindelheimerstr 6  
0043 (0) 5242 61099-0  
info@sunplugged.info  
www.sunplugged.at

Produkt: SimpliCIS-Flexible Dünnschichtsolarzelle für die Gebäude- und Fahrzeugintegration

## **International**

### **VidurSolar**

08243 MANRESA, Barcelona (España)  
vidursolar@vidursolar.es  
www.vidursolar.es

Produkt: Solare Fassadenkonstruktionen, PV-Module als Isolierglasmodule

### **abakus solar AG**

D-45886 Gelsenkirchen, Leithestraße 39  
info@abakus-solar.de  
www.abakus-solar.com

Produkt: gebäudeintegrierte Photovoltaik-Module

### **Solar Integrated technologies**

D-55129 Mainz, Robert-Koch-Strasse 50  
germany@solarintegrated.eu  
www.solarintegrated.com

Produkt: Gebäudeintegrierte PV-Lösungen mit *UNI-SOLAR* Dünnschichtmodulen für das Dach

### **Consolar Solare Energiesysteme GmbH**

D-60489 Frankfurt/M., Strubbergstr. 70

0049 (0)69-7409328-0

info@consolar.de

www.consolar.de

Produkt: Hybridkollektor Solaera

„Consolar bringt mit Solaera eine Solarheizung auf den Markt, die mittels so genannter Hybrid-Kollektoren auch bei Dunkelheit Wärme gewinnt, nämlich aus der Umgebungstemperatur. Das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg hat die Kollektoren ausführlich getestet. Zur gesamten Anlage gehören neben den Hybridkollektoren eine Wärmepumpe, ein Latentwärmespeicher auf Wasser-Eis-Basis und ein Kombi-Speicher. Der Latentwärmespeicher benötigt zur Aufstellung lediglich eine Grundfläche von 0,65 m<sup>2</sup>; seine Leistung entspricht dabei der eines Wasserspeichers mit einer Kapazität von 2 500 l. Das System ist damit in der Lage, die gesamte Wärmeversorgung eines Wohnhauses bereit zu stellen. Wird der zum Betreiben nötige Strom aus regenerativen Energieträgern genutzt, kann die CO<sub>2</sub>-Belastung durch Heizen auf Null gesenkt werden.“ (Info: DBZ 08/2009 - Produkte)

### **Glaswerke Arnold**

D-91732 Merkendorf

solar@glaswerke-arnold.de

www.glaswerke-arnold.de

Produkt: Solarstromglas – VOLTARLUX® Solarstrom-Module

„Die Glaswerke Arnold haben zusammen mit der RWE Schott Solar GmbH das neue Photovoltaik-Fassadensystem Voltarulux-PV-F-Typ entwickelt. Die Gebäudehülle übernimmt die Funktionen Solarstromerzeugung, Wärmedämmung und Witterungsschutz. Die Dünnschicht-Rohmodule bestehen aus einem Glasträger mit amorphem Silicium. .... Auf Wunsch kann Wärmedämmmaterial zwischen Fassade und Glasmodulen eingebracht werden, so dass zusätzlich zum Witterungs- auch ein Wärmeschutz erzielt wird. So eignet sich das System neben dem Neubau für Industriegebäuden auch zur Fassadensanierung.“ (DBZ 09/2005; <http://www.dbz.de/six-dbz/fachbeitraege.html>, 31.05.2010)

„VOLTARLUX® Solarstrom-Module sind transparente Fassadenelemente mit Mehrfachnutzen. Sie können wie konventionelle Isolierglas- oder Paneel-Glasflächen in allen üblichen Konstruktionen eingesetzt werden - mit einem entscheidenden Unterschied. Sie sind ein Solarkraftwerk, das bis zu 60 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr erzeugt. Ein weiterer Vorteil ist die Dämpfung des Lichteinfalls ohne zusätzliche Beschattungssysteme. Von semitransparent bis lichtdicht oder als Verlauf reicht die Auswahl.“ (<http://www.glaswerke-arnold.de/CMS.asp?AE=1&IDN=95&Plugin=&H=%27175%27&T=0>, 31.05.2010)

### **Sunways AG**

D - 78467 Konstanz, Macairestraße 3 - 5

0049 (0)7531 996 77-0

www.sunways.eu/de/

Produkt: Solar-Module und -Zellen, Anlagen Monitoring

Projekt: Transparentes Photovoltaik-Sonnendach beim Gemeindezentrum Ludesch

### **Dyesol**

Queanbeyan, NSW 2620, 3 Dominion Place, (PO Box 6212)

Australia

0061 2 6299 1592

www.dyesol.com

Produkt: Farbstoffsolarzellen

### **3GSolar Ltd.**

Jerusalem 97774, 3 Hamarpe Street, ISRAEL

00972 2 572 01 77

info@3gsolar.com

<http://3gsolar.com>

Produkt: Farbstoffsolarzellen

### **SOLARONIX SA**

CH-1170 Aubonne VD, Rue de l'Ouriette 129  
0041 21 821 22 80  
info@solaronix.com  
www.solaronix.com  
Produkt: Farbstoffsolarzellen

## **Forschung**

### **AEE INTEC, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE**

Institut für Nachhaltige Technologien  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
0043 (0) 3112 5886  
office@aee.at  
www.aee.at

### **Austria Solar Innovation Center (AsiC)**

A-4600 Wels, Roseggerstraße 12  
0043 (0)7242 / 9396 5560  
office@asic.at  
www.asic.at

### **Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE**

D-79110 Freiburg, Heidenhofstr. 2  
0049 (0) 761 / 45 88 – 0  
info@ise.fraunhofer.de  
www.ise.fraunhofer.de

### **Fraunhofer IAO – Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation**

D-70569 Stuttgart, Nobelstraße 12  
0049 (0) 711 / 970 - 22 45  
info@iao.fraunhofer.de  
www.iao.fraunhofer.de

### **Technische Universität Dresden / Institut für Angewandte Photophysik**

D-01069 Dresden, George-Bähr-Str. 1  
0049-(0) 351-463-34389  
www.iapp.de

### **EMPA Laboratorium für dünne Schichten und Photovoltaik**

CH-8600 Dübendorf, Überlandstrasse 129  
0041 44 823 55 11  
contact@empa.ch  
www.empa.ch

## **Einführung**

## **Entwicklungen**

### a) Dünnschichtmodule

#### **Vorteile**

- Reagieren weniger stark auf hohe Temperaturen und erlauben eingeschränkte Hinterlüftung
- liefern aufgrund ihrer besonderen Streifenstruktur und ihrem guten Absorptionsvermögen auch in Verschattungssituationen und bei nicht optimaler Position zur Sonne mehr Ertrag als ihre kristallinen Konkurrenten (wichtig bei Gebäudeintegration)
- Dünnschichtmodule eignen sich deshalb besonders gut für einen wirksamen Blendschutz: „Je nach erforderlicher Transparenz wird ein mehr oder weniger breiter Bereich der elektrisch aktiven Beschichtung mittels Laserstrahlen entfernt. Die dabei entstehenden Muster sind sehr fein mit

einer Lochgröße im Millimeterbereich oder schmalen, durchsichtigen Streifen. Die Belichtung im Rauminnen wird kontrastarm, blendfrei.“ (Hemmerle u. a. 2007/Teil 1, 66)

- vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten da sie in ihren Texturen und Strukturen dem baulichen Kontext besser angepasst werden können.

#### b) PV-Module mit polymerbasierten Solarzellen (Organische Solarzellen)

##### **Vorteile:**

- Polymere lassen sich mit weniger Energieaufwand und kostengünstiger herstellen (Kosten nur rund ein Drittel gegenüber bisheriger Siliziumtechnologie)
- einfache Anwendung aufgrund ihrer biegsamen und dünnen Beschaffenheit – können wie Klarsichtfolie einfach auf Hausdächern, Fassaden, Fenstern oder Markisen aufgebracht werden. „Dünnschichten aus sogenannten konjugierten Polymeren und Fulleren (Kohlenstoffmolekülen) werden so geschickt miteinander kombiniert, dass sie unter Lichtabsorption besonders schnell und effektiv Strom erzeugen. Der Vorteil gegenüber den anorganischen Bauelementen wie Silizium liegt vor allem darin, dass sich die Polymere mit weniger Energieaufwand und damit kostengünstiger herstellen lassen. So könnten mit der neuen Technik die Herstellungskosten für Solarmodule auf ein Drittel der heutigen Kosten sinken. Und da die dunkelroten Plastiksolarzellen so biegsam und dünn wie eine Klarsichtfolie sind, könnten sie künftig als »Lichtzellen von der Rolle« auf Hausdächern, Fassaden, Fenstern oder Markisen aufgebracht werden.“ (Rexroth 2008, 70)

#### c) Farbstoffsolarzellen (FSZ, elektrochemische Dünnschichtsolarzellen)

##### **Vorteile:**

- Herstellung wesentlich einfacher als bisheriger Siliziumtechnologie mittels Verfahren der Siebdrucktechnik
- größere Freiheit bei Farb- und Formgebung
- wandelt Energie des Sonnenlichts mittels eines metallorganischen Farbstoffs in elektrischen Strom um – im Unterschied zu herkömmlichen Solarzellen, die dazu meist teure Halbleitermaterialien benötigen
- Stromerzeugung nach dem Prinzip der Fotosynthese bei Pflanzen: „Die Zelle aus metallorganischen Farbstoffen auf Basis von Ruthenium, einem Halbmetall, wird zwischen zwei ebenen Glasplatten eingebettet, die mit nanokristallinen Titandioxid beschichtet und so als Elektroden ausgebildet sind. Das ermöglicht eine höhere Lichtausbeute und einen besseren Elektronentransfer vom Lichtabsorber zur Elektrode.“ (Rexroth 2008, 70)
- höhere Lichtausbeute und einen besseren Elektronentransfer vom Lichtabsorber zur Elektrode (Wirkungsgrad derzeit noch unter dem herkömmlicher Siliziumsolarzellen, man geht aber davon aus, dass sich Wirkungsgrad noch deutlich erhöhen wird)

Bei direktem Lichteinfall wird derzeit mit 8% ein Wirkungsgrad erreicht, der noch unter dem herkömmlicher Siliziumsolarzellen liegt. Man geht aber davon aus, dass sich der Wirkungsgrad noch deutlich erhöhen wird. Das Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation) beschäftigt sich im Rahmen des Programms „ColorSol“ mit Photovoltaikmodulen mit FSZ für die Gebäudeintegration. Eine Testfassade ist bereits in Betrieb. Derzeit wird an der Marktreife gearbeitet (<http://www.colorsol.de>).

#### d) Solare Textilien

Wissenschaftler entwickelten textile Photovoltaik-Werkstoffe, photovoltaisches Vlies, UV-absorbierende Textilien, aktiv kühlende Textilien und Textilien die ihre Farbe verändern können (Basis dafür sind „Solarzellen-Fäden“, die 2006 patentiert wurden)

SmartTex-Forum: erkundet Entwicklung von textilen Photovoltaik-Werkstoffen, Basis dafür sind „Solarzellen-Fäden“.

## Forschungsprojekte Österreich / EU (Beispiele)

### **SimpliCIS-Flexible Dünnschichtsolarzellen**

Forschungsthema / Produkt: SimpliCIS-Flexible Dünnschichtsolarzelle für die Gebäude-, Geräte- und Fahrzeugintegration

Hersteller / Kontakt

Sunplugged Solare Energiesysteme GmbH  
A-6130 Schwaz Mindelheimerstr 6  
0043 (0) 5242 61099-0  
info@sunplugged.info  
www.sunplugged.info

### **Photovoltaik-Module für Gebäudeintegration**

Forschungsthema / Produkt: Entwicklung neuer Herstellungsverfahren für Photovoltaik-Solarmodule, die sich besonders gut für den Einsatz in der Gebäudeintegration eignen.

Infos / Literatur

<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id4780>

Hersteller / Kontakt

Ertl Glas AG, Josef Ertl  
A-3362 Amstetten-Mauer, Dieselstraße 6  
0043 (0) 7472 62700  
info@ertl-glas.at  
www.ertl-glas.at

### **Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung**

Forschungsthema / Produkt: Klärung der Anforderungen von Architekten, Dimensionierungsrichtlinien von Fassadenkollektoranlagen, Speicheranagement. Errichtung von Testanlagen.

Infos / Literatur

<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id1780>

Hersteller / Kontakt

AEE INTEC, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Institut für Nachhaltige Technologien,  
Irene Bergmann  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
0043 3112 5886  
i.bergmann@aee.at

### **„Colourface“ – Entwicklung färbiger Solarkollektoren zur Gebäudeintegration**

Forschungsthema / Produkt: Entwicklung von selektiven farbigen Beschichtungen für thermische Sonnenkollektoren in der Fassade

„Da bislang nur schwarze Absorber auf dem Markt waren, hat das Projekt die Aufgabe schichtdickenunabhängige, spektral selektive, farbige Beschichtungen für Absorber von Fassadenkollektoren zu entwickeln. Die Beschichtungen sollen durch Sprühen oder Streichen auf den Absorberoberflächen auftragbar sein und zu architektonisch ansprechenden Fassaden führen. Der eingesetzte Binder und die verwendeten Pigmente für die Farbgebung sollen umweltfreundlich und für den Einsatz in abgedeckten Kollektoren geeignet sein. Die Absorption der Beschichtung soll mindestens 80% betragen und die maximale Emission darf 50% nicht übersteigen. Schwarze Absorber liegen bei der Absorption bei 90% - 95% - entsprechen aber nicht den ästhetischen Ansprüchen, welche die Architektur an sie stellt.“ (<http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projektId=43>. 03.06.2010)

Infos / Literatur

Müller, Thomas, Bergmann, Irene, Hausner, Robert, Höfler, Karl, Nussmüller, Werner (Hg. AEE INTEC): Colourface - Planungsrichtlinien für farbige Fassadenkollektoren. Gleisdorf 2004  
<http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projektId=43>

Hersteller / Kontakt

AEE INTEC, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE  
Institut für Nachhaltige Technologien  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
0043 3112 5886  
[office@aee.at](mailto:office@aee.at)  
[www.aee.at](http://www.aee.at)

## **NEGST - New Generation of Solar Thermal Systems**

Forschungsthema / Produkt: Weiterentwicklung von Solar-Themischen Systemen

Infos / Literatur

<http://www.swt-technologie.de/html/negst.html>

Kontakt

**Kontaktadresse I**

AEE - Institute for Sustainable Technologies (AEE INTEC)  
Leader WP 3 – Integration into buildings  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
0043 3112 5886  
Dagmar Jähmig: [d.jaehmig@aee.at](mailto:d.jaehmig@aee.at)

**Kontaktadresse II**

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H. (ARSENAL research)  
Leader WP 2 – Standardised system concepts  
A- 1210 Wien, Giefinggasse 2  
0043/(0)50 550-0  
Jan Schindl: [jan.schindl@arsenal.ac.at](mailto:jan.schindl@arsenal.ac.at)

## **„Power Plastik“ - Polymer-Solarzellen**

Forschungsthema / Produkt: Photovoltaikmodule auf Basis der Polymertechnologie der Herstellers Konarka (Polymer-Solarzellen); die Firma bietet inzwischen einige Module zur Integration an, Module zur Gebäudeintegration sind derzeit in Entwicklung: „Building Integrated Photovoltaics (BIPV) – Another exciting application of Power Plastic is under development by Konarka and Arch Aluminum & Glass. Transparent and opaque Power Plastic is being tested as an integral component to windows and curtain walls. Able to work off-angle, Power Plastic could soon enable buildings to generate their own power.“ (<http://www.konarka.com/index.php/power-plastic/about-power-plastic>, 03.06.2010)

Infos / Literatur

Rexroth, Susanne: Kunststoffzeit. Kunststoffe als Multifunktionale (Bau)Werkstoffe. In: db-deutsche bauzeitung 08/2008, 68 – 71

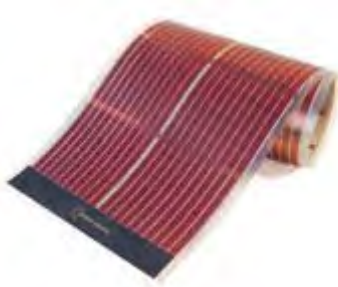
Konarka GmbH

<http://www.konarka.com/index.php/power-plastic/about-power-plastic>

Kontakt

Konarka Austria Forschungs und Entwicklungs GmbH  
A-4040 Linz, Altenbergerstrasse 69  
0043 (0) 732 2468 5112  
[www.konarka.com](http://www.konarka.com)

## FOTOS



**Power Plastic:** Kornaka „Power Plastik“ Polymer-Solarzellen, BIPV-Fassadenmodul

## SolPol

### Forschungsthema / Produkt:

SolPol-1, SolPol-2: Sonnenkollektoren in Kunststoffbauweise

SolPol-3: „Das gegenständliche Projekt namens SolPol-3 ist als industrielle Forschung konzipiert und hat die Entwicklung neuartiger polymerer Einkapselungsmaterialien für verbesserte PV-Module bei gleichzeitiger Reduzierung der Material- und Verarbeitungskosten zum Ziel. Die Werkstoffinnovationen betreffen vor allem Einbettungsmaterialien und Rückseitenfolien für starre und flexible PV-Module für Solarzellen.“

### Kontakt

Johannes Kepler Universität Linz (JKU), Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung (IPMT)

A-4040 Linz, Austria, Altenberger Straße 69

Univ.Prof. DI Dr.mont. Reinhold W. Lang

0043 (0) 664-602466611

reinhold.lang@jku.at

DI Harald Kicker

0043 (0) 732 2468-6616

harald.kicker@jku.at

## Forschungsprojekte International

### **BIPV-CIS Gebäudeintegrierte PV-Module auf der Basis von CIS-Dünnschichttechnologie**

Forschungsthema / Produkt: Gebäudeintegrierte PV-Systeme mit erprobten Fertigungsszenarien

Projektlaufzeit: 2004 – 2007

### Kontakt

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Hans-Dieter Mohring / Dieter Geyer et. al

D-70565 Stuttgart Industriestraße 6

0049 (0)711 78 70-0

hans-dieter.mohring@zsw-bw.de

info@zsw-bw.de

http://www.zsw-bw.de

(Siehe Detaildokumentation)

### **PV.VH-Fassaden – Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaik-elementen**

(2006-2007)

Forschungsthema / Produkt: Adaption und Weiterentwicklung der Photovoltaik-(PV) Dünnschicht-technologie für Kompositpaneele mit teils farbigem Glas für den Einsatz in vorgehängten, hinterlüfteten (VH) Fassaden. Projektlaufzeit: 2006 – 2007



### Kontakt

Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Baukonstruktion  
Bernhard Weller (Projektleiter) / Susanne Rexroth  
D-01069 Dresden, Mommsenstraße 13  
0049 (0) 351 463-34845  
Bernhard.Weller@tu-dresden.de; rexroth@bauko.bau.tu-dresden.de  
[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_bauingenieurwesen/bauko](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_bauingenieurwesen/bauko)  
(Siehe Detaildokumentation)

## **Alternative Photovoltaik-Technologien**

Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE  
D-79110 Freiburg, Heidenhofstr. 2  
0049 (0) 761 / 45 88 – 0  
info@ise.fraunhofer.de  
www.ise.fraunhofer.de  
<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien>

## **Forschungsinitiative „Organische Photovoltaik“**

Forschungsthema / Produkt: Schwerpunktprogramm der DFG zur Weiterentwicklung organischer Solarzellen

Ziel: bis 2015 organische Solarzellen großflächig verwenden zu können.

### Kontakt

Technische Universität Dresden / Institut für Angewandte Photophysik  
Prof. Dr. Karl Leo  
D-01069 Dresden, George-Bähr-Str. 1  
0049-(0) 351-463-37533  
karl.leo@iapp.de  
www.iapp.de

## **Metamorphe Mehrfachsolarzellen und Konzentratormodule / III - V Epitaxie, Solarzellen und Bauelemente / Konzentrator-PV-Systeme**

Forschungsthema / Produkt: Entwicklung einer metamorphe Dreifachsolarzelle bestehend aus den III-V-Verbindungshalbleitern Galliumindiumphosphid, Galliumindiumarsenid und Germanium. Mehrfach-Solarzellen wurden für den Weltraum (Satelliten im All) entwickelt, aber aufgrund der Kosten bisher nicht auf der Erde eingesetzt. Der spezielle Aufbau ermöglicht es, fast das gesamte Spektrum des Sonnenlichts optimal zur Energieerzeugung zu nutzen und mit einem Wirkungsgrad 41,1 Prozent mehr Sonnenlicht in Strom umzuwandeln. Der hohe Wirkungsgrad wird ermöglicht indem mehrere Solarzellen mit einer sehr guten Qualität übereinander gestapelt werden. Die Dreifach-Solarzelle besteht aus mehr als 20 einzelnen Schichten, die alle optimiert wurden. "Die Kombination der hocheffizienten Zellen mit einem Linsen-Verstärker sorgt dafür, dass im Vergleich zu herkömmlichen Solarmodulen nur noch etwa ein Fünfhundertstel der Halbleiterfläche benötigt wird. Die Zellen in den eigens entwickelten Konzentratormodulen sind nur drei Quadratmillimeter groß. Über dieser kleinen Solarzelle liegt in einem Abstand von etwa zehn Zentimetern eine Fresnellinse. Dieser Aufbau konzentriert das Sonnenlicht um den Faktor 400 bis 500. Damit die Zellen nicht überhitzen, sind sie auf einen Kupferträger aufgebracht, der die Wärme ausreichend gut verteilt. So reicht es, die Solarzelle nur passiv zu kühlen. »Dank dieses Aufbaus konnten wir Module mit Wirkungsgraden von über 29 Prozent herstellen«, sagt Dr. Andreas Bett. Unter dem Namen FLATCON® sind diese Module seit 2007 auf dem Markt und beispielsweise in einem spanischen Solarpark im Einsatz.“  
(<http://www.fraunhofer.de/presse/presseinformationen/2010/05/mehrfachsolarzellen.jsp>. 01.06.2010)

„Forschungsarbeiten am Fraunhofer ISE haben gezeigt, dass die Kombination von kleinen, hocheffizienten Solarzellen mit günstiger Modul- und Linsentechnologie die Perspektiven für die Photovoltaik entscheidend bereichert. Konzentrator-PV-Systeme haben das Potenzial, die Stromgestehungskosten für große Kraftwerkseinheiten an sonnenreichen Standorten erheblich zu

senken.“ (<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/regenerative-stromversorgung/solare-kraftwerke/konzentrator-pv-kraftwerke>. 01.06.2010)

#### Infos / Literatur

Fraunhofer ISE

<http://www.fraunhofer.de/presse/presseinformationen/2010/05/mehrfachsolarzellen.jsp>.

<http://www.ise.fraunhofer.de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2009/weltrekord-41-1-wirkungsgrad-fuer-mehrfachsolarzellen-am-fraunhofer-ise>

<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien/iii-v-epitaxie-solarzellen-und-bauelemente>

<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/regenerative-stromversorgung/solare-kraftwerke/konzentrator-pv-kraftwerke>

#### Kontakt

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg

Andreas Bett / Frank Dimroth

D-79110 Freiburg. Heidenhofstraße 2

0049 (0) 761 4588-5257 (Andreas Bett)

0049 (0) 761 4588-5258 (Frank Dimroth)

info@ise.fraunhofer.de

www.ise.fraunhofer.de

#### FOTOS



**Tandem-Konzentrator-Zellen:** Beispiel, hergestellt vom Fraunhofer ISE. Auf einem 5 cm großen Wafer können bis zu 1000 Zellen und auf einem 10 cm großen Wafer bis zu 4000 Zellen platziert werden.

Foto © Fraunhofer ISE

## **Transparentes Farbstoffsolarmodul in Siebdruckverfahren und Glaslottechnik**

Forschungsthema / Produkt: „Die Farbstoffsolarzelle (FSZ) zählt zu den elektrochemischen Dünnschichtzellen und wandelt Energie des Sonnenlichts mittels eines metallorganischen Farbstoffs in elektrischen Strom um – im Unterschied zu herkömmlichen Solarzellen, die dazu meist teure Halbleitermaterialien benötigen.“

Der Vorgang der Stromerzeugung bei einer FSZ lässt sich insgesamt mit dem der Photosynthese bei Pflanzen vergleichen. Der Standardaufbau einer FSZ sowie die notwendigen Herstellungsschritte sollen mittels der nach folgenden Abbildungen beschrieben werden (siehe Fotos). Die Zelle selbst ist zwischen zwei ebenen Glasplatten eingebettet, die als Elektroden ausgebildet sind. Die Elektrode, die im Normalfall der direkten Sonneneinstrahlung zugewandt ist, wird hier als Frontelektrode (oder Arbeitselektrode) bezeichnet, im Gegensatz zur Gegenelektrode, die den Stromkreis schließt und auch als »hintere« Elektrode angesehen werden kann.“ (<http://www.colorsol.de/herstellung/index.jsp>, 03.06.2010)

### **„Herstellung von Modulen und Versiegelungstechnik**

Herstellungsverfahren für Farbstoff-Solarzellenmodule wurden am Fraunhofer ISE entwickelt. Ein wichtiger Gesichtspunkt dabei ist die Versiegelung der Module. In den nächsten Jahren wird es voraussichtlich nur dann möglich sein Farbstoffsolarzellen mit solaren Wirkungsgraden oberhalb 5 % auf größeren Flächen herzustellen, wenn flüssige oder teilweise verfestigte (gelierte) Redox Elektrolyte verwendet werden. Dies erfordert hermetische, dauerhafte und mit dem Elektrolyten kompatible Versiegelungsmaterialien. Am Fraunhofer ISE wurde eine auf Glasloten basierende Versiegelungstechnik entwickelt, die solchen Anforderungen genügt.

Mit der Ausrüstung am Fraunhofer ISE können Farbstoffsolarzellenmodule mit einer maximalen Fläche von 300 x 300 mm<sup>2</sup> hergestellt werden. Hier sind Module mit einer integrierten seriellen Verschaltung gezeigt (Z-Verschaltung). Es werden zwei Designs untersucht: ein Streifendesign, ähnlich zu anderen Dünnschichtsolarzellen und eine interdigitale Verschaltung mit einem mäanderähnlichen Muster.“ (<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien/farbstoff-und-organische-solarzellen>, 25.08.2010)

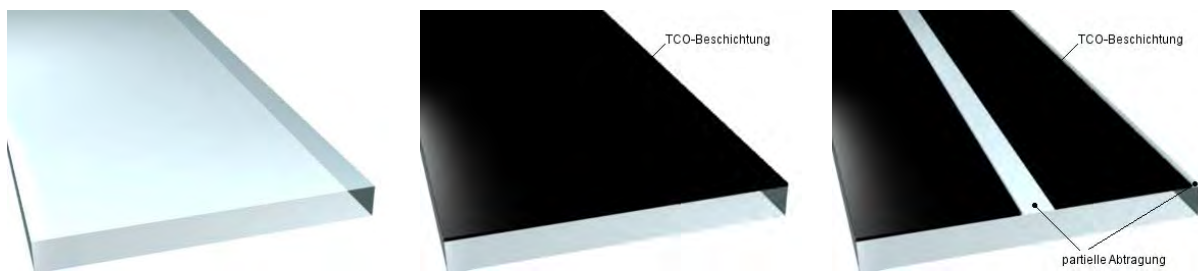
„Bisher sind Farbstoff- und organische Solarzellen noch nicht kommerziell erhältlich. Wesentliche Fragestellungen wie Erhöhung des Wirkungsgrades, Langzeitstabilität und Aufskalierbarkeit werden am Fraunhofer ISE in Zusammenarbeit mit Projektpartnern untersucht.“ (<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien/farbstoff-und-organische-solarzellen>. 01-06.2010)

#### Kontakt

Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE  
 D-79110 Freiburg, Heidenhofstr. 2  
 0049 (0) 761 / 45 88 – 0  
 info@ise.fraunhofer.de  
 www.ise.fraunhofer.de  
<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien>

#### FOTOS

#### **Herstellung von Farbstoffsolarzellen (FSZ)**

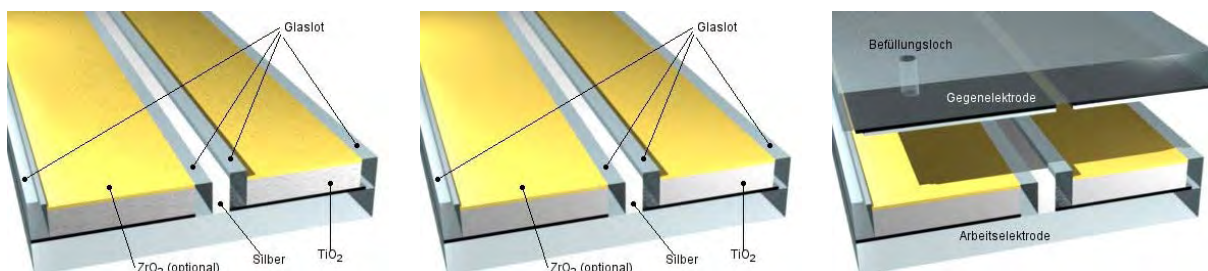


#### **Schritt 1: TCO-Beschichtung (2)**

Auf der jeweiligen Innenseite beider Glaselektroden ist eine transparente, leitfähige TCO-Schicht aufgebracht (TCO = transparent conductive oxide).

#### **Schritt 2: Strukturierung der TCO-Schicht (3)**

Zunächst wird mittels eines Lasers die TCO-Schicht partiell abgetragen und somit strukturiert. Hierdurch werden die einzelnen Zellen des Moduls elektrisch voneinander isoliert. Anschließend sind die Glaselektroden gereinigt, da etwa verbleibende Partikel weitere Verfahrensschritte stören würden, damit die Funktionsfähigkeit der FSZ stark einschränken oder sogar bis zur völligen Funktionsunfähigkeit führen können.



#### **Schritt 3: Bedrucken der Glaselektroden (4)**

In diesem Schritt werden mittels eines Standard-Siebdruckverfahrens die einzelnen Schichten aufgedruckt. Siebdruckverfahren sind recht günstig und in der Industrie schon seit längerem verbreitet. Die Druckmaterialien für die verschiedenen Schichten liegen gemischt in Form zähflüssiger Pasten vor. Beide Elektroden werden zunächst mit der Silberpaste bedruckt. Die Silberbahnen dienen der elektrischen Kontaktierung und der Aufrechterhaltung eines elektrischen Stromkreises in der Zelle. Ebenfalls auf beide Elektroden aufgedruckt wird das Glaslot, das später die schlüssige und unlösliche Verbindung zwischen der Front- und der Gegenelektrode bilden soll.

Auf der Frontelektrode wird auf die TCO-Schicht ferner noch eine nanodünne Schicht aus Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) aufgedruckt. Optional kann zur Erhöhung des Wirkungsgrades sowie für bestimmte gestalterische Effekte eine zusätzliche Streuschicht aus Zirkoniumdioxid ( $\text{ZrO}_2$ ) aufgebracht werden.

Auf die Gegenelektrode wird zusätzlich zur Silberpaste und dem Glaslot eine Schicht aus Platin aufgedruckt. Hierdurch soll später die elektrochemische Reaktion in der Zelle katalysiert werden.

Im Anschluss an den Druckvorgang werden die Glassubstrate getrocknet und erneut gereinigt.

#### Schritt 4: Sintervorgang (5)

Im Anschluss an den Druck- und Trocknungsvorgang werden die Glasplatten mit den Elektroden gesintert. Hierbei handelt es sich um ein thermisches Verfahren, bei dem überschüssige organische Bestandteile aus den Pasten verbrannt und letztere verdichtet werden. Damit geht auch eine Verfestigung der aufgedruckten Schichten einher, die den elektrischen Kontakt zwischen den  $\text{TiO}_2$ -Partikeln sowie dem TCO sichert.

Typischerweise erfolgt dieser Vorgang bei  $500^\circ$  Celsius.

#### Schritt 5: Positionieren der Gegenelektrode (6)

In diesem Schritt werden die beiden Elektroden aufeinander positioniert.

Entsprechend dem gewählten Muster der Leiterbahnen – typischerweise einem Mäander-Muster – müssen die Leiterbahnen exakt zueinander ausgerichtet werden, damit die spätere Funktionsfähigkeit der Zelle sichergestellt ist.



#### Schritt 6: Fusen (7)

Hierbei handelt es sich um einen Erwärmungsvorgang bis zu einer Temperatur von ungefähr  $600^\circ$  C, bei der die Glaslotpasten-Stege beider Elektroden bei miteinander verschmelzen. Erst dadurch entsteht eine unlösbare, dichte Verbindung der beiden Glassubstrate zu einem Modul.

#### Schritt 7: Befüllungsvorgang (8)

Anschließend wird die  $\text{TiO}_2$ -Schicht des Moduls eingefärbt, indem eine Lösung mit den Ruthenium-Farbstoffpartikeln durch die Befüllungslöcher der Gegenelektrode eingebracht wird. Anschließend wird ebenfalls durch die Befüllungslöcher der Elektrolyt eingefüllt.

#### Schritt 8: Versiegeln der Befüllungslöcher (9)

Zuletzt werden die Befüllungslöcher noch versiegelt, wofür verschiedene Verfahren in Betracht kommen können. Als besonders wirkungsvoll wird gegenwärtig eine externe Versiegelung durch Aufschmelzen von zusätzlichen Glasplättchen auf die Befüllungslöcher erachtet.

Typischerweise ist beim Einbau des fertigen Moduls die Frontelektrode der Sonneneinstrahlung direkt zugewandt, obwohl es – abhängig etwa vom Design der  $\text{ZrO}_2$ -Schicht – prinzipiell auch möglich wäre, die FSZ von der anderen Seite her einstrahlen zu lassen. Der beste Wirkungsgrad wird jedoch mit der beschriebenen Ausrichtung (Frontelektrode auf der Seite der direkten Sonneneinstrahlung) erreicht.

(<http://www.colorsol.de/herstellung/index.jsp>, 25.08.2010)

Fotos © Fraunhofer IAO - ColorSol



**Modul aus Farbstoffsolarzellen / Fertigungstechnologie:** 30 cm x 30 cm großen Modul in Durchsicht gegen die Sonne. Das Modul ist mit einem am Fraunhofer ISE entwickelten thermischen Verfahren versiegelt, bei dem im Siebdruck Glaslote aufgebracht werden. Sämtliche Schichten der Zellen werden im Siebdruck aufgebracht.

Fotos © Fraunhofer ISE

## „ColorSol“ Photovoltaikmodulen mit FSZ für die Gebäudeintegration

Forschungsthema / Produkt: Das Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation) beschäftigt sich im Rahmen des Programms „ColorSol“ mit Photovoltaikmodulen mit FSZ für die Gebäudeintegration. Eine Testfassade ist bereits in Betrieb. Derzeit wird an Marktreife gearbeitet.

„Im Projekt ColorSol® wurde die Aufskalierbarkeit der Herstellung glaslotversiegelter Farbstoffsolarmodule gezeigt. Industriell anwendbare Produktionsverfahren und Methoden der Qualitätskontrolle wurden entwickelt und optimiert. Eine Befüllmaschine für Farbstoffsolarmodule wurde als industriennahe Versuchsanlage entwickelt und gebaut. Es konnten erfolgreich Kleinserien gedruckt und Prototypen für Farbstoffsolarmodule entwickelt werden. So wurde ein Demonstratorenpanel konzipiert, geplant und gebaut, das die herausragenden Merkmale der Technologie in Bezug auf Farbgebung und Teiltransparenz herausstellt. Bei der Entwicklung der Anwendungsszenarien und Demonstratoren wurde großer Wert auf die Orientierung an den Anforderungen der zukünftigen Anwender und Nutzer gelegt, um so in der Zukunft bedarfsorientierte und marktgerechte Produkte für die Anwendung in der gebäudeintegrierten Photovoltaik (GIPV) zu entwickeln. So wurden Anforderungen für drei mögliche Nutzungen von Farbstoffsolarzellen in der GIPV (Dachliegefenster, Fassadenelement, Photovoltaikverglasung) erfasst und parallel wirtschaftliche, baurechtliche und gestalterische Anforderungen erhoben. Es wurden konkrete Anwendungsszenarien entwickelt, Marktszenarien erstellt, die Kosten für eine mögliche Serienproduktion abgeschätzt und mögliche Umweltwirkungen der Technologie analysiert. Für die Realisierung einer Serienproduktion von Farbstoffsolarzellen stehen noch zusätzliche Schritte, wie der Aufbau einer Pilotproduktion mit einem optimierten Anlagenkonzept sowie die Entwicklung von Systemen und Komponenten für spezifische Qualitätskontrollen aus. Mit weiteren Demonstrationsobjekten könnten die Anwendungsmöglichkeiten der Farbstoffsolarzelle mit Architekten und Fassadenbauern vertieft untersucht und die Akzeptanz der Technologie am Markt erhöht werden.“ (<http://www.colorsol.de>. 03.06.2010)

### Infos / Literatur

Rexroth, Susanne: Kunststoffe als Multifunktionale (Bau)Werkstoffe. In: db-deutsche bauzeitung 08/2008. 68 – 71

Fraunhofer ISE

<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien>

ColorSol

<http://www.colorsol.de>

Endbericht Download: <http://www.colorsol.de/Downloads/index.jsp>

### Kontakt

Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation)

Friedrich Schnabl

D-70569 Stuttgart, Nobelstraße 12

0049 (0) 711 / 970 - 22 45

Frieder.Schnabel@iao.fraunhofer.de

[www.colorsol.de](http://www.colorsol.de)

### FOTOS



**ColorSol Prototypenpanel:** Im Projekt ColorSol hergestellter Prototypenpanel aus Farbstoffsolarzellen.  
Fotos © Zuckerfabrik Fotodesign, Fraunhofer IAO - ColorSol

## Organische Solarzellen

Forschungsthema / Produkt: Organische Solarzellen auf der Basis von Polymeren

„Organische Solarzellen eröffnen durch ihre mechanische Flexibilität neue Einsatzgebiete und sind auch aufgrund ihrer prinzipiell niedrigen Herstellungskosten attraktiv. Wir arbeiten an der optischen und elektrischen Modellierung organischer Solarzellen, prüfen die Eignung neuer Materialien und Prozessvarianten mit einer automatisierten Charakterisierungslinie und entwickeln neue Zellarchitekturen zur Optimierung von Effizienz und kostengünstiger Herstellung. Erste Module mit bis zu 22 Einzelzellen konnten erfolgreich gefertigt werden.“

(<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien>. 01.06.2010)

„Solarzellen aus organischen Halbleitern bieten im Vergleich mit schon etablierten Solarzellentechnologien viel versprechende Möglichkeiten. Die größten Potentiale der organischen Solarzellen liegen in den zu erwartenden niedrigen Produktionskosten und der mechanischen Flexibilität. Diese beiden Charakteristika ermöglichen für Solarzellen vollkommen neuartige Anwendungen. Derzeit sind noch grundlegende Forschungsarbeiten notwendig, um die Voraussetzungen für eine Kommerzialisierung organischer Solarzellen zu schaffen.

Erste potenzielle Anwendungen organischer Solarzellen sehen wir in der Energieversorgung mobiler Kleingeräte. Weitere mögliche Anwendungen sind die Versorgung energieautarker Mikrosysteme und Sensornetzwerke und die Integration in einfache elektronische Schaltungen basierend auf organischen Halbleiterbauelementen. Der Beitrag organischer Solarzellen zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist das langfristige Ziel unserer Arbeiten.“

(<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien/farbstoff-und-organische-solarzellen/einfuehrung-organische-solarzellen>, 25.08.2010)

### Infos / Literatur

Rexroth, Susanne: Kunststoffzeit. Kunststoffe als Multifunktionale (Bau)Werkstoffe. In: db-deutsche bauzeitung 08/2008, 68 – 71

Fraunhofer ISE

<http://www.ise.fraunhofer.de/geschaeftsfelder-und-marktbereiche/alternative-photovoltaik-technologien>

### Kontakt

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg

Werner Platzer

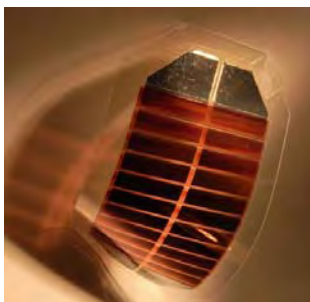
D-79110 Freiburg. Heidenhofstraße 2

0049 (0) 7 61 / 45 88-5983

info@ise.fraunhofer.de

www.ise.fraunhofer.de

### FOTOS



**Organische Solarzellen:** Organische Solarzellen, Testobjekt einer »ITO-freien« organischen Solarzelle, Standard-Schichtaufbau einer organischen Solarzelle.

Fotos © Fraunhofer ISE

## „Integration von Solarthermie in Fassaden“ - Fassadensystem mit Röhrenkollektoren

Forschungsthema / Produkt: Konzept eines Fassadensystems mit Röhrenkollektoren (Schott-Rohrglas GmbH Vakuumröhre) anstelle von Flachkollektoren für Bürofassaden mit großflächigen Verglasungsflächen.

„Ziel ist die Entwicklung eines Fassadenbauteils, welches die Funktionen Sonnenschutz, Energiegewinnung und Tageslichtnutzung übernimmt und in Fassadensystemen vollständig integriert werden und flexibel angewendet werden kann. Hierzu sollen die von der Schott-Rohrglas GmbH entwickelten solarthermischen Anlagen, Vakuumröhren, in Fassadensysteme integriert werden. Die Fassadenpfosten sollen neben ihrer konstruktiven Funktion die Funktion des Sammlers übernehmen. Wichtig ist hierbei, eine einwandfreie technische Funktion, hohe Zuverlässigkeit, Wartungsfreundlichkeit und flexible Gestaltungsmöglichkeiten mit hoher architektonischer Qualität zu verbinden.“ (<http://www.uni-stuttgart.de/ibk2>. 02.06.2010)

Kammprinzip für die flexible Anpassung an unterschiedliche Fassadenraster: „Im Vertikalen Raster der Glasrohre wird nur jede zweite Achse belebt. Verschiebt man diese um ein Höhenraster zueinander, so kann man den Abstand der integrierten Pfosten frei von einander wählen.

Die Veränderung des Pfostenabstandes drückt sich in dem Maß der Überschiebung der von links und rechts kommenden Glasrohre aus.“ (<http://www.uni-stuttgart.de/ibk2>. 02.06.2010)

„Die Forscher möchten die gläsernen Röhren in ein neuartiges Fassadenbauteil integrieren, bei dem die Fassadenpfosten neben ihrer konstruktiven Funktion die Aufgabe der wärmetechnischen Anbindung übernehmen: So verlaufen die gemeinsamen Sammelrohre der Vakuumröhren wärme gedämmt in den Profilen und transportieren die erwärmte Flüssigkeit zum Speicher. Die Röhren können vor der Fassade, innen hinter der Wärmeschutzverglasung oder in der Doppelfassade sitzen.“ (Hemmerle u. a. 2007/Teil 2, 71)

### Infos / Literatur

Behling, Stefan, Fuchs, Andreas, Volz, Tina: Solare Architektur – Forschung und Entwicklung. In: DETAIL 06/2007, 666 – 667

Hemmerle, Claudia / Rexroth Susanne / Weller, Bernhard. Solare Potenziale. Solarenergienutzung – TEIL 2: Solarthermie zur Wärme- und Kälteerzeugung. In: db-deutsche bauzeitung 09/2007. 71 – 76

### DETAIL

<http://detailtopics.de/energie-nachhaltigkeit/index.php?id=191>

### UNI Stuttgart

<http://www.uni-stuttgart.de/ibk2/>

### Kontakt

Universität Stuttgart, Institut für Baukonstruktion, Lehrstuhl 2 (Prof. Stefan Behling)

Projektleitung: Tina Volz, Jörg Hieber

D-70174 Stuttgart, Keplerstraße 11

0049 (0) 711 685 83253

[info@ibk2.uni-stuttgart.de](mailto:info@ibk2.uni-stuttgart.de)

[www.uni-stuttgart.de/ibk2](http://www.uni-stuttgart.de/ibk2)

FOTOS



**Fassadenintegrierte Röhrenkollektoren:** Horizontalschnitt, Pilotprojekt, Detail: Der Fassadenpfosten sammelt die Wärme der einzelnen Röhren (Modell), Kammprinzip.  
Fotos / Grafik © UNI Stuttgart ibk2

## Fassadenintegrierte solare Luftkollektoren für Wohnsiedlungsgebäude aus den 50er und 60er Jahren

Forschungsthema / Produkt: Dissertation, Dipl.-Ing. Architekt Marc Gatzweiler: "Gegenstand der Promotion ist die Überprüfung von Möglichkeiten der Integration solarer Luftkollektoren in die Fassadenhülle von sanierungsbedürftigen Wohnsiedlungsgebäuden aus den Nachkriegsjahren. Hierbei stehen energetische, wirtschaftliche und gestalterische Aspekte im Fokus der Betrachtung. Der Einsatz solarer Luftkollektoranlagen an Wohngebäuden stellt derzeit noch eine Randerscheinung dar. Bis heute sind nur einige wenige Wohnhäuser mit entsprechender Technik realisiert worden. Inhalt der Promotion ist die Untersuchung von technischen und architektonischen Ausprägungen fassadenintegrierter Luftkollektoren, mit der Zielsetzung eines zukünftig verstärkten Einsatzes der Technik bei Modernisierungen bzw. Sanierungen von Wohnsiedlungsgebäuden aus den 50er/60er Jahren; denn gerade dieser Wohnungsbestand besitzt aufgrund seines Umfangs und seines günstigen Miet- und Kaufpreisniveaus eine herausragende Bedeutung für den Wohnungsmarkt.

Die Analyse von Beispielgebäuden soll Aufschluss über die derzeitigen Einsatzmöglichkeiten, die verschiedenen gestalterischen Ausprägungen und die energetische Wirksamkeit der Luftkollektortechnik geben. Die Analyse der Zwischenergebnisse soll, im Hinblick auf neue Varianten ganzheitlicher Fassadenkonzeptionen, Rückschlüsse auf etwaige technische und formal-ästhetische Optimierungen erlauben und Informationen über Planungsaufwand und ökonomischen Nutzwert von Luftkollektoren geben. Eine anschließende experimentelle Untersuchung einer auf Basis eines Referenzgebäudes sinnvoll erscheinenden Fassadenkonfiguration, soll abschließend in einer Messwerterfassungsanlage praxisrelevante, thermische, baukonstruktive und gestalterische Parameter, im Hinblick auf eine mögliche Systementwicklung, generieren."

([http://www.eg.architektur.tu-darmstadt.de/eg/forschung\\_eg/luftkollektoren.de.jsp](http://www.eg.architektur.tu-darmstadt.de/eg/forschung_eg/luftkollektoren.de.jsp), 26.05.2010)

Infos / Literatur

TU Darmstadt

[http://www.eg.architektur.tu-darmstadt.de/eg/forschung\\_eg/luftkollektoren.de.jsp](http://www.eg.architektur.tu-darmstadt.de/eg/forschung_eg/luftkollektoren.de.jsp)



### Kontakt

Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur,  
Marc Gatzweiler, Architekt  
Fachgebiet Entwerfen und Gebäudelehre  
D-64287 Darmstadt, El-Lissitzky-Str.1  
gatzw@eg.tu-darmstadt.de  
[http://www.eg.architektur.tu-darmstadt.de/eg/forschung\\_eg/luftkollektoren.de.jsp](http://www.eg.architektur.tu-darmstadt.de/eg/forschung_eg/luftkollektoren.de.jsp)

## **E2 Fassade -Energie Fassade**

Forschungsthema / Produkt: Forschungsprojekt der IBK Forschung + Entwicklung gemeinsam mit der Firma Schüco Bielefeld; Integration zeitgemäßer Haustechnischer Systeme in die Gebäudehülle und aktive Nutzung solarer Energien in der Fassade:

### **Konzept / Komponenten**

- Automatisierung: Natürliche Lüftung in Gebäudeleittechnik integriert
- Sonnenschutz: Außenliegende Mikrolamellen die flächenbündig und verdeckt liegend in die Fassade integriert und seitlich in den Deckschalen der Pfosten geführt werden
- Energiegewinnung: Transparenter Flachkollektor, transparentes Photovoltaikelement in Fassadensystem integriert (zusätzlich in Verbindung mit einer Absorbtionskältemaschine zur Kühlung des Gebäudes)
- Dezentrale Haustechnik: Be- und Entlüftung, Heizen, Kühlen
- Flächenbündigkeit: Flächenbündige Integration von Haustechnik und anderen Funktionen in Fassadensystem.

Inzwischen Serienproduktion durch die Firma Schüco: „Über intelligente Schnittstellen verbindet die Schüco E<sup>2</sup> Fassade vier Funktionsmodule: die Öffnungselemente, den Sonnenschutz, die dezentrale Lüftungstechnik und die Photovoltaikmodule. Sie lassen sich einzeln, gruppenweise oder als energieeffizientes Gesamtsystem in das Gebäude integrieren.“

([http://www.schueco.com/web/partner/2008\\_2/home/know-how](http://www.schueco.com/web/partner/2008_2/home/know-how). 02.06.2010)

### Infos / Literatur

Behling, Stefan, Fuchs, Andreas, Volz, Tina: Solare Architektur – Forschung und Entwicklung. In: DETAIL 06/2007, 666 – 667

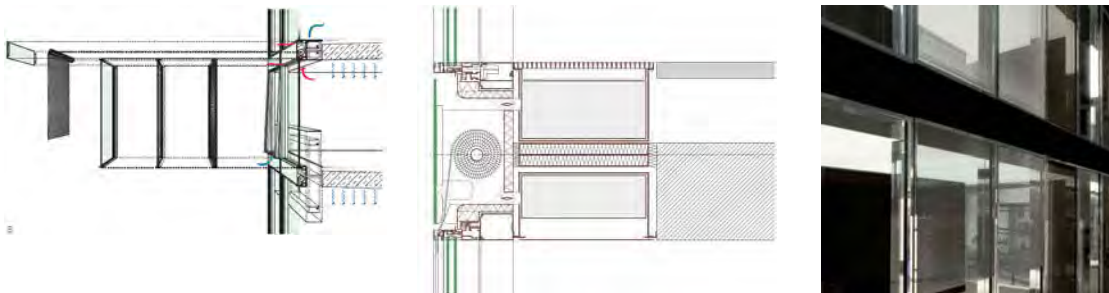
UNI Stuttgart

<http://www.uni-stuttgart.de/ibk2>

### Kontakt

Universität Stuttgart, Institut für Baukonstruktion, Lehrstuhl 2 (Prof. Stefan Behling)  
IBK Forschung + Entwicklung  
Projektleitung: Andreas Fuchs  
D-70174 Stuttgart, Keplerstraße 11  
0049 (0) 711 685 83253  
info@ibk2.uni-stuttgart.de  
[www.uni-stuttgart.de/ibk2](http://www.uni-stuttgart.de/ibk2)

### FOTOS



**E2 Energiefassade:** Funktionsprinzip, Detail und Ansicht.  
Foto © UNI Stuttgart IBK2

## Realisierte Projekte International

### Paul-Horn-Arena Tübingen (NEUBAU)

Gebäudetyp: Sporthalle

Adresse / Standort: D-72072 Tübingen, Europastraße 50

Baujahr / Errichtung: 2004

Baukonstruktion Bestand / Beschreibung:

„Die vier unterschiedlichen Fassaden sind integraler Bestandteil des Sportbetriebs: Eine moderne Kletterwand formt die nordwestliche Fassade, Sportarten wie Streetball, Skaten und Boarden prägen die südöstliche Außenwand. Die südwestliche Wand ist vollständig mit Photovoltaik- Elementen besetzt, die Eingangsseite wirbt mit dem Namen des Sponsors.“

(<http://www.allmannsattlerwappner.de/#/de/projekte/detail/61/info/?page=1>, 04.06.2010)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Universitätsstadt Tübingen

ArchitektInnen / Projektleiter: Architektur: Allman Sattler Wappner

Energieberatung: TransSolar Energietechnik GmbH, München

#### Produkt

Fassadenintegrierte grünlich schimmernder Solarzellen mit weißem Randverbund

„Die Süd-Westfassade mit ihrer gesamten Fläche in Form von Solarmodulen, wurde auf Basis des architektonischen Entwurfs in Kooperation mit dem Auftraggeber Stadtwerke Tübingen, als weiterer Fassadenbaustein entwickelt, der sich nunmehr als neues Vorzeigeobjekt für die Stadt in energetischer Hinsicht darstellt. Hierbei wurde Fassadengestaltung und energetisches Konzept konsequent miteinander verwoben, so dass der doppelte Nutzen der Fassade sich nicht in sofort ablesbarer Formensprache widerspiegelt und somit geringe Ertragsverluste bewusst in Kauf nimmt. Diese Fassade war ebenso wie das extensiv begrünte Flachdach der Halle von Beginn der Planungen an wesentlicher Bestandteil des Energiekonzeptes der Sporthalle. Eine mögliche Spitzenleistung von über vierzig Kilowatt hilft mehr als dreißigtausend Kilowattstunden umweltfreundlichen Strom zu produzieren. Die optische Gestaltung der Lamine wurde in Referenz zu der umgebenden grünen Sportlandschaft mittels grünlich schimmernder Solarzellen mit weißem Randverbund realisiert und bricht somit auch bewusst mit dem gängigen Erscheinungsbild bekannter Solarfassaden.“

#### Infos / Literatur

Hemmerle, Claudia / Rexroth Susanne / Weller, Bernhard. Solare Potenziale. Solarenergienutzung – TEIL 1: Photovoltaik zur Stromerzeugung. In: db-deutsche bauzeitung 08/2007, 62 – 67

Allman Sattler Wappner

<http://www.allmannsattlerwappner.de>

#### Kontakt

Allmann Sattler Wappner. Architekten GmbH

D-80636 München, Nymphenburger Str. 125

0049.89-139925-0

[info@allmannsattlerwappner.de](mailto:info@allmannsattlerwappner.de)

<http://www.allmannsattlerwappner.de>

#### FOTOS



**Paul-Horn-Arena Tübingen:** PV Fassade.

Fotos © Jens Passoth, Berlin / Angelo Kaunat, Salzburg

## Bürogebäude für die Biohaus PV Handels GmbH (NEUBAU)

Gebäudetyp: Verwaltungs- und Schulungszentrum in Passivhaus-Bauweise

Adresse / Standort: D-33100 Paderborn, Otto-Stadler-Str. 23 c

Baujahr / Errichtung: 2004

Baukonstruktion Bestand: „Die Anlage stellt eine Kombination verschiedenen Montageformen thermischer wie auch photovoltaischer Elemente dar. Insgesamt wurden in alle sinnvoll nutzbaren Flächen wie Dach und geneigte Südfassade, aber auch nach Südost und Südwest orientierte Wandflächen Photovoltaikmodule integriert. Technischer wie optischer Mittelpunkt ist die geneigte und gewölbte Südfassade, in der semitransparente sowie lichtlenkende Glastechniken, kristalline wie amorphe Module zum Einsatz kommen. Zusammen mit dem »Sonnensegel«, das als i-Tüpfelchen weithin sichtbare 16 qm Modulfläche auf dem Dach der Sonne nachführt, ergaben sich so Flächen für über 15 kW PV-Leistung und 5 qm Absorberfläche.“ ([http://www.solar-integration.de/?id=227&projekt\\_id=59](http://www.solar-integration.de/?id=227&projekt_id=59))

### Produkt

Photovoltaik Anlage

Module 1: BIOSOL Sonderanfertigung, Typ: Glas-Glas-Laminat

Modul 2: BIOSOL M54, Typ in Kaltfassade (KF)

Zelltypen:

Typ 1: Transparente Solar Cell / Sunways (2003, Produkt nicht mehr erhältlich),

Typ 2: Amorphe Siliziumzelle (MSK) in der Kaltfassade.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: k. A.

ArchitektInnen / Projektleiter: Franz-Josef Huxol

Glasdesigner: Klaus Jansen

### Infos / Literatur

Bernhard Weller, Susanne Rexroth: Material wirkt – Neue Entwicklungen an der Fassade. In: DETAIL 11/2005, 1292 – 1298

Forschungsprojekt BIPV-CIS / gebäudeintegrierte PV (Improved Building Integration of PV by using Thin Film Modules in CIS Technology, 2004 – 2007)  
<http://bipv-cis.info/>

Informationsdienst für solares Gestalten und Bauen  
[http://www.solar-integration.de/?id=227&projekt\\_id=59](http://www.solar-integration.de/?id=227&projekt_id=59)

### Kontakt

F.J. Huxol, architektur & raum  
D-33106 Paderborn –Wewer, Wehme 4  
0049 (0) 5251/182990  
[info@baubiologie-pb.de](mailto:info@baubiologie-pb.de)  
[www.baubiologie-pb.de](http://www.baubiologie-pb.de)

### FOTOS



**Bürogebäude Biohaus, Paderborn:** Verwaltungs- und Schulungszentrum in Passivhaus-Bauweise mit transparenten Solarzellen. Fotos © [baubiologie-pb.de](http://baubiologie-pb.de)

## Capricornhaus Düsseldorf (NEUBAU)

Gebäudetyp: Büro- und Verwaltungsbau

Adresse / Standort: Düsseldorf, Medienhafen

Baujahr / Errichtung: 2006

„Die Besonderheit des prägnanten Neubaus mit seinen roten Glaspaneelen liegt vor allem in der von GATERMANN + SCHOSSIG erdachten i-modulFassade. Die schallemissions- belastete Lage des Gebäudes führte zur Entwicklung des multifunktionalen Fassadenmodules, das die gesamte notwendige Technik um das individuelle Raumklima zu steuern, beinhaltet.“ (<http://www.gatermann-schossig.de/pages/de/projects/office/30.htm>)

### Produkt

i-modul Fassade: multifunktionales Fassadenmodul das die gesamte notwendige Technik beinhaltet um das individuelle Raumklima zu steuern.

„Die i-modulFassade stellt die konsequente Weiterentwicklung der IntegralFassade dar, erweitert um den Aspekt der Modularität. Erste Anwendung findet die i-modulFassade im Projekt Capricorn Haus Medienhafen Düsseldorf. Darüber hinaus erfüllen sich alle Anforderungen an das "Digitale Bauen" hinsichtlich Planung, Herstellung und Montage.

In der aktiven Außenfassade des Projektes steckt gleich eine Reihe neuentwickelter Elemente. Die Fassade wird als Modulfassade komplett vorgefertigt und in Modulgrößen von 2,70 x 3,35 m montiert. Die Gliederung der Fassade in transparente und geschlossene Elemente berücksichtigt ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Außenbezug und Reduzierung solarer Lasten. Dabei realisiert das geschlossene Paneel den Gedanken von GATERMANN + SCHOSSIG, ein Multifunktionspaneel zu entwickeln, das eine Vielzahl von Funktionen vereinigt.“ (<http://www.gatermann-schossig.de/pages/de/context/240.htm?flash=FALSE,04.06.2010>)

Funktionen: Schallschutz, Heizung, Kühlung und Lüftung; Die Integration von Lichtlenkungs- und mit Wärmerückgewinnungssystemen ausgestatteten Lüftungselemente tragen zur nachhaltigen Reduzierung des Energiebedarfs bei. Dem Nutzer stehen dabei sämtliche Optionen offen. Er kann durch das Öffnen des Fensterflügels individuell lüften und die Verschattungseinrichtung nach seinem Bedarf positionieren.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: E.ON Energy Trading

ArchitektInnen / Projektleiter: Architektur: GATERMANN + SCHOSSIG Architekten

Fassade: Firmen Schüco und Trox

### Infos / Literatur

GATERMANN + SCHOSSIG Architekten

<http://www.gatermann-schossig.de/pages/de/context/240.htm>

<http://www.gatermann-schossig.de/pages/de/projects/office/30.htm>

### Kontakt

GATERMANN + SCHOSSIG Architekten Generalplaner

D - 50667 Köln, Richartzstrasse 10

0049 (0)221-925821-0

[info@gatermann-schossig.de](mailto:info@gatermann-schossig.de)

[www.gatermann-schossig.de](http://www.gatermann-schossig.de)

### FOTOS



**Capricornhaus Düsseldorf:** Gesamtansicht, Fassaden und Fassadendetail.

Fotos / Grafik © Rainer Rehfeld (1) / Gatermann + Schossig (2,3)

## News / Produkte

### Stromerzeugende Fenster

„Eine **hochtransparente Solarzelle** hat das amerikanische, aus Massachusetts stammende, Unternehmen Konarka Technologies vorgestellt. Die Zelle soll in alle gängigen Verglasungsprodukte für Gebäude integriert werden können. Sie besteht aus flexiblem Kunststoff und wird zwischen zwei Glasscheiben eingearbeitet.

Ein großer Vorteil der Zellen sei - so der Hersteller -, dass sie als nahezu unsichtbare Elemente die Ästhetik eines Gebäude nicht beeinträchtigen. Denn viele Kunden wünschen sich keine sichtbaren Solarpaneele auf ihren Gebäuden, wollen aber trotzdem mit Sonne Strom gewinnen. Daneben ist es möglich, die Zellen einzufärben.

Ein Nachteil liegt voraussichtlich in der Lebensdauer, denn diese wird deutlich unter 25 Jahre geschätzt. Ebenso ist der Wirkungsgrad aufgrund der hohen Transparenz erwartungsgemäß gering. Im Labor wurde eine Effizienz von sechs Prozent erzielt, die jedoch im fertigen Produkt noch nicht erreicht werden konnte.

Als Kooperationspartner soll die amerikanische Firma Arch Aluminium & Glass die Zellen in Fensterelemente einarbeiten.“ ([http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News\\_37154.html](http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News_37154.html), 04.06.2010)

Hersteller: Konarka, Lowell, MA/USA

### Kombination von gefärbtem Glas mit Solarzellen

„In dem neu gestalteten Treppenhaus eines Mainzer Verwaltungsgebäudes wurden erstmalig geschmolzene **Farbgläser mit Photovoltaikmodulen** kombiniert. Die 24 Meter hohe Fassade bildet so einen bunten Blickfang, der zugleich Strom erzeugt und auf den Bauherrn selbst hindeutet. Solarenergie ist einer der Produkt- und Forschungspunkte des Technologiekonzerns Schott . Insgesamt 140 künstlerisch gestaltete Farbgläser wurden mit 195 unregelmäßig angeordneten Solarmodulen zu Fassadeneinheiten verbunden. Der Aufbau entspricht prinzipiell einer üblichen Isolierverglasung mit außenseitig 2 x 4 mm Verbund-Sicherheitsglas mit integrierten Solarzellen. Auf der Innenseite sind die 6 mm starken Farbgläsern angebracht, die mit einer sogenannten "Low-E-Beschichtung" zur Reduktion der solaren Aufheizung versehen sind. Bei der Solartechnik kamen transluzente Dünnschichtmodule aus amorphem Silizium zum Einsatz.“

([http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News\\_37154.html](http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News_37154.html), 04.06.2010)

Hersteller: Schott, Mainz

### Farbige Solarzellen - PV-Module als Gestaltungselemente

„Farbige Solarzellen sind schon seit Längerem im Handel erhältlich. Bei den gebauten Beispielen dominiert nach wie vor die Farbe Blau in verschiedenen Schattierungen. Wäre eine Freiflächenanlage nicht viel unauffälliger in Grasgrün? Oder eine rote Aufdach-Konstruktion, die das Farbspektrum einer Reihenhausbebauung reduziert. Die Firma Sunways aus Konstanz bietet z.B. Produkte mit einer breiten Farbpalette an.

Die Zellen in der Kategorie Multikristallin, 3-Busbar verfügen über folgende Eigenschaften:

- Format: 156 +/-0,5 mm x 156 +/-0,5 mm
- Zellstärke: 200 +/-40 µm
- Temperaturkoeffizienten: Leistung -0,43 %/K

Das Ausgangsmaterial Silizium ist grundsätzlich grau. Die Wafer, Vorprodukte einer Solarzelle, sind entweder polykristallin, damit schattiert-grau, oder monokristallin, damit dunkelgrau. Durch die aufgetragene Antireflexbeschichtung, die nur wenige Nanometer dünn ist und meistens aus Siliziumnitrid besteht, entstehen die verschiedenen Interferenzfarben. Je nach Schichtdicke wird eine andere Tönung erzeugt. Der höchste Wirkungsgrad, also optimale Reflexion, wird bei einer Schichtdicke erreicht, die die prägnante blaue Farbgebung aufweist. Anders farbige Solarzellen haben somit einen geringeren Wirkungsgrad.

Interessant können sie im Bereich der Denkmalpflege sein, da hier die sensible Einbindung im Vordergrund steht.“ ([http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News\\_37154.html](http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News_37154.html), 04.06.2010)

Hersteller: Sunways, Konstanz

## **Solare Kunst -Glasmalerei mit integrierten Solarzellen**

„Sonnenstrahlen einfangen - in der Glasmalerei sorgt dies für atmosphärisch aufgeladene Räume, in der Solartechnik wird damit CO<sub>2</sub>-neutrale Energie erzeugt. Aus der selben Quelle gespeist, kombiniert die amerikanische Künstlerin Sarah Hall diese beiden Disziplinen und integriert Solarzellen in bemalte Verglasungen.

So hat z.B. die Grass Valley Grundschule in der Nähe von Portland/USA eine sowohl farbige als auch lehrreiche Fassade erhalten. Die kanadische Firma Stained Glass Artist integrierte in die Verglasung des Treppenhauses 75 Solarzellen, die an kleine LED-Leuchten angeschlossen sind. Es wird nicht allzu viel Licht produziert, vermittelt aber auf eine besondere Art die technisch einfache Möglichkeit, elektrischen Strom durch Sonnenenergie zu gewinnen.

Weitere dieser solaren Kunstwerke dienen u. a. der Außenraum-Beleuchtung, stehen in Parks und auf öffentlichen Plätzen. Sarah Hall vermittelt mithilfe ihrer Kunstwerke, wie simpel und greifbar regenerative Energie eigentlich ist. Ihre Aufgabenfelder sind neben öffentlichen Gebäuden, Schulen und Museen auch Kirchen und Botschaften. Zudem werden ihre Arbeiten des Öfteren in Ausstellungen gezeigt, u.a. auch in Deutschland.“ ([http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News\\_37154.html](http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News_37154.html), 04.06.2010)

## **Solarglaskollektoren**

„Es gibt auch **Solarglaskollektoren** im Fassadenbereich. In den Scheibenzwischenraum eingebrachte wasserführende Kupferserpentinen nehmen solare Gewinne aus der Fassade auf und dienen gleichzeitig als integrierter Sonnenschutz, indem sie Schatten spenden“ (Mundorff 2009, 3)

## Projekte - DETAIL

-> **X BIPV-Module in Dünnschichttechnologie**

## VI Grüne Fassaden

### Infos / Literatur

Anna Lambertini: Vertikale Gärten. DVA, München 2009

Gödeke, Kerstin: Vertikale Gärten. In: TEC21 – Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, 09/2010 Vertikalgrün

Hartmann Schweizer, Rahel: «Retour à la nature» (Interview Patric Blanc). In: TEC21 – Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, 11/2004

Lambertini, Anna: Artificial Wilderness – Patrick Blanc's Vertical Gardens. In: a+u architecture + urbanism 463/2009, 58 – 113

Patric Blanc: Vertikale Gärten. Die Natur in der Stadt. Eugen Ulmer Verlag. 2009

Schneider, U. / Birnbauer G. / Brakhan, F. et. al.: Grünes Licht - Licht, Luft, Freiraum und Gebäudebegrünung im großvolumigen Passivhauswohnbau. Berichte aus Energie- und Umweltforschung" 03/2006

### Adressen / Hersteller (Auswahl)

#### **Verband für Bauwerksbegrünung (ÖSTERR. WIRTSCHAFTSKAMMER)**

A-1045 Wien, Wiedner Hauptstraße 63, Postfach 351  
0043 (0) 650 63 49 631  
office@gruendach.at  
www.gruendach.at

#### **FBB Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V.**

D-66130 Saarbrücken, Kanalstraße 2  
0049 (0) 681 / 98 80 570  
info@fbb.de  
www.fbb.de

#### **Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung (SFG)**

CH-3661 Uetendorf (Thun), Uttigenstrasse 75  
0041(0) 33/ 223 37 57 (Mobile 0041- 79/ 459 04 50)  
info@sfg-gruen.ch  
www.sfg-gruen.ch

#### **Optigrün international AG**

Niederlassung Österreich  
A-1030 Wien, Landstraßer Hauptstrasse 71/2  
0043 (0) 1 71728-417  
info@optigruen.at  
www.fassadenbegruenung.info; www.optigruen.at

## Projekte / Produkte Österreich (Beispiele)

### **GrünStadtKlima - Optimierung des urbanen Klimas und Wasserhaushalts**

Forschungsprojekt der Universität für Bodenkultur in Kooperation mit dem Verband für Bauwerksbegrünung Österreich):

Forschungsthema / Produkt: „Das Projekt GrünStadtKlima strebt einen Innovations- und Umsatzschub im Bereich der Bauwerksbegrünung und des versickerungsfähigen Wegebau an. Um dieses Ziel zu erreichen, werden landschaftsbauliche, raumplanerische, meteorologische und wirtschaftliche Untersuchungen durchgeführt. Im Zentrum stehen die Verbesserung bestehender Bauweisen für Dach- und Fassadenbegrünungen sowie versickerungsfähiger Wegebeläge und die Entwicklung neuer Bauweisen (z.B. dünnschichtiger pannonischer Dachrasen, bodenungebundene Fassadenbegrünung, Verwendung neuer Zuschlagstoffe).“

([https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt\\_uebersicht?sprache\\_in=de&menue\\_id\\_in=300&id\\_in=8263](https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt_uebersicht?sprache_in=de&menue_id_in=300&id_in=8263), 20.08.2010)

Hersteller / Kontakt

Projektleitung: Florin Florineth

Universität für Bodenkultur, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

A-1190 Wien, Peter Jordan-Straße 82

florin.florineth@boku.ac.at; bernhard.scharf@boku.ac.at

[www.baunat.boku.ac.at/iblb.html](http://www.baunat.boku.ac.at/iblb.html)

### **Vegetationswand - Sanierung eines Pensionistenwohnhauses zum Passivhaus**

Konzept und Ideenskizze zur Sanierung eines Pensionistenwohnhauses in Wien Penzing zum Passivhaus; Bestandsgebäude: 13-geschossiger Stahlbetonbau plus dreigeschossigem Zubau und Untergeschoss aus 1974

Produkt: Eine neue Balkon- und Pflanzenschicht wird als eigenständige Konstruktion vor das Gebäude gesetzt und nur punktuell mit dem Bestand verbunden. In 30 cm Abstand von den Geländern und den bei jeder Wohnung angeordneten Pflanztrögen führen schräge Edelstahlseile als Kletterhilfen für die Pflanzen über die 13 Geschosse hohe Fassade.

Info / Literatur: Schneider, U. / Birnbauer G. / Brakhan, F. et. al.: „Grünes Licht - Licht, Luft, Freiraum und Gebäudebegrünung im großvolumigen Passivhauswohnbau. Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ 03/2006 (<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3606>); Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft;

Forschungsthemen: Optimierung der Belichtung, Luftfeuchtigkeit und, Luftmengenverteilung; wohnungseigener Freiraum, Bauwerksbegrünung, Bewertung der Passivhausmaßnahmen im großvolumigen Wohnbau.

Kontakt

pos architekten ZT KEG

Arch. Dipl. Ing. Ursula Schneider

A-1080 Wien, Maria-Treu-Gasse 3/15

0043 (0) 1 409 52 65

office@pos-architekten.at

[www.pos-architecture.com](http://www.pos-architecture.com)

### **Katalog der Modernisierung**

Forschungsprojekt im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft;

Forschungsthema / Produkt: Fassaden- und Freiflächenmodernisierung mit standardisierten Elementen bei Geschosswohnbauten der fünfziger und sechziger Jahre

Kontakt

Arch. Dipl.-Ing. Maja Lorbek

A-1020 Wien Ennsgasse 5/26

0043 (0) 1-729 10 56

0043 (0) 699 1 526 38 41

maja.lorbek@chello.at

<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3512>



## FRONIUS Revitalisierung Wels – Green Vertical Garden von Patric Blanc

Produkt: Vertical Garden von Patrick Blanc

Im Rahmen der Revitalisierung des Gebäudekomplexes am Standort Wels wurde die westliche Mauer der Lagerhalle mit „150 verschiedene Pflanzenarten und insgesamt rund 7.000 Pflänzchen“ vom französischen Botaniker und Gartenarchitekten Patrick Blanc begrünt. Ein Pflanzenlehrpfad beschreibt die Funktionsweise und einige der Pflanzen dieser Grünoase.

Architekten: PAUAT, Wels

Kontakt:

Fronius International GmbH  
A-4600 Wels, Buxbaumstraße 2  
0043 (0) 7242 - 241 3000  
wels@fronius.com  
www.fronius.com

## Formingruen

Produkt: Produktinnovation für die vertikale Begrünung in Modulform. „Ein sehr leichtes Kompositmaterial in Verbindung mit High-Tec-Fasern ermöglicht die Begrünung von Wandflächen jeder Größenordnung (indoor & outdoor) mit komfortablen Modulen von FORMINGRUEN“.

Kontakt:

FORMINGRUEN GmbH  
A-8230 Hartberg, Ökopark 8  
0043 (0) 3332 – 320 04  
office@formingruen.com  
www.vertical-magic-garden.com

## Einführung

„Grundsätzlich existieren drei Prinzipien, Pflanzen in der Höhe anzusiedeln:

### **1. Bepflanzung mit Selbstklimmern, Rank- oder Schlingpflanzen, die eine Höhe zwischen 10–20 m erreichen können.**

Hier sind kaum bauliche Massnahmen bzw. nur einfache Kletterhilfen notwendig. Die Pflanzen sind meist direkt im Erdreich am Fuss der Fassade gesetzt. Ranken die Pflanzen direkt an der Fassade hoch, können Probleme mit den Haftwurzeln auftreten, da sie auch in kleinste Risse eindringen.

### **2. Punktuell oder in der Fläche aufgestellte Pflanztröge, in denen Pflanzen in Substrat gesetzt sind.**

Das Substrat besteht in der Regel aus Erde oder, bei neuen Systemen, aus adäquaten Ersatzstoffen, die leichter sind und über eine hohe Wasserspeicherkapazität verfügen, wie zum Beispiel Blähton. Diese können sowohl am Fuss der Fassade als auch in der Höhe als modulares System integriert werden.

### **3. Kultivierung von Pflanzen, die ohne Substrat lebensfähig sind.**

Sie gehören grösstenteils der sogenannten Gruppe der Epiphyten an. Epiphyten (grch. epi = auf über; phyton = Pflanze) oder «Aufsitzerpflanzen» finden sich in völlig unterschiedlichen Pflanzengruppen.

Allen gemeinsam ist, dass sie nicht auf dem Boden, sondern auf anderen lebenden oder abgestorbenen Pflanzen wachsen, ohne von diesen zu schmarotzen, und die lebenswichtigen Nährstoffe über ihre Wasserversorgung aufzunehmen. In den gemässigten Breiten sind dies vor allem Algen, Moose und Flechten. Der dünne und sehr leichte Aufbau erlaubt vollflächige Bepflanzungen.“ (Kerstin Gödeke: Vertikale Gärten, TEC 21 / 09/2010)

„Mehrwert: Neben der Ästhetik decken die begrünten Wände auch wichtige Aspekte der Nachhaltigkeit ab. In den heutigen zunehmend dichten Städten wird es immer schwerer, einen Standort für Pflanzen oder Grünflächen zu finden. Das vertikale Grün beansprucht im Vergleich zur bepflanzten Oberfläche nur eine minimale Fläche im Grundriss. Zudem trägt es unter anderem deutlich zur Verbesserung des Kleinklimas, der Rückhaltung von Regenwasser und der Wärmedämmung bei. Unerlässlich ist allerdings konstante Pflege, Aufmerksamkeit und Kontrolle, die je nach Klima, Pflanzenwahl und System mehr oder weniger intensiv ist – in diesem Sinne bleibt das vertikale Grün ein Garten.“ (Kerstin Gödeke: Vertikale Gärten, TEC 21 / 09/2010)

## Sanierung Koreanischer Geschoßwohnbauten

Forschungsprojekt der TU-Darmstadt in Kooperation mit KICT Korea Institute of Construction Technology, Seoul, Korea

Gebäudetyp: Geschoßwohnbauten aus den 1970er-Jahren (Satellitenstädte außerhalb der Großstadtzentren)

Adresse / Standort: Seoul, Korea

Baujahr / Errichtung: 1970er-Jahre

Baukonstruktion Bestand: Ortbetonbauweise

Modernisierung / Sanierung: Forschungsprojekt 2006 abgeschlossen, 2007 wurde ein 1:1 Modell am KICT im koreanischen Klima erprobt, danach sollte ein Gebäude als Prototyp saniert werden, bisher allerdings kein Prototyp realisiert.

Vorgaben: Satellitenstädte in Seoul aus den 70er-Jahren, außerhalb der Großstadtzentren, baukonstruktive und bauphysikalische Mängel (Wärmebrücken auskragender Balkone etc.), stark verdichtet, wenig Freiflächen, fast 100% Flächenversiegelung – daher starke Überhitzung des Stadtklimas;

Klima: extrem schwankend mit extrem hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit im Sommer, im Winter längere Zeit hindurch um  $-10^{\circ}\text{C}$

traditionelle Bauweise: Balkon- und Verandazonen rund um das Gebäude – Aufenthaltsbereich in der warmen Jahreszeit;

Sanierungsziele: 50.50.50: 50% Energieeinsparung im Vergleich zum Bestand, 50% Verwendung von Recyclingfähigen Materialien, 50 Jahre Haltbarkeit der neuen Konstruktion;

Schaffung von vertikalen Retentionsflächen und Fassadenbegrünungssysteme an den fensterlosen Fassaden der Wohnhäuser (im Sommer erhebliche Niederschlagsmengen)

### Produkt

Sanierungsmodule: „Systemrahmen der vor dem Balkonbereich an der Außenkante des Gebäudes als neue Fassadenkonstruktion befestigt werden soll, damit wird eine neue, dichte, thermische Gebäudehülle geschaffen, mit der die Wärmebrücken der auskragenden Balkone und aller Fensteranschlüsse innen überdeckt werden; Systemrahmen wurde als modulare Grundkonstruktion zur Verkleidung der gesamten Fassade entwickelt und kann sowohl mit offenbaren Fensterelementen, Festverglasungen oder transparenter Wärmedämmung als auch opaken Fassadenteilen bis hin zu begrünten Elementen bestückt werden; Zusatzbauteile wie Sonnenschutz oder Geländer sind ebenfalls austauschbar und können nach Bedarf hinzugefügt werden. Nicht zuletzt durch die Möglichkeit des einfachen Austauschs der Einbauelemente von innen ist eine lange Lebensdauer der Grundkonstruktion, eine Modernisierung in der Zukunft und ein einfaches Recycling möglich. Aus dem Prinzip des Systemrahmens wurden zusätzlich begrünte Fassadenelemente entworfen, die ebenfalls modular in die vorgefertigten Rahmen eingesetzt und vor fensterlose Fassadenflächen montiert werden sollen.“ (Volkwein / Petzinka: db 10/2007, 72-74)

### Begrünte Fassadenmodule:

Bepflanzung: Pflanzen die im koreanischen Gebirge vorkommen und mit sehr kargen Wuchsuntergründen auskommen, wie Moose oder Sediumarten (möglichst wartungsfreie Fassadenbegrünung die unabhängig von Pflanzuntergründen auf dem Boden und der Fassade wachsen kann, frostresistent, windsicher und anspruchslos)

Untergrund: anorganisches Substrat mit maximalem organischen Anteil von 10 % um die Drainagefähigkeit des Wuchsuntergrundes zu gewährleisten;

Wasserzufuhr: Wasser wird zugeführt über einen Niederschlagsspeicher auf dem Dach (auch Nachdüngung aus dem Niederschlagsspeicher); in der Fassade ist der Wasserspeicher als Mineralfasermatte ausgebildet die das Substrat durch direkten Kontakt befeuchten und auch die Niederschlagsretention gewährleisten soll.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: KICT Korea Institute of Construction Technology, Seoul, Korea

ArchitektInnen / Projektleiter: Jürgen Volkwein, LANG+VOLKWEIN Architekten und Ingenieure; Forschungsprojekt der TU-Darmstadt in Kooperation mit KICT Korea Institute of Construction Technology, Seoul, Korea

### Infos

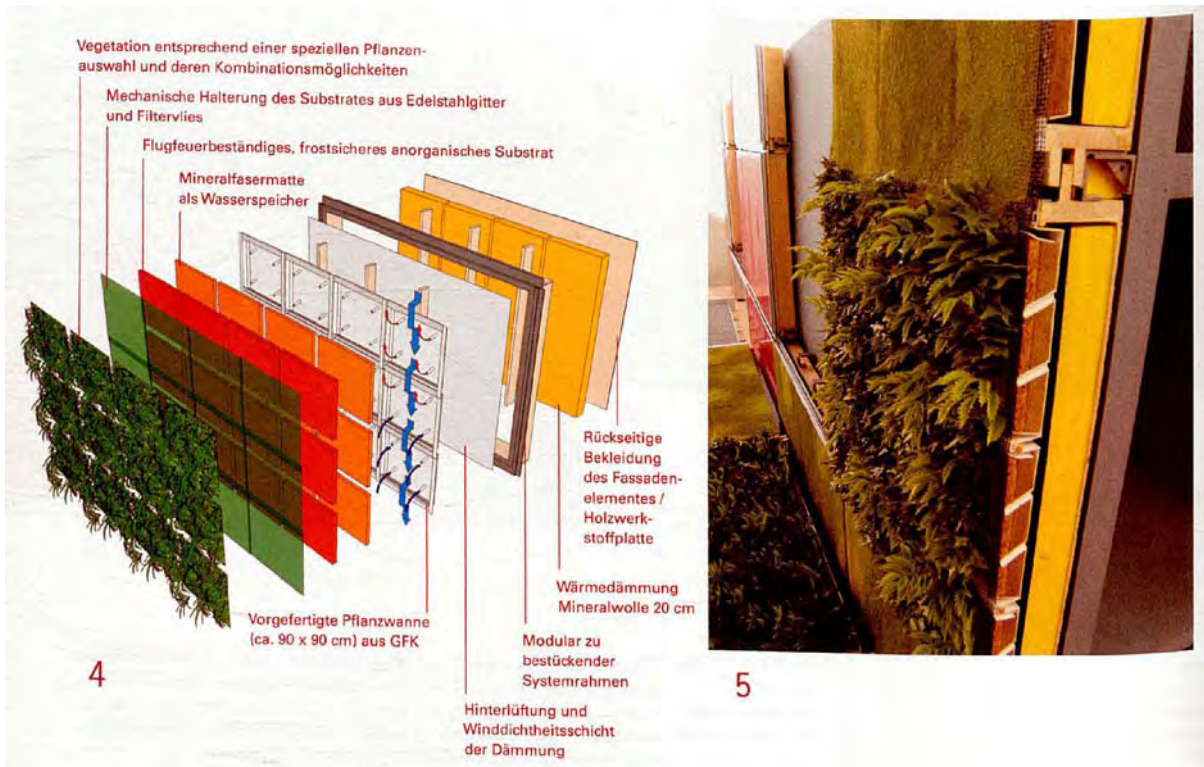
TU-Darmstadt, Fachbereich Architektur, Entwerfen und Gebäudetechnologie:  
Forschungsprojekt "Entwicklung von zweischaligen Fassadenkonstruktionen und Wandbegrünungssystemen für den koreanischen Geschosswohnungsbau"  
in Kooperation mit KICT Korea Institute of Construction Technology, Seoul, Korea  
Fertigstellung Juli 2004; www.techno.architektur.tu-darmstadt.de

Volkwein, Jürgen / Petzinka Karl-Heinz: 50.50.50. Forschungsprojekt zur Sanierung koreanischer Geschosswohnbauten. In: db-deutsche bauzeitung 10/2007, 72-74

### Kontakt

Jürgen Volkwein, Diplom-Ingenieur (TU) . Architekt  
LANG+VOLKWEIN Architekten und Ingenieure  
D-64293 Darmstadt, Liebigstraße 54  
info@Lang-Volkwein.de  
www.Lang-Volkwein.de

### FOTOS



**Geschosswohnbauten in Korea:** Geschosswohnungsbauten in Seoul, begrünte Fassadenmodule.  
Fotos © TU-Darmstadt

## HF-Vegetationswand; Forster Baugrün AG, Kerzers

### Produkt

#### HF-Vegetationswände

„... aufbauend auf einem System zur Dachbegrünung entstanden die »HF-Vegetationswände«: Nach Montage der vorgefertigten, feuerverzinkten Stahlelemente mit vollflächiger Rückseite auf ein Stahlgerüst werden diese nach und nach mit Pflanzen und Substrat gefüllt. Gleichzeitig eingesetzte Querlamellen geben Halt.“ (Kerstin Gödeke: Vertikale Gärten, TEC 21 / 09/2010)

„Unter der Berücksichtigung der speziellen Standortansprüche der Pflanzen können mit Hilfe dieses Systems vielseitige, in die Vertikale gehende Begrünungen mit Stauden, Zierpflanzen und sogar Gehölzen realisiert werden. Je nach bezweckter Gestaltung können Planer mit einer Fülle von blühenden Stauden, unterschiedlichsten Texturen und Strukturen der Blüten, Blätter und Wuchsformen spielen. Die HF-Vegetationswand findet dabei verschiedenste Anwendungsgebiete wie z. B. als ästhetische Aufwertung von Fassaden, als Lärmschutz, als Torbegrünung, als Sichtschutz und Abtrennung von Gartenteilen usw. Die Verwendung der HF-Vegetationswand ist zudem nicht auf den Aussenraum begrenzt, sondern kann zur ästhetischen Aufwertung von z. B. Bürogebäuden auch im Innenbereich zur Anwendung kommen.

Ein System mit System

Die aus feuerverzinktem Stahl gefertigte und mit dem HF-Substrat befüllte Vegetationswand kann als fertig bepflanzte Wand geliefert oder vor Ort bepflanzte werden. Die Integration einer vollautomatischen Bewässerung oder einer Beleuchtung stellt beim Vorhandensein der technischen Voraussetzungen (Wasser und Stromanschluss) kein Problem dar. Damit die Baugrün AG einen Begrünungserfolg und den richtige Einsatz der HF-Vegetationswand garantieren kann, müssen schon bei der Planung die vorgesehene Verwendung, der Standort (möglichst mit Plänen und Fotos dokumentiert), die Befestigungsgrundlage mit Angabe des Materials, die statischen Voraussetzungen, die Wasserbezugs- und abflussmöglichkeiten, gegebenenfalls die Möglichkeit der Stromversorgung sowie natürlich die Wünsche über die Art der Begrünung und das gestaltete Bild durch den Planer, Landschaftsgärtner oder Bauherrn bekannt gegeben werden.“ (Simone Siemens, g´plus – die Gärtner-Fachzeitschrift 10/2009, 18 – 19)

Standardmasse: Höhe 90 oder 180 cm, Breite 120 cm, Tiefe 12.5 cm

Gewicht: in bepflanztem, wassergesättigtem Zustand bei 150 kg/m<sup>2</sup>

Material: feuerverzinktes Stahl

Be- und Entwässerung: integriert, Bedienung automatisiert oder auch per Hand

Montage: freistehend oder an einer Wand montiert

Lebensdauer: 20 Jahre (gemäss Angaben der Baugrün AG)

Hersteller: Baugrün AG, Kerzers

### Um- und Neubau eines Wohn- und Geschäftshauses in der Berner Altstadt

Gebäudetyp: Wohn- und Geschäftshaus

Adresse / Standort: Berner Altstadt

Baujahr / Errichtung: k. A

Baukonstruktion Bestand: k. A

Modernisierung / Sanierung: „Beim Um- und Neubau eines Wohn- und Geschäftshauses in der Berner Altstadt spannt sich zwischen Vorder- und Hinterhaus ein schmaler Innenhof auf. Diesen versteckten Ort nutzten BSR Bürgi Schärer Raaflaub Architekten aus Bern in Zusammenarbeit mit dem Landschaftsarchitekten David Bosshard, Bern, für eine grüne Inszenierung der Brandmauer (Abb. 3–5). Die Vegetationswand besteht weitgehend aus den standardisierten Pflanzgefässen der Firma Forster und wird automatisch bewässert. Die seitlichen Einfassungen, die Unterkonstruktion sowie die begehbaren Sprossen wurden speziell für das Projekt entwickelt. Die Vegetationswand ist mit immer- und wintergrünen sowie saisonalen Pflanzenarten bestückt, die zusammen eine flächendeckende Grundbepflanzung mit üppigen Akzenten bildet. Hierzu gehören verschiedene Farne und Gräser durchmischt mit Stauden, die in einem Blau-Lila-Rosa-Farbspektrum blühen, wie Bergenieen, Prachtspieren und Kaukasus- Vergissmeinnicht. So zeigt sich während des ganzen Jahres ein lebendiges Gesamtbild, das dem kleinen Hof eine eigene Identität verleiht, die dank grossen Fensteröffnungen bis in die Innenräume ausstrahlt.“ (Kerstin Gödeke: Vertikale Gärten, TEC 21 / 09/2010)

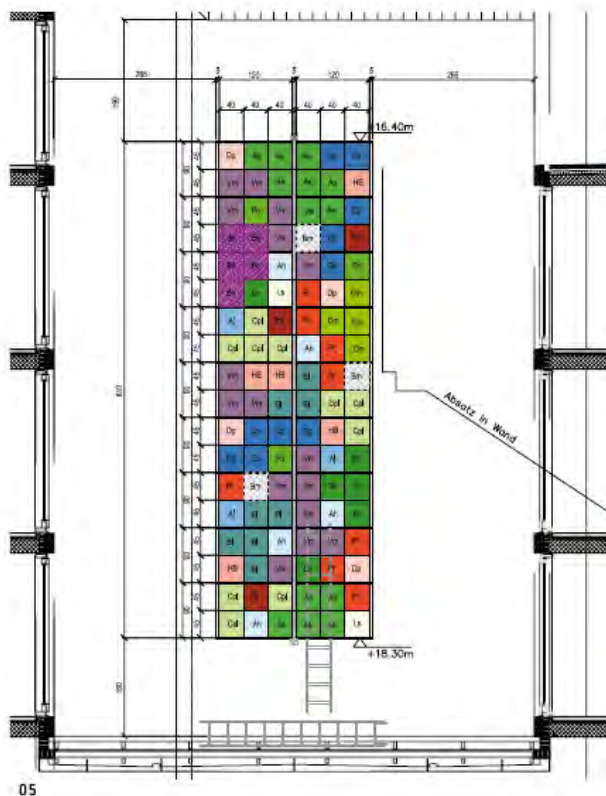
Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: IG Scholl AG, Familie Busato, Bern

ArchitektInnen / Projektleiter: BSR Bürgi Schärer Raaflaub Architekten, Bern;

Landschaftsarchitekten: David Bosshard, Bern;

Begrünungssystem: Forster Baugrün AG, Kerzers

FOTOS



Farne

-  *Polystichum setiferum*,  
Grannen-Schildfarn
-  *Dryopteris wallichiana*,  
Schwarzschuppenfarn
-  *Blechnum spicant*,  
Rippenfarn
-  *Asplenium scolopendrium*,  
Hirschschnitzfarn

Gräser

-  *Carex morrowii*  
„Ice Dance“,  
Japansegge
-  *Carex plantaginea*,  
Breitblatt-Segge
-  *Luzula sylvatica*,  
Wald-Hainsimse

Stauden

-  *Anemone hepatica*,  
Herbstanemone
-  *Astilbe japonica*  
Deutschland, Pracht-  
spiere
-  *Bergenia cordifolia*,  
Herzblättrige Bergenie
-  *Brunnera macrophylla*,  
Kaukasus-Vergiss-  
meinicht
-  *Campanula poscharskyana* „Blauranke“,  
Dalmat. Glockenblume
-  *Damara petata*,  
Schildblatt
-  *Hosta „Blue Cadet“*,  
Funkie
-  *Paelysandra terminalis*,  
Dickmännchen/  
Japanischer Ysander
-  *Phuopsis stylota*  
Rosenwaldmeister
-  *Vincetoxicum*  
Kleines Immergrün

Um- und Neubau in der Berner Altstadt: HF-Vegetationswand, schmale Hofsituation mit vertikalem Garten; Ansicht Brandmauer mit Pflanzplan (Plan: BSR Architekten & David Bosshard, Bern)  
Fotos © Alexander Gempeler, Bern

## Verwaltungsgebäude Edipresse (NEUBAU)

Gebäudetyp: Bürogebäude

Adresse / Standort: Lausanne

Baujahr / Errichtung: k. A.

Baukonstruktion Bestand: Natursteinfassade (Neubau)

Neubau der Firma Edipresse in Lausanne: das gleiche System wurde in Form von vegetativen Schmuckbändern eingesetzt. In der Natursteinfassade ersetzen zwei vertikale Reihen von ca. 7 m Länge die bepflanzten Stahlelemente. Sie sind hauptsächlich mit der Japansegge «Ice Dance» bepflanzt, durchsetzt von einer kleinen Ahornart, Funkien und Farnen.

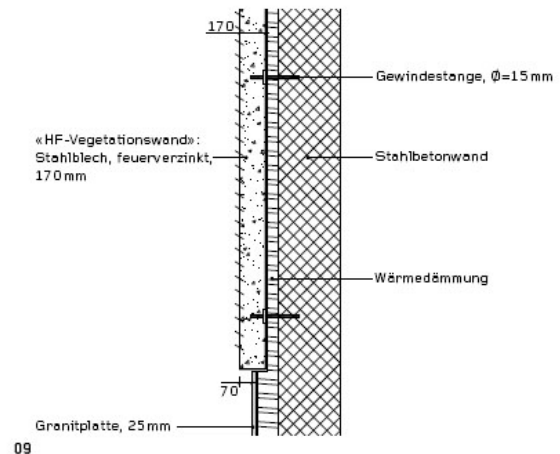
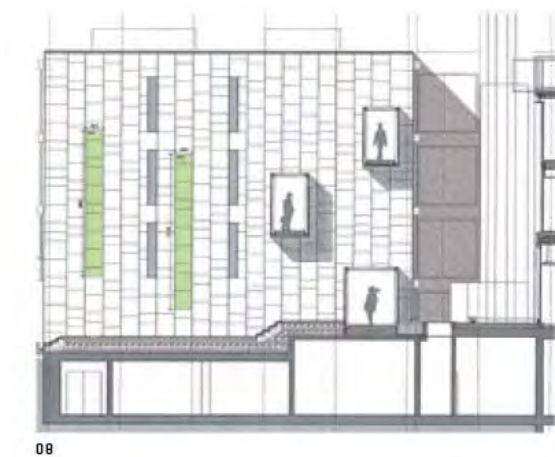
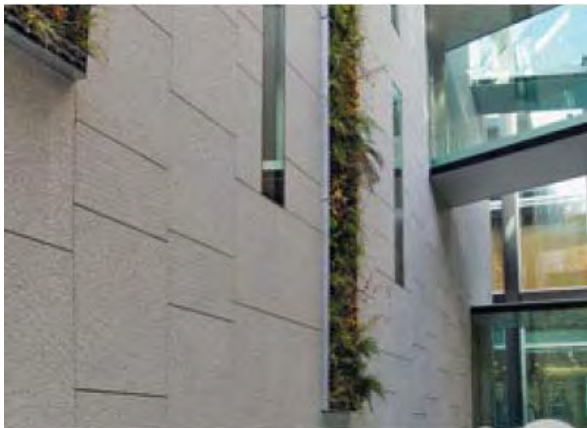
Architektur: Architram SA, Renens;

Landschaftsarchitektur: Hüsler & Associés, Lausanne;

Begrünungssystem: Forster Baugrün AG, Kerzers

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Edipresse, Lausanne

### FOTOS



**Verwaltungsgebäude Edipresse, Lausanne:** in die Natursteinfassade integrierte Grünstreifen, Fassadenschnitt.

Fotos © Hüsler & Associés, Lausanne

### Weitere Referenzprojekte:

Musterwände in Golaten in der Baumschule der Alfred Forster AG

### Infos

Gödeke, Kerstin: Vertikale Gärten. In: TEC21 – Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, 09/2010 Vertikalgrün

Siemens, Simone: Die HF-Vegetationswand. Grün-bunte Pflanzenwände. In: Garten-/Landschaftsbau, g´plus – die Gärtner-Fachzeitschrift 10/2009, 18 – 19

### Kontakt / Hersteller

Forster Baugrün AG  
CH-3210 Kerzers, Kerzersstr.  
0041 (0) 31 755 67 07  
info@forsterbaugruenag.ch  
Vertrieb: TERRA LINEA, D.Turtschi Gartenbau  
CH-3292 Buswil b. Büren, Murgasse 3 (Postfach 133)  
0041 (0) 79 311 18 64  
info@terralinea.ch  
<http://www.terralinea.ch/produkte.html>

## „MUR Végétal“, Patrick Blanc

### **Produkt**

Das Bepflanzungssystem „MUR Végétal“ wurde in den 1980er-Jahren von dem Botaniker Patrick Blanc entwickelt und patentiert. Es funktioniert nahezu ohne Erde und heißt daher auch „Verfahren zur Kultivierung von Pflanzen ohne Substrat auf vertikalen Flächen“. Die Wurzeln entwickeln sich auf einer dünnen Schicht Vlies und nicht in einem Substratkörper.

### Beschreibung:

„Der Grundaufbau besteht in der Regel aus einem Metallgerüst, das direkt an der Stützmauer befestigt wird und eine stetige Luftzirkulation ermöglicht. In diesem Metallraster liegen 10 mm dicke Hartschaumplatten. Sie dienen als Träger für die in zwei Schichten darüber gespannten 3 mm starken Filzlagen. Die Pflanzen werden durch Schnitte in der ersten Lage hineingeschoben und wachsen zwischen den beiden Filzschichten. Die Bewässerung erfolgt mit einem perforierten Kunststoffrohr, das waagrecht am oberen Ende der grünen Wand angebracht ist. Die Pflanzen stützen durch die Ausbildung von Wurzeln die Tragkonstruktion mit, sodass der Aufbau ca. 30 kg/m<sup>2</sup> wiegt.“ (Kerstin Gödeke: Vertikale Gärten, TEC 21 / 09/2010)

“The Vertical Garden is composed of three parts: a metal frame, a PVC layer and a layer of felt (Filz). The *metal frame* is hung on a wall or can be self-standing. It provides an air layer acting as a very efficient thermic and phonic isolation system.

A 1 cm .-thick *PVC sheet* is riveted to the metal frame. This layer brings rigidity to the whole structure and makes it waterproof.

A *felt layer*, made of polyamide, is stapled on the PVC. This felt is rotproof and its high capillarity allow an homogeneous water distribution. The roots grow on this felt.

Plants are installed on this felt layer as seeds, cuttings or already grown plants. The density is about thirty plants per square meter.

The *watering* is provided from the top. Tap water must be supplemented with nutrients.

Watering and fertilisation are automated. The whole weight of the Vertical Garden , including plants and metal frame, is lower than 30 kg per square meter. Thus, the Vertical Garden can be implemented on any wall, without any size or height limitation.”(Patrick Blanc: Mur Vegetal;

<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>, 16.05.2010)

### **Mercator Sportplaza (Sportkomplex), Amsterdam**

Gebäudetyp: Multifunktionaler Sportkomplex

Adresse / Standort: De Baarsjes, Amsterdam

Baujahr / Errichtung: 2006

Idee: ethnische und kulturelle Referenzen zu vermeiden (multikultureller Bezirk mit einigen sozialen Problemen).

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Sportfondsenbad Nederland, Amsterdam; Gemeente Amsterdam

ArchitektInnen / Projektleiter: Architektur: Venhoevens CS, Amsterdam; Begrünungssystem: Copijn, Utrecht

### **Produkt**

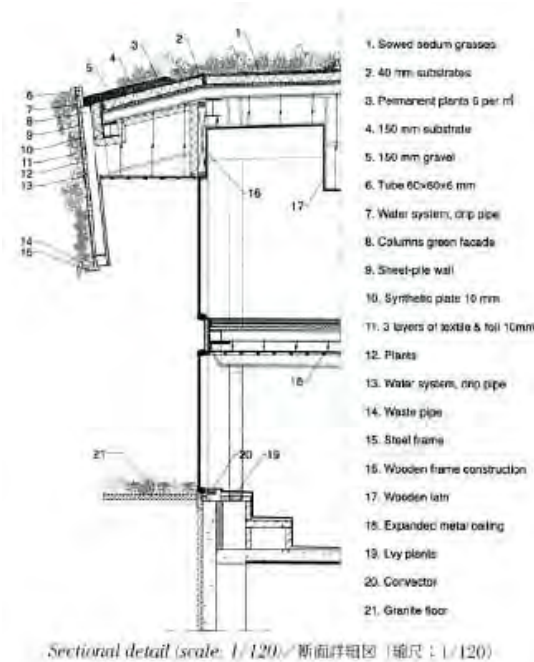
Creaplant / System «Wonderwall», in den Niederlanden nach dem System von Patric Blanc entwickelt: „Der technische Grundaufbau besteht aus einer Basiskonstruktion aus rostfreiem Metall, einer mehrschichtigen Vegetationsmatte und integrierten Bewässerungsleitungen. Vorkultivierte Pflanzen werden mit Wurzelballen in Taschen der Vegetationsmatten gesetzt. Das Gewicht liegt in unbewässertem Zustand bei 30 kg/m<sup>2</sup>. Bisher wurde dieses System vornehmlich im Innenraum

angewendet – in der Schweiz beispielsweise in den Innenräumen von HydroLab in Zürich. Der Einsatz ist aber auch im Aussenraum ohne weiteres möglich, wie das Projekt Mercato Sportplaza in Amsterdam zeigt .(Kerstin Gödeke: Vertikale Gärten, TEC 21 / 09/2010)

FOTOS



**System „Wonderwall“:** Systemschnitt, Innenraumbegrünung im HydroLab in Zürich. Plan + Foto © Creaplant, Gerlafingen



**Mercator Sportplaza, Amsterdam:** Filzsubstrat vor und nach der Begrünung, Fassadenschnitt und Rendering. Fotos © Luuk Kramer, Amsterdam



### **Weitere Referenzprojekte (Auswahl)**

*Housing. Mountain Dwelling*, Orestad in Kopenhagen, Dachbegrünung

*Shop Seoul*, Süd Korea

*Land Guangnanmen Green Technology Showroom*, Beijing, China 2008 (Konzept: "temporary" – einfach wieder abzubauen und wiederverwendbar)

*Black Box*, Delft, Niederlande 2007

#### Infos

Gödeke, Kerstin: Vertikale Gärten. In: TEC21 – Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, 09/2010 Vertikalgrün

Lambertini, Anna: Artificial Wilderness – Patrick Blanc's Vertical Gardens. In: a+u architecture + urbanism 463/2009, 58 – 113

Patrik Blanc: Mur Vegetal

<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>, 16.05.2010

#### Kontakt

<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>

[info@murvegetalpatrickblanc.com](mailto:info@murvegetalpatrickblanc.com)

## **Ruderafassade Prototyp – „Woodstock“, Swissbau 2010**

Gebäudetyp: Pilotbau / Ausstellungshalle

Adresse / Standort: Basel

Baujahr / Errichtung: 2010, Testwand installiert die sich noch in der Erprobung befindet

Baukonstruktion Bestand: Holzkonstruktion

ArchitektInnen / Projektleiter / Planung: Artevetro Architekten (Felix Knobel), Basel; Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)

#### **Produkt**

neue Technik zur Fassadenbegrünung die auf der Swissbau 2010 vorgestellt wurde; entwickelt in Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil

**Aufbau**: Zweilagige Kautschukplane mit eingeschnittenen Taschen für Humussubstrat; wasserführende Ebene zwischen Gummihaut und dem dahinter liegenden Aeorgelvlies (Vlies ist absolut wasserdicht und verhindert Durchwurzelung), Taschen für die Aufnahme der Pflanzen sind aus Geotextil und in die Gummihaut eingeklemmt, zusätzlicher Kälte- und Überhitzungsschutz durch drei Lagen Geotextil, Pflanzen wachsen in einem Humussubstrat (Substrat aus rezyklierten Tonscherben) auf einer Lage Geo-Humus als Wasserspeicher (ca. 20 cm). Bewässert wird die vertikale Begrünung durch zwischen die Plane geleitetes Regenwasser. Klima- und artgerechte Pflanzen sollen selbst die Hauswand erobern (natürlicher Pflanzenwuchs)

#### **Wandaufbau:**

- Buche Massiv 100mm
- Aerogel-Hochleistungsdämmung 10mm
- Mineralwolle-Dämmung 100mm
- Mineralwolle-Dämmung 120mm
- Lattung 48/48
- Aerogel-Hochleistungsdämmung 10mm
- EPDM-Folie, zweilagig, mit Taschen zur Begrünung (schwarze Kautschukhülle)

#### Infos / Literatur

TEC21 – Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, 09/2010 Vertikalgrün, 10

#### Kontakt

artevetro architekten ag

Felix Knobel, dipl. Arch. ETH/SIA

CH-4053 Basel Münchensteinerstrasse 210

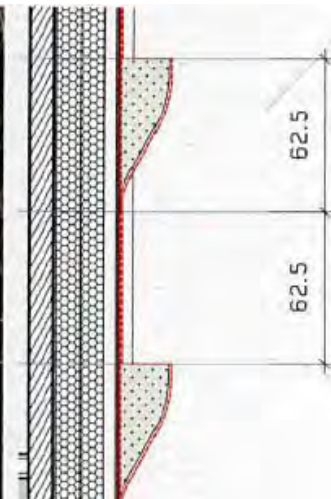
CH-4410 Liestal, Grammetstrasse 14

0041 (0) 61 927 55 22

[info@artevetro.ch](mailto:info@artevetro.ch)

[www.artevetro.ch](http://www.artevetro.ch)

FOTOS



- Wandaufbau**
- Buche massiv 100 mm
  - Aerogel-Hochleistungs-dämmung 10 mm
  - Mineralwolle Dämmung 100 mm
  - Mineralwolle Dämmung 120 mm
  - Lattung 48/48 mm
  - Aerogel-Hochleistungs-dämmung 10 mm
  - EPDM-Folie, zweilagig, mit Taschen zur Begrünung



**Ruderalfassade, Woodstock Ausstellungshalle:** Prototyp der mit Winterjasmin beplanteten Folienfassade, Fassadenschnitt, Detailfoto, Ausstellungshalle Woodstock, swissbau. Foto / Grafik © Contec; Artevetro Architekten

## Green-Screen-Fassade – Schulzentrum Obernai

Gebäudetyp: Schulzentrum

Adresse / Standort: Obernai, Elsass, Frankreich

Baujahr / Errichtung: 2004

Baukonstruktion Bestand: Ein- bis zweigeschossige Gebäuderiegel in Holzkonstruktion

Modernisierung / Sanierung: Neubau

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: k. A.

ArchitektInnen / Projektleiter: Duncan Lewis / Scape Architecture, Hugues Klein, Pierre Baumann,

### Produkt

Vor der Fassade vorgehängte Stahlrahmen, im Abstand von vierzig Zentimetern, mit Rankpaneelen aus verzinkten Gittern und Rankelementen; rund 80mm dicke und 60 mal 120 cm große substrathaltige Fassadenplatten mit typischen Pflanzen einer extensiven Dachbegrünung (Moose, Sukkulenten, Flechten); herkömmliche Elemente einer Dachbegrünung wurden vertikal eingebaut; leichtgewichtige Elemente einer extensiven Begrünung gewählt um teure und schwere Unterkonstruktion vermeiden; „verzinktes Streckmetall über dem Substrat in Kunststoffwannen verhindert, dass die Bepflanzung abrutscht oder weggespült wird, Bewässerungsschläuche versorgen vom Dach aus die Pflanzen.“

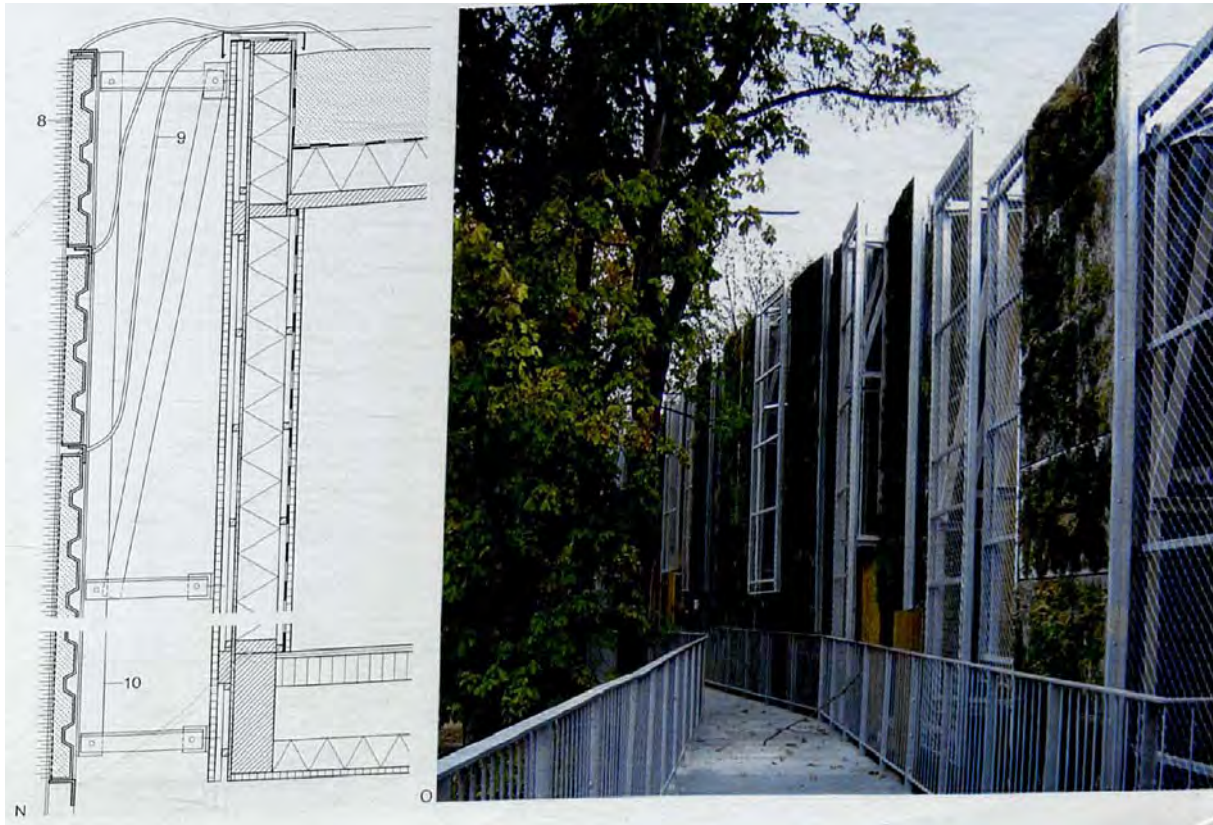
Infos / Literatur

Bernhard Weller, Susanne Rexroth: Material wirkt – Neue Entwicklungen an der Fassade. In: DETAIL 11/2005, 1292 – 1298

Kontakt

Duncan Lewis / Scape Architecture  
www.duncan-lewis.com

FOTOS



**Schulzentrum Obernai, Frankreich:** Fassadendetail, Fassadenpaneele mit extensiver Begrünung.  
Plan/Foto © Duncan Lewis / Scape Architecture

## **VII Multifunktionale Intelligente Fassaden: adaptive Hüllen / Glastechnologie / Medienfassaden / Biokunststoffe**

### Infos / Literatur

Brandi, Ulrike: Tageslichtlenkung. In: DETAIL 04/2004, 368 – 373

Czaderski, Christoph / Motavalli, Masoud: Formgedächtnislegierungen im Bauingenieurwesen – eine Vision. In tec21, 19/2003, 10 – 13

Henning Braun, Dirk: Adaptive Gebäudehüllen aus der Natur und Technik. In: SKIN 02/Okt.2005, Architektur und Bauforum. 10 – 23

Hülsmeier, Frank / Petzinka, Karl-Heinz: Sanierung der Gebäudehülle. In: DETAIL 06/2001, 1084 – 1093

Liedl, Petra: Variable Gebäudehülle. In: SKIN 01/Mai.2007, Architektur und Bauforum. 10 – 17

Lübben, Jörn: Funktionale Fasern und Textilien. An der Empa werden neue textile Materialien für das Bauwesen entwickelt. In: tec21, 41/2005. 10 – 13

Meier, Urs: Auf dem Weg zu intelligenten Baumaterialien. Adaptive Werkstoffe – Eine aktuelle Übersicht. In: tec21, 19/2003, 6 – 9

Rexroth, Susanne: Kunststoffzeit. Kunststoffe als Multifunktionale (Bau)Werkstoffe. In: db-deutsche bauzeitung 08/2008, 68-71

Schürer, Oliver / Tscherteu, Gernot: Hybride aus Gebäude und Display. In SKIN 02 (Architektur und Bauforum), Okt. 2008. 10 – 19

Weller, Bernhard / Rexroth, Susanne: Material wirkt – Neue Entwicklungen an der Fassade. In: DETAIL 11/2005, 1292 – 1298

Yordanova, Mariana: Digitale Fassade. In DETAIL 12/2007 Digital Details  
(<http://detailtopics.de/energie-nachhaltigkeit/technik-baustoffe/fassaden/medienfassaden>, 14.06.2010)

### Adressen / Hersteller (Glastechnologie)

#### **VETROTECH Saint-Gobain Central & Eastern Europe**

A-4400 Steyr, Siegfried-Marcus-Straße 1, Österreich

0043 / 7252 / 90 90 90

InfoVSGC.vetrotech@saint-gobain.com

www.vetrotech.at

Produkt: Glastechnologie

#### **Interpane Glas Industrie AG / Isolierglas**

Interpane Glas Industrie AG

D-37697 Lauenförde Postfach 11 20

0049.5273.809-0

ag@interpane.com

Produkt: Glastechnologie, Isolierglas

### **Seves Glassblock / Solaris Glasstein**

I-50141 Firenze, Via Reginaldo Giuliani, 360

0039 (0) 55 449 51

info@sevesglassblock.com

www.seves.com; <http://www.sevesglassblock.com/de/index.php>

Produkt: Energy Saving Glasbausteine: „Seves glassblock präsentiert die innovative Technologie "ENERGY SAVING", die den Wärmedurchgangskoeffizienten des klassischen Glassteins halbiert und es gestattet, architektonische Fassaden im Zeichen der Erhaltung der Umwelt und des Energiesparens zu bauen.“

### **ECKELT GLAS GMBH**

A-4400 Steyr, Resthofstraße 18

0043 (0) 7252 894 0

office@eckelt.at

www.eckelt.at

Produkt: Glastechnologie, DLS ECKLITE SC - Isolierglas mit Sonnen- und Blendschutz, energieoptimiertes Glas.

ECKLITE EVOLUTION: Synergie aus aktiver Lichtlenkung und variablem Sonnenschutz im Isolierglas. DLS ECKLITE EVOLUTION integriert im Scheibenzwischenraum zwei unterschiedliche, elektrisch betriebene Lamellenbehänge. Im Oberlichtbereich mit konkavem Querschnitt für eine aktive Lichtlenkung und im Sichtbereich mit konvexem Querschnitt mit effizienter Sonnen- und Blendschutzwirkung. Bei entsprechenden Außenlichtverhältnissen kann wahlweise der Sichtbereich bzw. der Sichtbereich und der Oberlichtbereich hochgezogen, und damit eine freie Durchsicht erzielt werden. ([http://www.eckelt.at/de/produkte/sonnenschutz/dls\\_ecklite\\_sc/index.aspx](http://www.eckelt.at/de/produkte/sonnenschutz/dls_ecklite_sc/index.aspx))

### **Solarlux Aluminium Systeme GmbH**

D-49143 Bissendorf, Gewerbepark 9-11

info@solarlux.de

<http://www.solarlux.de>

Produkt: SOLARLUX – Balkon und Fassadenverglasungen

Beispiel: vorgefertigte Fassadenverglasung für die Sanierung eines mehrgeschossigen Plattenbauwohnhauses (plattenbau Typ WB S 70, Baujahr 1980); Loggienverglasung wurde als freitragende Konstruktion vor die Lochfassade des Plattenblocks installiert, der Bau wurde per Laser vermessen, die Masse für die Module ermittelt, die Verankerungspunkte vorgegeben und die Module in der Halle komplett vormontiert, alle Module konnten in zwei Tagen an der Fassade montiert werden; Balkonverglasung SL 60e: Aluminium, wärmegeklämt nach neuester EnEV  
Die SL 60e entspricht den strengen Anforderungen der Energie-Einsparverordnung. Als Standardverglasung wird Wärmeschutzglas verwendet, im Inneren der Aluminium-Profile ist ein 24 Millimeter starker Schaumkern verantwortlich für die außergewöhnlich hohe Wärmedämmung.  
Balkonverglasung SL 35, Aluminium, ungedämmt: Die SL 35 bietet hohen Bedienkomfort. Eingesetzt als Balkonverglasung besticht sie mit ihren schmalen Rahmen- und Flügelprofilen (Flügelstoß 100 mm) bei gleichzeitig hoher Stabilität. Zudem ist sie auch mit Fest- und Drehkipp-Elementen des Systems SL 45 kombinierbar.

### **OKALUX GmbH**

D-97828 Marktheidenfeld, Am Jöspershecklein 1

0049 (0) 93 91 900-0

info@okalux.de

www.okalux.de

Produkt: OKALUX – Glassysteme

*„Kapillarsysteme*

OKALUX-Isoliergläser mit Kapillareinlagen sind wahre Multitalente. Sie streuen das Tageslicht tief in den Raum und bieten zugleich sehr guten Sonnen- und Blendschutz. *Jalousien-/ Lamellensysteme:* OKAFLEX - das Jalousiensystem im Scheibenzwischenraum. Es bietet alle bekannten Funktionen einer herkömmlichen Jalousie. Variable Einstrahlung, präzise Tageslichtsteuerung und Sonnenschutz in Verbindung mit Blend- und Sichtschutz.

OKASOLAR steht für ein lichtlenkendes Sonnenschutzisolierglas mit starren Komponenten.

### *Digitaldruck / Lackierungen*

OKACOLOR steht für eine neuartige digitale Drucktechnologie auf Glas. Profitieren Sie von einer fotorealistischen Bildwiedergabe und der unvergleichlich hohen Farbbrillanz. OKACOLOR eröffnet Ihnen grenzenlose Möglichkeiten der Glasgestaltung, innen und außen.

### *Design- und Funktionssysteme*

*OKACELL ist eine der zwei Neuentwicklungen von OKALUX GmbH. Diese Isolierverglasung mit Photovoltaikmodulen im Scheibenzwischenraum besticht durch äußerst individuelle Gestaltungsmöglichkeiten: Zur Auswahl stehen nicht nur Solarzellen in unterschiedlichen Farben und Lochmustern, auch die Gläser können optimal an die Wünsche des Architekten angepasst werden. Möglich sind beispielsweise die Integration von Solarzellen und licht-streuenden Kapillar-einlagen in der Verglasung, das Bedrucken der Verglasung und natürlich individuelle Scheibenformen. Zudem sind die Photovoltaikmodule variabel schaltbar.“ (<http://www.okalux.de/de/produkte/systeme>, 15.06.2010)*

### **FLABEG Holding GmbH**

D-90441 Nürnberg , Waldaustr. 13

0049 (0) 911 96456-0

info@flabeg.com

www.flabeg.com

Produkt: Elektrochrome Isoliergläser: Elektrochrome Isoliergläser verfügen über eine variable Transmission: ihr Licht und Energieeinfall in den Raum ist nach Bedarf steuerbar, die Verglasung lässt sich im Tages- und Jahresverlauf wechselnd den jeweils äußeren Bedingungen optimal anpassen; die variable Transmission wird durch geringe elektrische Spannungsimpulse angeregt. (DETAIL 7/1998, 1312: Elektrochrome Isoliergläser)

### **Saint-Gobain Isover G+H AG**

D - 67059 Ludwigshafen, Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1

0049 (0) 621 / 501 200

dialog@isover.de

www.isover.de

Produkt: G+H ISOVER / Optatec-Fassadensystem (zur Sanierung)

System: vorgehängte hinterlüftete Glasfassade

Aufbau:

- Fassadenbekleidung aus Sekurit-Einscheiben-Sicherheitsglas (mit wahlweise struktureller Behandlung der Rückseite)
- (nichtbrennbare) Mineralwolle-Dämmschicht mit farbiger Vlieskaschierung
- Unterkonstruktion aus Aluminium

Beispiel Sanierung: Fernmeldegebäude aus den 1960er-Jahren

### **EControl-Glas GmbH & Co. KG**

D-08527 Plauen, Otto-Erbert-Str. 8

0049 (0) 3741 148 20-0

info@econtrol-glas.de

www.econtrol-glas.de

Produkt: Schaltbares Sonnenschutzglas. Variabel einstellbare Lichttransmission.

„Eine schaltbare Sonnenschutzverglasung, bei der Licht- und Energiedurchlässigkeit elektronisch gesteuert werden, hat kürzlich das Unternehmen Econtrol vorgestellt. Die Gläser reagieren je nach Wetterlage: Bei Sonneneinstrahlung wird der solare Energieeintrag durch eine bläuliche Einfärbung reduziert, bei bewölktem Himmel ermöglicht die entfärbte Verglasung einen freien Ausblick. Die Lichttransmission kann hierbei zwischen 15-50 % eingestellt werden. Der für den sommerlichen Wärmeschutz relevante Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) beträgt entsprechend zwischen 12-36%.

Grundlage des variablen Sonnenschutzglases ist der elektrochrome Effekt: Eine dünne nanostrukturierte Beschichtung färbt sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung blau und reduziert so in der Verbundscheibe die Transmissivität für das Sonnenlicht. Der Aufbau entspricht herkömmlicher Sonnenschutz- oder Wärmeschutzverglasung, bei der die äußere Scheibe durch die elektrochrome Verbundscheibe ersetzt wird.

Das Produkt kann wie normales Isolierglas in der Fassade und auch im Überkopfbereich eingebaut werden. Eine busfähige Steuerung ermöglicht sowohl die individuelle Ansteuerung einzelner Scheiben als auch die Vernetzung kompletter Gruppen. Die Glasscheiben sind in Abmessungen bis zu 120 x 200 cm herstellbar. Hersteller: EControl-Glas, Furth im Wald.“  
([http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar-Schaltbares-Sonnenschutzglas\\_681443.html](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar-Schaltbares-Sonnenschutzglas_681443.html), 20.06.2010)

## FOTOS



**EControl-Glas: Ansicht und Aufbau.**  
Fotos © econtrol-glas

### **Pilkington Austria GmbH**

A-5500 Bischofshofen, Werksgelände 24  
0043 (0) 6462 4 69 90  
[www.pilkington.com](http://www.pilkington.com)

**Produkt:** Pilkington Activ™, Selbstreinigende Oberflächen, Bauglas  
Beschichtungen von Gläsern mit Titandioxid (TiO<sub>2</sub>) – die im Sonnenlicht enthaltene UV-Strahlung dient zur Photokatalyse - es entsteht aktiver Sauerstoff der Verschmutzungen auflöst).

### **G-LEC Vision GmbH (Head Office – Germany)**

D-76307 Karlsbad. Im Stöckmädle 2  
0049 (0) 7248 92740 0  
[www.g-lec.com](http://www.g-lec.com)  
Vertrieb Österreich  
Licht-Lager GmbH  
A-2345 Brunn am Gebirge, Industriestr. B12  
0043 (0) 22 363 12 130  
[www.lichtlager.at](http://www.lichtlager.at)

**Produkt:** Low Resolution LED Video

### **mediabiose | Spin-Off der TU München**

D-80333 München, Arcisstrasse 21  
[www.mediabiose.com](http://www.mediabiose.com)

**Produkt:** „mediabiose hat eine Technologie entwickelt und zum Patent angemeldet, welche Sonnenschutz-Jalousien am Fenster in dynamische Displays verwandelt. Damit sind Werbeschriften, laufende Texte, Animationen und bei größeren Flächen sogar Videos ohne aufwendige Konstruktionen möglich. Der Blick durch die Glasscheibe bleibt dabei erhalten.

Das Media-Jalousie-Display besteht aus leistungsstarken Leuchtdioden komprimiert auf engstem Raum und handelsüblichen Jalousien. Das System ist beliebig erweiterbar und eignet sich sowohl für Neubau als auch zum Nachrüsten und Sanieren von Bestandsbauten. mediabiose ist ein Start-Up der Technischen Universität München. Die Entwicklung der Media-Jalousie wurde in dem Zeitraum zwischen Januar 2009 und Januar 2010 im Rahmen des Programms EXIST durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und die Europäische Union gefördert.“  
(<http://www.mediabiose.com/index.htm>)

### **Atelier Photoglas**

A-1010 Wien, Wollzeile 9/1/30  
0043 (0) 1 585 26 10  
atelier@photoglas.com  
www.photoglas.com

Produkt: Photoglas, Technologie um Fotos, Dias etc. dauerhaft in Glas einzuarbeiten.

„Die Technologie Photoglas™ wurde 1997 für die Ausführung eines Kunst am Bauauftrags von uns entwickelt und in Folge patentiert. Die Idee war, Möglichkeiten zu finden mit Fotografie, mit Glas und Licht eine neue Einheit entstehen zu lassen. Das Licht ist somit ein Hauptthema in unserer Arbeit und charakterisiert bzw. verändert den Raum. Die daraus entstehenden »Skulpturen« sind Teil einer Serie an Raumstudien, die sowohl für den Innen- als auch für den Außenbereich erarbeitet werden. Es wird eine spezifische Atmosphäre erzeugt, die sich kontinuierlich mit dem Lauf des Lichts transformiert.“  
(www.photoglas.com, 25.08.2010)

### **Joh. Sprinz GmbH & Co. KG**

D-88287 Grünkraut-Gullen, Lagerstraße 13,  
(D-88192 Ravensburg, Postfach 2148)  
0049 (0)751 379-0  
info@sprinz.eu  
www.glas-sprinz.de

Produkt: Transluzenter Siebdruck für Fassadenverglasung.

„Beim transluzenten Siebdruck werden speziell gefertigte Farben so modifiziert, dass die Farbtöne in unterschiedlicher Farbintensität und Transluzenz verarbeitet werden können.

Sie erhalten dadurch eine außerordentlich elegante Optik, die einerseits Licht durchlässt und andererseits Einblicke verhindert. Die vielfältigen Einsatzbereiche sowie die hervorragende Qualität und Optik dieser Gläser ist beeindruckend. Anwendungsmöglichkeiten sind zum Beispiel Fassaden, Gastrennwände, Waschtische, Duschen, Innentüren, Gläser für die Möbelindustrie u.s.w.“

(<http://www.glas-sprinz.de/index.php?Transluzenter-Siebdruck&vl=6050>, 14.06.2010)

Anwendungsbeispiele: Ausstellungshalle Klöber, Kreisberufsschulzentrum Biberach

### **Stainer GmbH & Co KEG**

A-5092 St. Martin bei Lofer, Gewerbegebiet 205  
0043 (0) 6588 8440  
info@glas-druck.com  
www.stainer.co.at; <http://glas-druck.com>; [www.stainer.co.at/siebdruck/glas.htm](http://www.stainer.co.at/siebdruck/glas.htm)

Produkt: Siebdruck auf Glas und Polycarbonat

### **glas platz gmbh & co. kg**

High Tech in Glass  
D-51674 Wiehl-Bomig, Auf den Pöhlen 5  
0049 (0)2261 / 78 90 - 0  
info@glas-platz.de  
www.glas-platz.de

Produkte:

#### ***Power Glass – Verbundglas mit integrierten Leuchtdioden***

„Mit der Entwicklung von Power Glass ist es erstmalig gelungen, Chip LEDs mit beidseitig abstrahlender Beleuchtung auf völlig durchsichtigen Leiterbahnstrukturen im Verbundglas zu integrieren und kabellos mit elektrischer Energie zu versorgen. Die Signalübertragung und Stromversorgung erfolgt über die transparente, leitende Beschichtung der Power Glass-Scheibe. Leuchtmittel, Microschalter und Flachbildschirme scheinen auf Power Glass frei im Raum zu schweben.“ (DETAIL 06/2002, 838)

„Über unsichtbare Leiterbahnen der inneren Glasoberfläche werden im zweischiebigen Gießharzverbundglas montierte Leuchtdioden (LEDs) mit elektrischer Energie versorgt. Anzahl und Abstand der LEDs können beinahe beliebig sein. Mit einem Anschlusskabel wird über einen Kontaktstreifen an den beiden langen Glaskanten Energie eingespeist. Die Stromversorgung erfolgt über ein externes Steckernetzteil.“ (<http://www.glas-platz.de/powerglass/de/technologie.html>, 14.06.2010)



„Bis heute benötigten Medienfassaden Drähte, Lamellen oder andere Bauteile, die den Blick durchs Glas behindern. Dies beeinträchtigte das reduzierte Design moderner Glasfassadensysteme und zwang Architekten dazu, ihre Entwürfe entsprechend anzupassen.

Bis jetzt. Ab sofort ist powerglass® Medienfassade die Lösung - Tausende LED in einem Isolierglasverbund machen es möglich, die Gebäudehülle als Leinwand zu benutzen, ohne dabei Transparenz oder Design zu vernachlässigen. Keine Drähte - kein Plastik - nur Glas.  
(<http://www.glas-platz.de>, 14.06.2010)

Mögliche Anwendung: durchsichtige Glas-Vorhangfassade mit integrierter Beleuchtung, welche auch nachträglich vor bestehende Gebäudefassaden montiert werden kann; auch als Isolierglas lieferbar.

### *photovol powerglass®*

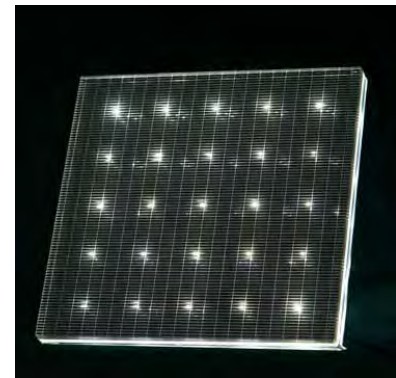
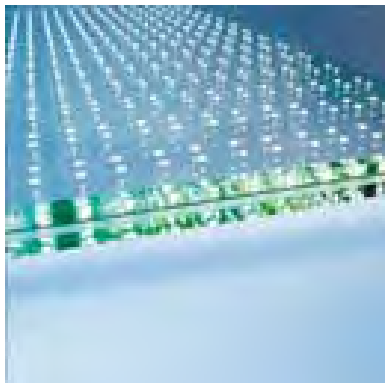
„Die Integration von Photovoltaik in powerglass® eröffnet noch ungeahnte Möglichkeiten in eine umweltbewußtere Zukunft: Solarenergie nutzbar machen in direkter Umsetzung von Licht in Glas: mit photovol powerglass®. Einzigartig. Energiesparend. Faszinierend.“ (<http://www.glas-platz.de/powerglass/de/moeglichkeiten/photovoltaik.html>, 14.06.2010)

weitere Innovation: Flächenlautsprecher aus Glas,

### Info

DETAIL 06/2002, 838: Glas, das unsichtbar Strom führt – Beleuchtung im Glas

### FOTOS



**Power Glass** – Verbundglas mit integrierten Leuchtdioden.  
Fotos © glas-platz

## **Forschung (Auswahl)**

### **Austrian Institut of Technologies GmbH – AIT**

Advanced Materials&Aerospace Technologies  
A-2444 Seibersdorf  
0043 (0) 50550 – 3300  
[www.advanced-materials.at](http://www.advanced-materials.at)

### **Joanneum Research**

MATERIALS – Institut für Oberflächentechnologien und Photonik  
A-8160 Weiz Franz-Pichler-Straße 30  
0043 316 876-3000  
[materials@joanneum.at](mailto:materials@joanneum.at)  
[www.joanneum.at/materials.html](http://www.joanneum.at/materials.html)

### **alchemy-nova, Institute for Innovative Phyto-Chemistry**

A-1030 Wien, Obere Viaduktgasse 2  
0043 (0) 1-810 1000  
[office@alchemy-nova.net](mailto:office@alchemy-nova.net)  
[www.alchemy-nova.net](http://www.alchemy-nova.net)

**EMPA Materials Science & Technology**

Departement Moderne Materialien, ihre Oberflächen und Grenzflächen  
CH-3602 Thun, Feuerwerkstrasse 39  
0041 (0) 33 228 4626  
contact@empa.ch  
www.empa.ch

**ILEK-Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren**

Universität Stuttgart  
D-70174 Stuttgart Keplerstraße 7  
info@ilek.uni-stuttgart.de  
www.uni-stuttgart.de/ilek

**Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT**

D-76327 Pfinztal, Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
0049 721 4640-392  
info@ict.fraunhofer.de  
www.ict.fraunhofer.de

**Fraunhofer Verbund Light & Surfaces**

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF  
D-07745 Jena, Albert-Einstein-Straße 7  
0049 (0) 3641 / 807 - 207  
www.vop.fraunhofer.de

## Einführung

### Entwicklungen Überblick

„Smart Materials“

Materialien die sich auf ändernde Beanspruchungen (Bsp. Temperatur, Druck, elektrische Felder) reagieren und ihre mechanischen Eigenschaften (Form, Steifigkeit, Position, Schwingungsverhalten) variieren; Beispiele aus dem Flugzeugbau oder der Robotik, wie Legierungen mit Formgedächtnis (piezoelektrische Werkstoffe die bei Anlegen einer elektrischen Spannung mit Ausdehnung oder Kontraktion reagieren).

Adaptive Werkstoffe

Adaptive Werkstoffsysteme (intelligente Werkstoffe, intelligente Strukturen, multifunktionale Werkstoffe, Adaptronics, Smart Materials, wissensbasierte multifunktionelle Werkstoffe etc.) sind in der Lage, während des Einsatzes selbstständig auf Änderungen der Umgebungsbedingungen zu reagieren und ihre Eigenschaften sinnvoll anzupassen.

„Lernfähige Gebäudehüllen“

Materialien oder Fassadensysteme die einen eigenen, speziell auf ihren Standort und die lokalen Klimabedingungen zugeschnittenen eigenen Erfahrungsschatz ausbilden.

Multifunktionale (Bau)Werkstoffe

Trend zu Verbundwerkstoffen – multiplen Materialien aus ausgeklügelten Kombinationen mehrerer Materialien und Materialeigenschaften; durch neue Produktionstechniken ist es möglich unterschiedlichste Werkstoffe in hauchdünnen Schichten miteinander zu verbinden, solche Hybridwerkstoffe können mehrere Materialeigenschaften vereinen und damit mehrere Funktionen übernehmen.

Polytronik

Entwicklung von polymeren Bauelementen mit elektrischen und optischen Funktionen; durch „eingebettete Elektronik“ ist es möglich die Umgebung des Menschen (Kleidung, Bücher, Tische,

Tapeten, ...) mit zusätzlichen Funktionen auszustatten und in Kommunikationsnetze einzubinden sowie mit integrierten Schaltungen über Sensoren Aktionen und Funktionen zu übernehmen.

### Biokunststoffe

Biopolymere die nach der Verwendung völlig abbaubar sind da sie aus Mais, Kartoffeln oder Zuckerrüben hergestellt sind; bereits verbreitet als Lebensmittelverpackung (Folie); zu konstruktiven Zwecken werden Kunststoffe mit Fasern (nachwachsende Rohstoffe wie Flachs, Hanf) verstärkt.

## **Intelligente Baumaterialien / adaptive Werkstoffe**

(Quelle: Henning Braun, Dirk: Adaptive Gebäudehüllen aus der Natur und Technik. In: SKIN 02/Okt.2005, Architektur und Bauforum. 10 – 23)

### 1. Formveränderliche Materialien

**Form-Gedächtnis-Legierung:** Materialien mit unterschiedlichen Gitterstrukturen; je nach Grundfiguration kann sich dieses Material an seinen Ursprungszustand erinnern; Auslöser: für den Phasenübergang können Temperaturschwankungen oder Belastungsspitzen sein.

#### *Mögliche Anwendung*

- Verlängern oder verkürzen von Traggliedern in Fachwerkträgern
- geregelte Vorspannung
- fixe Vorspannung, Verbindung oder Verstärkung
- Superelastizität mit hoher Energiedissipation
- Einsatz als Sensor (z.B. öffnen von Lüftungsklappen in der Fassade)

**Piezoelektrische Bauteile:** verwandelt mechanische Impulse in elektrische und vice versa  
Auslöser: mechanische Schwankung von außen oder eine elektrische Schwankung.

#### *Mögliche Anwendung*

- Trennwände mit schalltechnisch besonderen Anforderungen (z. B. Gegenschall der die ursprüngliche Schallquelle eliminiert)
- Sensor in Tragwerken, z.B. können Belastungsspitzen mechanisch gemessen werden und über einen elektrischen Impuls an anderer Stelle für eine Anpassung sorgen.

*Materialien:* Piezoaktive Materialien, Piezoelektrische Fasern

### 2. Farbveränderliche Materialien

**Elektrochrome Systeme:** beschichtete Gläser verändern ihrer Farbe und ihre Transmission durch Anlegen einer niedrigen elektrischen Spannung.

*Mögliche Anwendung:* z.B. Einfärben je nach Lichtintensität – im Winter maximale Wärmegewinnung durch Transparenz und Verhinderung der Überhitzung im Sommer durch Einfärbung (dzt. UV-Beständigkeit noch nicht völlig gewährleistet!).

**Elektrooptische Systeme:** Steuerung der Lichtdurchlässigkeit von Verbundverglasungen mit einem integrierten LC(Liquid Crystal)-Film durch das Anlegen einer elektrischen Spannung; Flüssigkeitskristalle die im Normalzustand ungeordnet sind richten sich durch elektrische Spannung auf und werden durchsichtig; ausschließlich Sichtschutz – keine Sonnenschutzfunktion.

*Mögliche Anwendung:* ähnlich wie photochrome Systeme, aber anfällig für UV-Strahlung.

**Thermotrope Systeme:** thermotrope Schichten werden in form eines dünnen Films zwischen Folien oder Gläsern aufgebaracht um im Sommer ohne Installation aufwendiger Verschattungssysteme vor Überhitzung zu schützen.

*Mögliche Anwendung:* als Sensor und Aktuator, z.B. bei Überkopfverglasungen.

**Thermochrome Systeme:** bei Erwärmung z.B. durch Sonneneinstrahlung verändern thermochrome Schichten die Strahlungstransmission – bei niedrigeren Temperaturen dringt die wärmebringende Strahlung durch, bei höheren Temperaturen tritt ein reflektierendes Verhalten ein.

*Mögliche Anwendung:* als Sensor und Aktuator, z.B. bei Überkopfverglasungen.

**Photochrome Systeme:** beruht auf dem Prinzip der Sonnenbrille – Gläser verdunkeln sich bei Sonneneinstrahlung; elektrochrome Schicht mit dem Wirkmechanismus einer elektrochemischen Solarzelle kombiniert; Weiterentwicklung interessant für den Sonnenschutz, aber nicht steuerbar und daher unflexibel.

**Photoelektrochrome Systeme:** elektrochrome Schicht mit dem Prinzip der Solarzelle kombiniert; ein externer Stromkreis schaltet eine elektrisch leitende Schicht auf einem Glassubstrat, je nach geöffnetem oder geschlossenem Stromkreis färbt oder entfärbt sich die Schicht automatisch;

*Mögliche Anwendung:* Sonnenschutz an Fassaden (allerdings mittelfristig nicht am Markt verfügbar); Vorteil: Steuerbarkeit.

**Gasochrome Systeme:** schaltbare Schicht aus Wolframoxid, die als transparenter Film an der Innenseite der Aussenseite aufgebracht ist; stufenlos variierbarer Verfärbungsvorgang möglich durch die Einlagerung von Wasserstoffglas; gasochrome Systeme benötigen ein Gasversorgungsgerät!

*Mögliche Anwendung:* eignen sich für große Flächen; an Einsatz- und Realisierungsmöglichkeiten wird eifrig gearbeitet – ist sich einig darüber, dass optisch schaltbare Verglasungen das Potenzial haben, die bisherige Praxis des Sonnenschutzes zu revolutionieren.

### 3. Phasen- oder viskositätsveränderliche Materialien (z.B. PCM)

Können durch Einwirkung von Temperatur, elektrischer Spannung oder magnetischen Feldern ihren Aggregatzustand reversibel verändern und dabei Wärme aufnehmen oder abgeben.

#### *Materialgruppen*

- Organische Phasenwechselmaterialien – Paraffine (wachsartige Kohlenwasserstoffverbindungen)
- anorganische Phasenwechselmaterialien – vornehmlich Salzhydrate
- elektrorheologische Fluide – Suspensionen aus Öl und Lösungsmittel mit nicht metallischen Teilchen
- magnetorheologische Fluide – Trägerflüssigkeiten wie Silikonöl, Kerosin oder synthetische Öle.

#### **Anorganische und organische Phasenwechselmaterialien:** (PCM-Materialien)

PCM-Materialien können Energie aufnehmen ohne dabei selbst wärmer zu werden und bei wiederholten Phasenveränderung wieder abgeben.

#### *Mögliche Anwendungen*

- Einsatz als Putz (Bsp.: maxit clima)
- Einsatz als Kühldecke: Wasserdurchströmte Kapillarmatten mit 22 Grad eingestelltem Temperaturbereich (Bsp.: LUWOGÉ)
- Einsatz als solares Fassadenelement: Speichermedium für solare Energieeinträge (Bsp.: Power Glass)

### 4. Adhäsionsveränderliche Materialien

Können durch Einwirkung von Temperatur oder Licht ihrer Adhäsionseigenschaften reversibel verändern.

**Photoadhäsive Materialien:** reagieren auf UV-Bestrahlung und erzeugen hydrophile Oberflächen zur Optimierung des Anschmutzverhaltens.

**Funktionsbeschichtungen:** Oberflächenbeschichtungen optimieren die wasser-, fett- oder schmutzabweisenden Eigenschaften von Glas, Beton, Holz und anderen Baustoffen (z.B. Anwendung als selbsttätige Fassadenreinigung).

### 5. Lichtemittierende Materialien

Können durch Einwirkung von Licht, elektrischer Spannung oder chemischer Reaktion in einen höheren Energiezustand versetzt werden und emittieren beim Zurückfallen Licht.

**Photolumineszente Materialien:** werden durch Absorption von Licht angeregt; Effekt von Fluoreszenz oder Phosphoreszenz wenn die angeregten Materialien nachleuchten.

**Elektrolumineszente Materialien:** basiert auf der direkten Umwandlung von elektrischer Energie in Lichtstrahlung; Beispiele: Dünnschicht-, Pulver-, Injektions-, Elektrolumineszenz und OLEDs (für Flachbildschirme verwendet).

**Chemo- oder biolumineszente Materialien:** werden durch chemische oder biochemische Reaktionen angeregt;

#### *Mögliche Anwendungen*

- als Ersatz für Leuchtstoffröhren – als eher flächige Leuchtmittel
- als Leuchtfolien
- als großflächige Bildschirmwände.

### 6. Elektronenemittierende Materialien

Können durch Einwirkung von Licht, elektrischer Spannung oder Druckänderung Elektronen freisetzen, die zur Erzeugung von elektrischem Strom genutzt werden können.

**Photoelektrische Materialien:** übertragen Lichtenergie auf Elektronen, Beispiele: Photozellen auf Siliziumbasis, Injektionszellen.

**Thermoelektrische Materialien:** Materialien erzeugen bei Temperaturschwankungen eine elektrische Energie an der Kontaktstelle zweier unterschiedlicher Metalle.

### Mögliche Anwendungen

- Strahlungssensor zur Messung der Lichtstärke
- Temperatursensor
- als Heiz- oder Kühlelement.

### FOTOS



Abb. 7: Formveränderliche Materialien



Abb. 8: Farbveränderliche Materialien



Abb. 11: Lichtemittierende Materialien



Abb. 9: Phasen- und viskositätsveränderliche Materialien



Abb. 10: Adhäsionsveränderliche Materialien



Abb. 12: Elektronenemittierende Materialien

**Adaptive Werkstoffe** – Überblick  
Fotos © Skin

## Tageslichtlenkung / Verglasung

(Quelle: Liedl, Petra: Variable Gebäudehülle. In: SKIN 01/Mai.2007, Architektur und Bauforum. 10 – 17)

**Variable Gebäudehüllen:** Sonnenschutzgläser, bedruckte Gläser, Systeme im Scheibenzwischenraum, Variochrome Gläser, Tageslichtlenkung, Blendschutz, Transluzente Wärmedämmung, Photovoltaikfassade, dezentrale Lüftungsgeräte, Lüftungselemente, Aussen liegende Sonnenschutzsysteme.

Fassaden gliedern sich in drei Zonen die vertikal übereinander liegen:

**1. Tageslichtzone:** im oberen Wandbereich gelegen; soll die natürliche Belichtung des Raumes auch in der Raumbreite sicherstellen; günstig ist es wenn sich dieser Oberlichtbereich über die gesamte Raumbreite erstreckt und bis an die Decke reicht um auch die Raumbreite gut auszuleuchten; im Idealfall wird die Tagesbelichtung mit einer Lichtlenkvorrichtung optimiert (besonders wichtig bei Raumbreiten über sechs Metern und fassadenfernen Arbeitsplätzen);

**2. Ausblick:** mittlere Fassadenzone; dient ebenfalls der natürlichen Belichtung; wird mit Sonnenschutz beschattet um im Sommer Direkteinstrahlung und Wärmeeintrag zu reduzieren; innen liegender Blendschutz verbessert den Wärmeeintrag im Winter und den visuellen Komfort; Fenster in dieser mittleren Zone;

**3. Brüstung:** unterer Fassadenbereich, Strahlungseintrag im Sommer sollte in diesem Bereich verringert werden – idealerweise opak (z.B. Sonnenschutzverglasung, bedruckte Verglasungen, Rasterstrukturen vor dem Glas); Bereich eignet sich zur Integration von dezentralen Lüftungsgeräten, Lüftungselementen, oder Energiegewinnungssystemen

**Variochrome Gläser:** (dzt. zukunftsreichste Technologie), variabel steuerbare Verglasungen, ermöglichen eine reversible Änderung ihrer Eigenschaften hinsichtlich Licht- und Strahlungsemission – steuerbarer witterungsgeschützter Sonnenschutz mit hoher Effizienz; zwei Systeme: aktive Systeme: ändern optische und thermische Eigenschaften auf „Knopfdruck“, passive Systeme

selbsttätig; durch eine Kombination mit TWD-Elementen kann der Wärmeeintrag gezielt gesteuert werden; variochrome Glassysteme stehen noch in der Testphase, allerdings kurz vor der Marktreife (2007).

**Tageslichtlenkung:** bewirken gleichmäßige Ausleuchtung von Räumen und verbessern Belichtung in der Raumtiefe; Unterscheidungskriterien: ob sie diffuses oder direktes Licht leiten, Licht transportieren, statisch oder nachführbar sind.

**Blendschutz:** streuen direktes Licht in diffuses Licht auf oder reflektieren direktes und diffuses Licht nach außen; Blendschutz sollte von unten nach oben geführt werden um zu gewährleisten dass von oben noch genug Licht in den Raum kommt; besonders wichtig im Winter

**Transluzente Wärmedämmung:** durch die Integration von TWD-Elementen in eine massive Einfachfassade kommt es zu einer zeitverzögerten Wärmeabgabe nach innen; funktioniert nur in Kombination mit einer Speicherwand; Probleme mit der Verschattung im Sommer – daher eher für Gebäude mit Heizwärmebedarf in Übergangszeiten (z. B. Hallenbäder)

**Photovoltaikfassade:** konstruktive und wirtschaftliche Synergieeffekte; Module können in eine Pfosten-Riegel-Konstruktion eingesetzt oder als Vorhangschale bei einer massiven Konstruktion angeordnet sein; nachdem der Wirkungsgrad mit zunehmender Zelltemperatur abfällt sind hinterlüftete Konstruktionen sinnvoller.

## Digitale- / Medien-Fassaden

Neue Systeme für Medienfassaden der Firma G-LEC: „Ein neues System der Firma G-LEC mit einem größeren Pixelraster ermöglicht die Durchsicht und den visuellen Kontakt zwischen innen und außen und erzielt dennoch eine ausreichende Auflösung. So kann Videoqualität mit Transparenz verbunden werden. Die technische Besonderheit liegt in der Anordnung der Pixel, die nicht wie üblich vollflächig, sondern mit Abstand zueinander in Acrylglasröhren angebracht sind. ... Im Gegensatz dazu benötigt die neue Technologie der mit Abstand zueinander gesetzten Pixel weniger Strom bei gleichzeitig hoher Transparenz und eine für den Einsatz im öffentlichen Raum völlig ausreichende Bildqualität. Die Pixel in den in 30 bis 60 mm Abstand angeordneten Acrylglasröhren erzeugen eine transparente Matrix aus RGB-Clustern; das sind mehrere Leuchtdioden, die auf einem gemeinsamen Träger befestigt sind. Größere Rohrabstände und Pixeldichten sind bei Bedarf möglich. Durch das Dreiodencluster Rot Grün Blau lassen sich auf der Gesamtfläche alle Farben abbilden. Somit ist das System video- und animationsfähig. Die einzelnen Cluster sind auf farbneutralen Träger-Platinen mit 8 mm Breite und beliebiger Länge befestigt. Sie können in staub- und wasserdichter Version ausgeführt werden.“ (Yordanova 2007, <http://detailtopics.de/energie-nachhaltigkeit/technik-baustoffe/fassaden/medienfassaden/>, 14.06.2010)

### Energieerzeugende Mediafassade »MediaBIOSe«

„Eine Weiterentwicklung stellt das nachhaltige Mediafassadensystem dar, das die gestalterischen Vorteile der transparenten LED-Wand klimatischen und energetischen Gebäudeanforderungen anpasst und durch neue Funktionen erweitert – beispielsweise als Sonnenschutzlamellen, die zusätzlich mit Photovoltaik-Elementen belegt werden können (Abb. 1). Da die Module um 180 Grad drehbar sind, erfüllt die kombinierte Sonnenschutz- und Media-Lamelle wechselnd beide Funktionen und kann sowohl tagsüber als auch nachts eingesetzt werden. Das PV-Element kann bei abgestimmten Betriebszeiten den **gesamten Stromverbrauch der Mediafassade erwirtschaften**. Die LED-Elemente haben eine sehr geringe Wärmeentwicklung, sie sind stoß- und vibrationsfest und verfügen über eine Lebensdauer von über zehn Jahren. Das bereits zum Patent angemeldete System wird unter dem Namen »MediaBIOSe« 2008 auf den Markt gebracht, der funktionstaugliche Prototyp wird auf der Messe »Light und Building« vorgestellt. Das System verkörpert eine Symbiose von Medientechnologie und Architektur, indem es neue Kommunikationsmittel für innovative Fassadengestaltungen zur Verfügung stellt. Die Lamellen ändern je nach Tageszeit ihr Erscheinungsbild: Die tagsüber gestalterisch strukturierende Gebäudehülle verwandelt sich abends in eine digital beispielbare Medienfläche im Stadtraum. Aufgrund ihrer Transparenz bildet sie die Silhouetten der Menschen im Gebäudeinneren nach außen ab, sodass sich reale Welt und digitales Bild überlagern.“ (Yordanova 2007, <http://detailtopics.de/energie-nachhaltigkeit/technik-baustoffe/fassaden/medienfassaden/>, 14.06.2010)

## FOTOS



**Energieerzeugende Mediafassade »MediaBIOSe«.**  
Fotos © detail.de

## Polytronik

Entstanden aus der Entdeckung dass Kunststoffe elektrisch leitfähig sind und leuchten können; Ursprung reicht bis in die 60er-Jahre zurück, in den letzten 20 Jahren verstärkte Anwendung durch die Entwicklung von LEDs, derzeit große Fortschritte in der Entwicklung von polymeren Bauelementen mit elektrischen und optischen Funktionen.

### Vorteile:

Einfache Verarbeitung – können flüssig verarbeitet werden; in fünf bis zehn Jahren lassen sich vermutlich elektronische Schaltungen auf Basis leitfähiger Kunststoffe mit einfachem Druckverfahren auch in Serie herstellen, derartige biegsame Kunststoffchips können preisgünstig auf Folie produziert und direkt auf den Gegenstand gedruckt werden.

### Anwendung

Durch „eingebettete Elektronik“ ist es möglich die Umgebung des Menschen (Kleidung, Bücher, Tische, Tapeten, ...) mit zusätzlichen Funktionen auszustatten und in Kommunikationsnetze einzubinden sowie mit integrierten Schaltungen über Sensoren Aktionen und Funktionen zu übernehmen.

Verwendung: OLED-Displays (z.B. Displays von Mobiltelefonen); dzt. in größerer Anwendung noch nicht möglich (z.B. als Tapeten im Raum verklebt) da die Lebensdauer zu gering und Kosten zu hoch sind.

„Zur Herstellung leitfähiger Fasern sind naturgemäss zunächst die Metalle geeignet. Bereits im Altertum wurden dünne Metalldrähte zum Verzieren von Textilien eingesetzt.<sup>5</sup> Heute werden unter anderem Fäden aus Metallwerkstoffen mit Erinnerungsvermögen (Memory- Legierungen, siehe auch tec21, 19/2003) und Garne, die Elektrosmog abschirmen, durch mechanische und thermische Herstellungsverfahren produziert. Weniger bekannt ist die Verwendung von leitfähigen Polymeren. Fast alle reinen Polymere weisen bei nicht zu hohen Temperaturen nur eine geringe elektrische Leitfähigkeit auf und sind daher Isolatoren. Trotz ihrer prinzipiellen Isolatoreigenschaften wurden jedoch grosse Anstrengungen unternommen, um elektrisch leitfähige Polymere zu entwickeln mit dem Ziel, metallische Eigenschaften, insbesondere die Leitfähigkeit, mit den verarbeitungstechnischen Merkmalen und den mechanischen Eigenschaften von Polymeren zu koppeln. ... Eine prinzipiell einfache Möglichkeit zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit von Polymerfasern ist das Einarbeiten von leitfähigen Materialien in Form fein verteilter Partikel in die Polymermatrix. Als leitfähige Materialien werden Metalle (wie Gold, Silber, Aluminium, Eisen, Kupfer, Nickel), Kohlenstoff (in Form von Russ, Grafit oder aktuell Kohlenstoffnanoröhrchen) oder leitfähige Polymere (Polyanilin, Polypyrrol, Polyethylenedioxythiophen) verwendet.“ (Lübben 2005, 12)

„Polymere, deren elektrische Leitfähigkeit nicht aus dem Zusatz leitfähiger Additive, sondern aus der Molekülstruktur resultiert, werden als intrinsisch leitende Polymere bezeichnet. Bekannte Vertreter sind Polypyrrol, Polyanilin, Polythiophen und sein Derivat Polyethylenedioxythiophen, welches in

Wasser löslich ist und zur Beschichtung von Fasermaterialien und textilen Oberflächen geeignet ist. Leitfähige Polymere sind schlecht löslich und nicht schmelzbar, können aber in niedrig schmelzende Polymere, beispielsweise Polypropylen, eingearbeitet werden und in diesen für die Leitfähigkeit sorgen. Die mangelnde Stabilität der intrinsisch leitfähigen Polymere stellt unter realen Umgebungsbedingungen noch ein besonderes Problem für die Anwendung dar, doch lässt sich die Stabilität durch Einarbeitung in die Polymermatrix erhöhen. So liefert die Einarbeitung von Polypyrrol in Textilien auf Zellulosebasis ermutigende Resultate; Polyanilin-modifiziertes Propylen konnte bereits erfolgreich zu Fasern schmelzgesponnen werden, und zahlreiche weitere für das Schmelzspinnen geeignete leitende Polymermischungen lassen ein grosses Potenzial für die Zukunft erwarten.“ (Lübben 2005, 13)

## Biokunststoffe

„Als Biokunststoff oder auch Bioplastik werden Kunststoffe (wie Plastik, Gummi usw.) bezeichnet, die ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen (Stärke, Öle usw.) erzeugt wurden. Durch den chemischen Prozess des Crackens und erneute Polymerisation ist man heute in der Lage, Molekülketten herzustellen, die vergleichbare Eigenschaften besitzen, wie die auf Erdölbasis. Mögliche Ausgangspflanzen sind z.B. Mais oder Zuckerrüben. Der große Vorteil der meisten Biokunststoffe ist, dass sie unter geeigneten Bedingungen in einem Zeitraum von ca. 6-8 Wochen vollständig abgebaut werden.

### Hauptanwendungsgebiete

- Verpackungen
- Cateringartikel

Derzeit ist der Materialpreis der fertigen Biokunststoffe um den Faktor 4 höher als der Preis für herkömmliche, d.h. aus Erdöl gewonnene Massekunststoffe (0,65 €- 1,00 €/kg). Dabei fällt weniger der Preis für Stärke oder Zucker (0,55 €/kg) ins Gewicht, sondern die beigemengten synthetischen Werkstoffe erweisen sich als sehr kostenintensive. Ziel der weiteren Entwicklung im Bereich der Biokunststoffe wird also sein, den Anteil der nachwachsenden Rohstoffe unter der Vorgabe der Wasserresistenz weitestgehend zu erhöhen.“ ([http://www.nawaro.com/cgi-bin/ws\\_poly1.pl](http://www.nawaro.com/cgi-bin/ws_poly1.pl), 20.06.2010)

### Infos

Infopool für Bio-Werkstoffe

[http://www.nawaro.com/cgi-bin/ws\\_poly1.pl](http://www.nawaro.com/cgi-bin/ws_poly1.pl)

## Realisierte Projekte

### PAUL – adaptive textile Gebäudehülle

Gebäudetyp: Versuchs- und Demonstrationsbau

Adresse / Standort: ILEK-Institut für Leichte Flächentragwerke, Vaihingen

Baujahr / Errichtung: 2005

Baukonstruktion Bestand:

Das im Rahmen einer Forschungsarbeit entstandene architektonische Objekt «Paul» verbindet neueste Technologie textiler Membranen mit der Suche nach direkten Aneignungspotenzialen. Eine besondere Rolle nimmt dabei das Bild ein, das als Prämisse die Formfindung bestimmt hat. ... «Paul» ist ein Versuchs- und Demonstrationsbau, er zeigt in einer konzentrierten Form, welche technischen Potenziale in textilen Gebäudehüllen nach dem derzeitigen Stand des Wissens liegen.

Forschungsinstitut: ILEK-Institut für Leichte Flächentragwerke; Betreuung / Leitung: Werner Sobek

ArchitektInnen / Projektleiter: Markus Holzbach (Erfinder und Erbauer)

### Produkt

Textile Membran mit Glas-Lichtleitfasern, keramischer Isolationsschicht und PCM

Latentwärmespeicher.

„In seinem unteren Teil, einer Einzelanfertigung, einem Glas-Kohle-Hybrid, stecken in passgenau vorgeformten Taschen individuell gebogene Edelstahlrippen, die in ihrer Längsrichtung durch Vollrohre aus Glasfaser aneinander gekoppelt sind. Über diese Konstruktion ist die aus mehreren Schichten aufgebaute Haut gelegt und lediglich mithilfe von Klettverschlüssen befestigt. In Membranschichten aus verschiedenen Textilien, die durch Klett- und Reissverschlüsse miteinander



verbunden sind, wurden Elemente eingefügt, die dieser Haut ihren Charakter verleihen, vor allem aber die Eigenschaften gewährleisten, die im Dienste der Forschungsarbeit die Möglichkeiten einer solchen textilen Haut demonstrieren. Unter der obersten Wetterhaut wurde eine Schicht mit Beleuchtung angebracht, die in Anlehnung an die Form eines Ader- oder Nervensystems gestaltet wurde. Dieses System besteht aus Glas-Lichtleitfasern, die mithilfe von 1200 Lichtpunkten eine kontinuierliche Farbveränderung ermöglichen. Darunter befindet sich eine mit hochisolierenden Keramiken dotierte Isolationsschicht, unter der wiederum als innerste Hautschicht der Speicherlayer liegt. Diese Schicht besteht aus einer Membran, in die Phase-Change-Materials oder Latentwärmespeicher implementiert sind. Latentwärmespeicher nutzen den hohen Energieaufwand, der zum Wechsel des Aggregatzustands zwischen fest und flüssig nötig ist. Eingeschlossene Paraffinpartikel oder Salzhydrate können dafür sorgen, dass sich der Anstieg der Raumtemperatur im Leichtbau bei hohen Aussentemperaturen verzögert; bei der Rückkehr in den festen Zustand wird die so gespeicherte Wärme wieder abgegeben. Das thermische Verhalten wird so dem eines Massivbaus ähnlich. Insgesamt bauen sich die Isolations- und Speicherlayer bei «Paul» aus mehr als 60 000 Einheiten auf, die Gesamtdicke der Multilayerkonstruktion beträgt etwa 1,4cm. Speicher- und Dämmwerte sind denen einer herkömmlichen Massivwand von etwa 15cm Stärke vergleichbar. [...] Doch wird man diesem Objekt kaum gerecht, wenn man es auf seine Eigenschaft als Demonstrationsobjekt reduziert. Denn durch die adaptive Gebäudehülle wird die Nähe zu natürlichen Prozessen gesucht. In diesem Fall ist die Haut das Vorbild als ein sensibles Organ, das auf die Bedingungen der Umwelt reagiert und über die Regulation des Wärmehaushalts im Innern und den Austausch von Stoffen und Information sich der Umwelt anpasst.“ (Holl: tec21, 41/2005, 4 – 8)

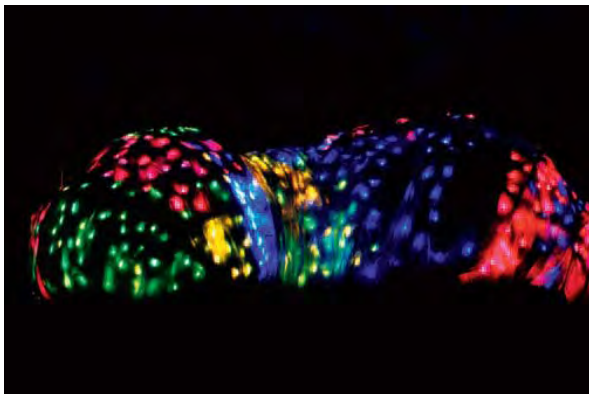
#### Infos

Holl, Christian: Leuchtender Kokon. In: tec21, 41/2005, 4 – 8

Holzbach, Markus / Sobek, Werner: „Paul“ – adaptive textile Gebäudehüllen. In: Arch+ 172 (Dez. 2004), 48 – 49

#### Kontakt

#### FOTOS



„PAUL“ – leuchtende Gebäudehülle: 1200 Lichtpunkte machen aus «Paul» bei Nacht einen leuchtenden Kokon, bei Tag erinnert die faltige Haut an eine verpuppte Raupe.  
Fotos © Holzbach

## **Solar Display - A Self sustainable Communication Display for Media Facades, Linz**

### **Produkt**

Solar Display: “Modern architecture allows building facades to become membranes for the display of interactive digital content. Wissensgewächs is a visually growing facade that reflects the visitors attention and interest. The passerby’s can interact with a series of increasingly complex images displayed on the 16 screens surrounding the building. In May 2008 Laurent Mignonneau, Christa Sommerer and architect Michael Shamiyeh have filed for a patent for an interactive self sustainable media facade, called Solar Display. This system uses solar energy for creating a large self powered communication display that can be used to display interactive digital content. (<http://www.urbanscreens08.net/usm08-poster-presentations>, 14.06.2010)

Projektleiter: Laurent MIGNONNEAU, Christa SOMMERER, Michael SHAMIYEH - Austria  
University of Art and Industrial Design, Linz, Interface Cultures and Design-Organisation-Media  
Research Laboratory

Infos

DOMUS

[http://www.domusweb.it/upd\\_Art/article.cfm?idtipo=3&id=94](http://www.domusweb.it/upd_Art/article.cfm?idtipo=3&id=94)

Laurent MIGNONNEAU / Christa SOMMERER

<http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html>

Kontakt

Laurent Mignonneau & Christa Sommerer

[laurent.mignonneau@ufg.ac.at](mailto:laurent.mignonneau@ufg.ac.at)

[christa.sommerer@ufg.ac.at](mailto:christa.sommerer@ufg.ac.at)

## **Green Pix- Zero Energy Media Wall**

Polykristalline Fotovoltaikzellen wurden in die vorgeblendete Glassfassade integriert, tagsüber wird Strom für die Beleuchtung in der Nacht gesammelt;

“GreenPix is a groundbreaking project applying sustainable and digital media technology to the curtain wall of Xicui entertainment complex in Beijing, near the site of the 2008 Olympic Games. Featuring the largest color LED display worldwide and the first photovoltaic system integrated into a glass curtain wall in China, the building performs as a self-sufficient organic system, harvesting solar energy by day and using it to illuminate the screen after dark, mirroring a day’s climatic cycle.”

(<http://www.greenpix.org>, 26.08.2010)

Infos

Schürer, Oliver / Tscherteu, Gernot: Hybride aus Gebäude und Display. In SKIN 02 (Architektur und Bauforum), Okt. 2008. 10 – 19

GREEN PIX

[www.greenpix.org](http://www.greenpix.org)

Kontakt

Simone Giostra & Partners, Inc.

[info@greenpix.org](mailto:info@greenpix.org)

[www.greenpix.org](http://www.greenpix.org)

**plusFASSADEN – TEIL II**  
**best practice Beispiele - DETAILS**

# I Holzfertigelemente mit integrierter Flächenheizung

## B&O Parkgelände Bad Aibling – Sanierung ehemaligen Militärbauten zu Wohngebäuden

### Projektbeschreibung Überblick

Gebäudetyp: Wohngebäude; ehemaliges Kasernengebäude 353 A – C

Im Rahmen des BMWi-Förderkonzepts Eneff:Stadt gefördertes Modellvorhaben.

Adresse / Standort: D-83043 Bad Aibling, B&O Parkgelände, Deutschland

Siedlungsgebiet eines ehemaligen Militärstützpunkts als künftiges Quartier mit Mischnutzung Wohnen, Gewerbe und Dienstleistungen, Fremdenverkehr.

Baujahr / Errichtung: 1935

Siedlung und Planungsgebiet:

„Für die energieeffiziente Konversion eines aufgelassenen ehemaligen amerikanischen Militärstützpunkts im Bad Aiblinger Stadtteil Mietrachung mit einer Gesamtfläche von 70 Hektar und rund 70.000 m<sup>2</sup> Wohn- und Nutzfläche wurde ein Energiekonzept entwickelt. Die meisten Wohngebäude stammen aus den 1930er Jahren, da der Stützpunkt 1936 ursprünglich als deutscher Fliegerhorst errichtet worden war. Für den nördlichen Teilbereich des Geländes mit 15 größeren Wohn- und Nichtwohngebäuden soll eine Netto-Nullenergiebilanz erreicht werden – den Bilanzrahmen der EnEV vorausgesetzt. Das Konzept sieht vor, auf der Bedarfsseite unterschiedliche Sanierungsstandards umzusetzen, vom EnEV-Neubaustandard bis annähernd zum Passivhausstandard.“ (<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt>, 09.09.2010)

Baukonstruktion Bestand: Mauerwerk (Hochlochziegel beidseitig verputzt)

Modernisierung / Sanierung: 2008-2009

Die Südfassade wurden durch die Verwendung von vorgefertigten Holzfassadenelementen, mit integrierter Wärmedämmung und bereits eingebauten neuen Fenstern, gedämmt. Die außenliegenden Holzsanierungselemente können auch haustechnische Komponenten aufnehmen, die sonst innerhalb der Wohnung montiert werden müssten. Teilweise kamen bereits Flächenheizungen zum Einsatz, die auf der Innenseite der Dämmelemente montiert sind. Für weitere Anwendungen wird überlegt, auch Lüftungsleitungen und Kabelführungen in die Elemente zu integrieren.

Weiters wurden folgende Maßnahmen am Hauptgebäude (Gebäudeteil A) realisiert: Balkonanbau an der Südfassade, Ausbau des Dachgeschosses, Einbau von Gaupen zur Wohnraumvergrößerung und Installation von 220 m<sup>2</sup> Flachkollektoren auf dem nach Süden orientierten Dach.

#### Produkt

Holzfertigelemente mit integrierter Flächenheizung: Die Fassade wurde im Werk in Form von Holz-Elementen vorgefertigt und mit fertiger Oberfläche und schon eingebauten Fenstern auf die Baustelle geliefert. Die Montage erfolgte mittels Kran. Mit dem Holzbausystem wurde nur die Südfassade saniert, an der Nordseite des Hauptbaus wurde eine Putzfassade realisiert. Ebenfalls wurde ein eingeschobiges Nebengebäude mit einer Fassade aus vertikalen Holzleisten ausgeführt.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: B&O Wohnungswirtschaft GmbH & Co KG München

ArchitektInnen / Projektleiter:

*Architektur:* Arthur Schankula, Sebastian Pint: SCHANKULA- Architekten, München

*Gesamtkonzept, Projektsteuerung:* RK-Stuttgart Architekten und Ingenieure

*Holzbau:* Huber und Sohn, Bachmehring

*Evaluierung:* Hochschule Rosenheim

#### Infos / Literatur

EnEff:Stadt - Forschung für die energieeffiziente Stadt

<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt/>

EnEffStadt: Von der Militärbrache zur Nullenergiestadt – Kurzbericht Stand Dezember 2009. Dr.-Ing. Alfred Kerschberger, RK-Stuttgart Architektur + Energy Design, (<http://www.rk-stuttgart.de/index.php?id=48>, 09.09.2010)

Konversion. Von der Militärbrache zur Nullenergiestadt. Das B&O – Parkgelände Bad Aibling auf dem Weg in die Zukunft (EnEffStadt Modellvorhaben). Schlussbericht Phase 1: Konzeption, Berichtsstand April 2010. B&O Wohnungswirtschaft GmbH & Co KG, RK-Stuttgart Architektur + Energy Design (<http://www.rk-stuttgart.de/index.php?id=48>, 09.09.2010)

#### Kontakt

HOLZBAU Huber & Sohn GmbH & Co. KG  
D-83549 Bachmehring, Wasserburger Straße 4  
0049 (0) 80 71) 9 19-0  
info@huber-sohn.de  
www.huber-sohn.de

RK-Stuttgart Architekten und Ingenieure  
D-70186 Stuttgart, Pflasteräckerstraße 88  
0049)-(0)-711-2851613  
rk-stuttgart@t-online.de  
www.rk-stuttgart.de

SCHANKULA- Architekten / Diplomingenieure  
D-81373 München, Garmischer Str. 35  
0049 (0)89 -288055-24  
info@schankula.com  
www.schankula.com

## Projektbeschreibung Bestand

### Allgemeine Beschreibung

*Lage:* Nördlich gelegener Bauteil einer Anlage von drei hintereinander liegenden L-förmigen Gebäuden; Nord-Süd orientierter zweigeschossiger Haupttrakt mit Unterkellerung (Bauteil A), eingeschossiger ostwest-orientierter rechtwinkliger nicht unterkellertes Anbau (Bauteil B) und kleiner Anbau baugleich wie B (Bauteil C); „L-Form“ nach Süd-Ost geöffnet.

*Nutzung:* Hauptgebäude A: Wohnnutzung, Nebengebäude B: Tagungsräume, Nebengebäude C: Hausmeisterwohnung.

*Dachkonstruktion:* beide Bauteile mit Satteldach und nicht ausgebaut; Anbau mit flacherem unzugänglichen Satteldach; Dachgeschoß des Hauptgebäudes mit einer „Sargdeckel“-Dachkonstruktion aus Beton, die vor Zerstörung durch Bombenangriffe schützen sollte;

*Bautypologie:* ehemaliges Kasernengebäude; Erschließung durch zwei breite innenliegende Treppenhäuser und mittig angeordnete breite Gänge; keine Balkone.

### Baukonstruktion Bestand

#### Außenwände Bestand U-Wert 1,37 W/m<sup>2</sup>K

Außenputz	1,5 cm
HLZ-Mauerwerk	30 cm
Innenputz	1,5 cm

#### Oberste Geschossdecke U-Wert 1,24 W/m<sup>2</sup>K

Estrich	5 cm
Trittschalldämmung	2,5 cm
Betondecke	18 cm

#### Kellerdecke / Bodenplatte U-Wert 0,987 W/m<sup>2</sup>K

Belag	0,5 cm
-------	--------

Estrich	4 cm
Trittschalldämmung	2 cm
Betondecke	18 cm

**Fenster** **Uw-Wert 3,20 W/m²K**

Aluminiumrahmen-Fenster mit Isolierverglasung, in den 1980er-Jahren eingebaut; thermisch noch nicht getrennt.

Haustechnik Bestand

Das Gebäude ist an ein Nahwärmenetz angeschlossen. Die Nahwärme wurde in einem zentral gelegenen Heizhaus mit drei Ölkesseln erzeugt, sowohl Heizung als auch Warmwasser wurde über das Nahwärmenetz bereit gestellt. Im Keller des Gebäudes befindet sich ein Heizungsraum mit der Übergabestation zur Beheizung und zur Warmwasserbereitung. Der Anschlusswert vor der Sanierung: 450 kW, die Nahwärmeleitungen verlaufen an der Kellerdecke.

FOTOS



**Bad Aibling, Sanierung ehemaliger Militärgebäude:** Die ehemaligen Unterkünfte vor Sanierung und bereits saniertes Wohngebäude mit Solaranlage und Holzfertigteil-Fassadensanierungselementen, Lageplan Gebäude 353 A – C, Kellerflur mit Nahwärmenetz.  
Fotos © B&O Wohnungswirtschaft, RK-Stuttgart

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Gestalterische Möglichkeiten

Fassadenpaneele können farblich gestaltet oder mit verschiedenen Oberflächen ausgeführt werden (Faserzementplatten, Blech, Holzverkleidung, Putzoberflächen)

### Kosten / m<sup>2</sup>

Holzfassadenpaneel (Materialkosten inkl. Montage- und Verarbeitung): ca. 280,- EUR/m<sup>2</sup>

### Bauteilvermessung

Vermessung mittels Tachymetrie; 3D-Drahtmodell erwies sich in der Praxis als geeignet.

### Konstruktion

#### **Konstruktionsprinzip / Aufbau**

Tragkonstruktion Holzriegel mit Dämmmaterial in der Riegelebene, beidseitige Beplankung und dauerhafter Wetterschutz aussen (Holz, Faserzementverkleidung, Blech, etc.);

„Bei den betrachteten Fassadenelementen handelt es sich um Holzrahmenelemente, die vom regionalen Holzbauunternehmen Huber und Sohn GmbH und Co. KG angefertigt wurden. Das Ziel war, im Werk vorgefertigte Fassadenelemente einschließlich Fenstern und Türen auf die Baustelle zu liefern und mit minimiertem Zeitaufwand zu montieren. Auf dem Prüfstand standen zunächst vier verschiedene Systeme zur Anbindung der Dämmelemente an die bestehende Außenwand zur Auswahl:

1. Einblasdämmung mit Zellulose
2. 16 cm Riegelkonstruktion, 24 cm Mineralfaserdämmung
3. Isofloc – Sprühverfahren
4. Ruhende Luftschicht

Aufgrund der geringeren Kosten und der kürzeren Montagezeit wurde schließlich das System „ruhende Luftschicht“ gewählt. Einziger Nachteil dieses Systems ist die mögliche Hinterspülung der Fassadenelemente durch kalte Luft und damit Unwirksam werden der Dämmung. Durch eine konsequent geplante und durchgeführte Abdichtung des Luftspalts soll dieser Effekt verhindert werden.“ (Konversion Schlussbericht, 183f)

#### **Aufbau**

- Waagrechte Hilfskonstruktion aus Holzriegeln
- Abgeschlossener Hohlraum zwischen Bestand und Fassade
- Gipsfaserplatte als „Deckel“ für die Wärmedämmung und als Transportaussteifung
- Tragkonstruktion aus Holzriegeln mit dazwischen liegender Wärmedämmung
- Diffusionsoffene Holzwerkstoffplatte
- Diffusionsoffene, lichtbeständige Folie als Wetterschutz
- Lattung
- Fassadenverkleidung aus Profildübeln

#### **Montage / Befestigung**

Mauerwerksdübel und waagrechte Hilfskonstruktion aus Holzriegeln;

Dimensionierung der Dübel: Zugversuche durch den Hersteller.

Funktion der Hilfskonstruktion aus waagrechten Riegeln: Ausgleich von Ebenheitstoleranzen, Dübel können unabhängig von der Fassadenteilung und nachträglicher Schließbarkeit eingesetzt werden.

#### **Umgang mit Bauleranzen**

Ruhende Luftschicht als Toleranzausgleich; es wurde ein eigenes Abdichtungssystem entwickelt, dass verhindert dass der neue Bauteil in dieser Ebene hinterströmt wird.

#### **Integration von Installationen**

Hohlraum zwischen Bestandsmauerwerk und Fassadenelement zum Toleranzausgleich wird für eine zusätzliche Wandheizung genutzt; Wandheizelemente wurden bei der Vorfertigung im Werk aufgebracht

#### **Flächenheizung**

Kapillarrohrmatten der Firma Clina die direkt im Werk angebracht wurden; Gesamtfläche der Heizelemente 132 m<sup>2</sup>; Funktion: über den ruhenden Luftspalt wird Wärme auf die Bestandswand übertragen, gespeichert und an die Innenräume abgegeben (thermische Aktivierung der Aussenwand).

„Das wichtigste Merkmal des Systems ist die vorher an die Elemente angebrachte Flächenheizung, die aus Kapillarrohrmatten der Firma Clina besteht. Die Gesamtfläche der Heizelemente beträgt insgesamt 132 m<sup>2</sup>. Über den ruhenden Luftspalt wird nun die Wärme auf die Bestandswand

übertragen, die mit ihrer thermischen Speicherfähigkeit Niedrig-Energie aufnehmen und an die Innenräume abgeben soll.

Ein allgemeiner Ansatz der Funktion der Fassadenheizung ist in der thermischen Aktivierung der Außenwand zu sehen. Niedere Solarenergie, die tagsüber eingetragen wird, andere regenerative Energien oder auch Energien aus Rückläufen andere Heizmedien, können zur kälteren Nachtzeit genutzt werden und sollen so den Heizbedarf minimieren. Für die erste Phase der Untersuchung wurde eine Konstanttemperatur von 25 °C im Vorlauf der Kapillarrohrmatten gewählt.“ (Konversion Schlussbericht, 184)

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass die Oberflächentemperaturen mit der Flächenheizung um einen geringen Wert über die Raumlufttemperatur angehoben werden konnten. Der Einsatz dieses Heizsystems wird dann als sinnvoll erachtet, wenn „die eingesetzte Energie von regenerativer Natur genutzt oder aber Restwärme aus anderen Heizsystemen weiter verwertet“ wird.

**Messtechnische Überprüfung der Wirkungsgrade der Fassadenheizung:**

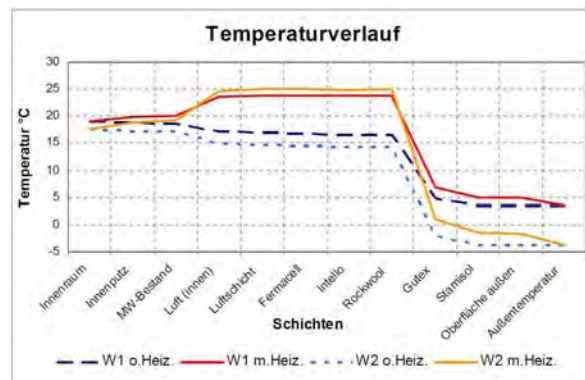
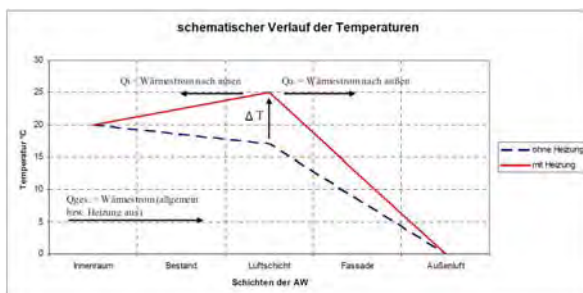
Zur Überprüfung der theoretischen Werte wurden die Fassadenelemente mit Messensoren ausgestattet. Diese nehmen in 5-Minuten Intervallen die Messdaten Temperatur und relative Feuchte auf. Über zwei Messperioden wurde versucht das theoretische Modell nachzubilden, wobei jeweils eine kältere (W1) und eine wärmere (W2) Winterwoche als Messperiode gewählt wurden.

Die instationäre Untersuchung wurde mit dem Bauteil-Simulationsprogramm WuFi Pro vom Fraunhofer Institut für Bauphysik durchgeführt.

**Zusammenfassende Bewertung:**

„Gemäß dem Titel dieses Berichts, »Flächenheizungen mit innovativem Layout«, konnte ein neuartiges Fassadensystem zur Beheizung von Gebäuden in der Sanierung untersucht werden. Im Vordergrund dieser Untersuchung stand eine erste Einschätzung und Bewertung des energetischen Verhaltens hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten. Es konnte gezeigt werden, dass die hier untersuchte Fassadenheizung im stationären Fall als Heizsystem funktioniert. Gedanklich ist das auch durchaus nachvollziehbar, wenn die Grenze der beheizten Gebäudehülle bis auf die Außenseite der Kapillarrohrmatten gezogen wird. Die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass mit dem hier angesetzten Aufwand eine instationäre Bewertung nur bedingt möglich ist. Das lag zum einen an einer zu kurzfristig angelegten Messreihe und dem zu gering angesetzten Einsatz an Messtechnik, zum anderen aber an noch nicht ausreichend überprüften Einflüssen vor allem durch das Nutzerverhalten. Erste instationäre Untersuchungen mit dem Bauteil-Simulationsprogramm WuFi Pro konnten aber deutlich machen, dass der Eintrag von Heizwärme mit Heiztemperaturen von 25° C auch in einem periodischen Verlauf Vorteile bringen kann. Die Oberflächentemperaturen konnten hier im Durchschnitt, wenn auch nur um einen geringen Wert, über die Raumlufttemperatur angehoben werden. Wird die eingesetzte Energie von regenerativer Natur genutzt oder aber Restwärme aus anderen Heizsystemen weiter verwertet, so kann die Fassadenheizung durchaus positiv bewertet werden. Bislang konnte dies aber durch Messergebnisse nicht ausreichend belegt werden. Es wird also eine weiterführende Untersuchung nötig sein, die in einem bereits in Antrag befindlichen Forschungsprojekt Berücksichtigung findet. Das mit „smartTES“ titulierte Verbundvorhaben soll das Thema der Fassadenheizung nochmals beleuchten und gleichzeitig auch die Nutzbarkeit der Fassadenkonstruktion an sich untersuchen.“ (Konversion Schlussbericht, 191)

**FOTOS**



**Bad Aibling, Temperaturverlauf und Wärmeströme der Fassadenheizung:** Schematischer Temperaturverlauf, Temperaturverlauf in der Fassade der Woche 1 (W1) und der Woche 2 (W2) Grafiken © HS-Rosenheim



### Elementgrößen

Paneelhöhe maximal	3,5 m
Paneelbreite maximal	13 m

Flächen [m <sup>2</sup> ]		vor der Sanierung	nach der Sanierung
Bruttogeschossfläche (BGF)	A:	2.426,50	2.426,50
	B:	356,40	356,40
	C:	102,96	102,96
Beheizte Nettogeschossfläche (NGF)	A:	1.941,20	1.941,20
	B:	211,08	211,08
	C:	93,60	93,60

Energetische Kenndaten		vor der Sanierung	nach der Sanierung
Heizwärmebedarf (NGF) [kWh/m <sup>2</sup> a]		160	
Strombedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]		28	<b>25</b>
Endenergiekennzahl (NGF) [kWh/m <sup>2</sup> a]**	A		<b>63,60</b>
	B		<b>55,62</b>
	C		<b>82,32</b>

\*) Heizung, TWW, Lüftung, Kühlung, Nutzer

\*\*\*) Bedarf Netz: Heizung, TWW und Verluste Netz

Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]		
Baukonstruktion / Schichten	Dicke [cm]	U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]

Aussenwand+Fassadenpaneel (Ufp)		0,15
Bestandsmauerwerk		
mit Innen- und Aussenputz	43	
Ruhende Luftschicht	0 – 5	
Gipsfaserplatte	1	
Holzrahmenkonstruktion 60/160		
inkl. Mineralfaserdämmung	16	
Holzfaserdämmplatte	3,5	
Winddichtungsbahn		
Hinterlüftete Fassadenbekleidung		
Rhombusschalung	36	
(altern. Balkone: 3-Schichtplatten	21)	

### Sonstige Bauteile

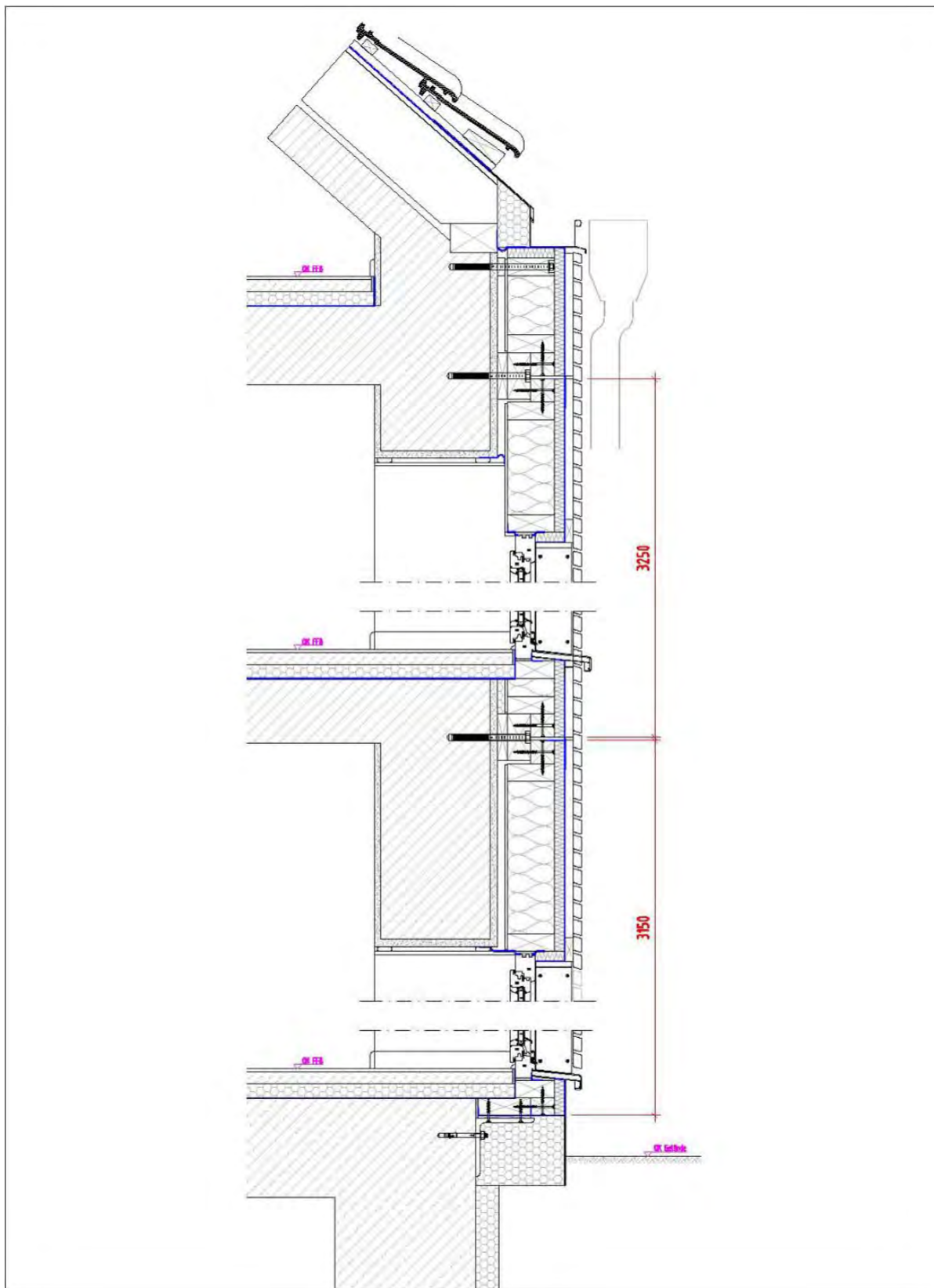
Außenwand		0,155
Aussenputz	1,5	
Dämmung	20	
WLG 035		
HLZ-Mauerwerk	30	
Innenputz	1,5	

Fenster (Uw)		0,99 (0,94 bis 1,09)
--------------	--	----------------------

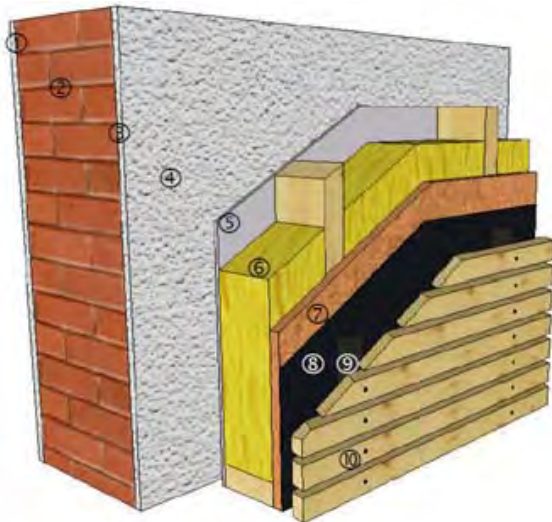
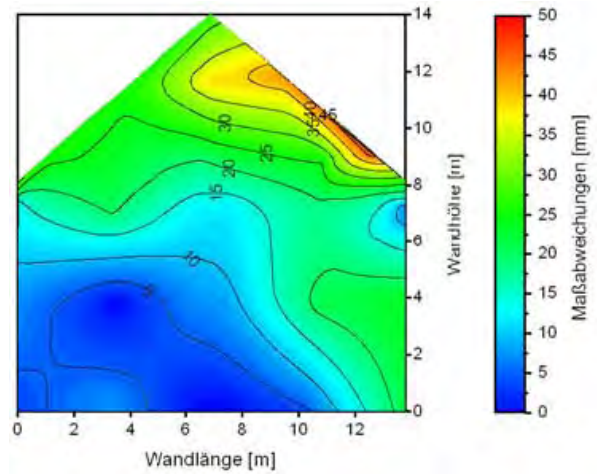
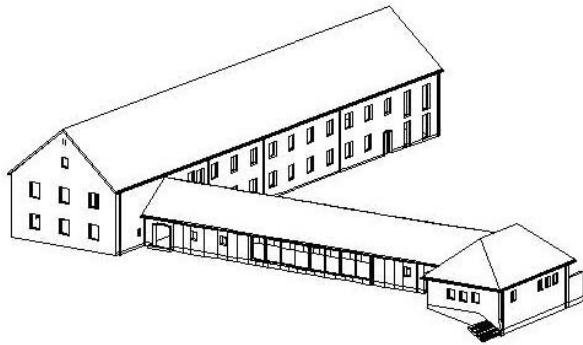
Dachschräge		0,166
Gipskarton-Bauplatte	1,5	
Dämmung	9+16	
WLG 035		
Schalung	2,5	
Dachaufbau Bestand		

Oberste Geschossdecke		0,125
Estrich	5	
WLG 035		
Dämmung	25	
Betondecke	18	

FOTOS



**Bad Aibling**, Vertikalschnitt durch die Fassadensanierungselemente.  
Grafik © huber&sohn



**Bad Aibling, Holzelemente zur Fassadensanierung und Fassadenheizung:** Gebäude 353 als Testobjekt, Tachymetrische Vermessung, Aufbau der sanierten Außenwand, Kapillarrohrmatten auf den Fassadenelementen.

Fotos, Grafiken © huber&sohn; HS-Rosenheim

Lüftung

Abluftanlage wurde installiert

Heizung und Warmwasser

Nahwärmenetz

Schallschutz Rw [dB]

Maßnahmen zur Begrenzung der Schalllängsleitung: Elastomerlager zwischen Hilfskonstruktion und Fassade, konsequente Trennung der Elemente nach Nutzungsabschnitten.

Brandschutz F (30, 90)

Notwendiger Brandschutz der Aussenwand wird durch das Bestandsmauerwerk erbracht;

Brandschutz von in die Fassadenelementen integrierten Fenstern und Balkontüren: Montage von Gipsfaserplatten als Fensterlaibung in Verbindung mit einem Brandschutzkragen aus Steinwolle im Hohlraum zwischen Fassade und Bestand.

Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

**Vorteile Holzelementbauweise**

- Geringes Gewicht bei vergleichbar höherer Tragfähigkeit (Maßgeblich für Befestigung am Bauwerk)
- gute Wärmedämmeigenschaften
- leichte Verarbeitung
- Kombinationsmöglichkeit mit anderen Baustoffen,
- gestalterische Möglichkeiten der Wandoberflächen (Faserzementplatten, Blech, Holzverkleidung, Putzoberflächen)
- dauerhaft gegen mechanische Beanspruchung
- Möglichkeit nachträgliche Installationen unterzubringen (Elektro, Sanitär, Heizung)

Weiterführender Forschungsbedarf

- Einsparung der luftdichten Ausführung der Hohlräume durch die Anwendung von Einblasdämmung.
- Weiterbearbeitung des Themas Fassadenheizung, wie länger angelegte Messergebnisse etc. (Folgeprojekt smartTES wurde beantragt)

## II Holzrahmenelemente vorgefertigt

### Bruckmühl, Deutschland – Sanierung eines Geschosswohnungsbaus (Niedrigenergiehaus mit PH-Komponenten)

#### Projektbeschreibung Überblick

**Gebäudetyp:** Geschosswohnungsbau, 8-Familienwohnhaus mit EG und OG, Abriss Dachspeicher und Aufstockung

**Adresse / Standort:** D-83052 Bruckmühl (Bayern), Sudetenstr. 13 / Oderweg 6

**Baujahr / Errichtung:** 1955

**Baukonstruktion Bestand:** Mauerwerksbau

**Modernisierung / Sanierung:** 2009, Sanierung Niedrigenergiehaus mit PH-Komponenten sowie Abriss Dachspeicher und Aufstockung, 8 Wohnungen saniert, 3 Wohnungen neu im DG:

- Minimierung der Wärmebrücken durch Abriss vorspringender Bauteile
- Dämmfassade in ökologischer Holzbauweise als vorgefertigte Elemente für kurze Bauzeit
- DG- Aufstockung aus Holz- Dickholz für Außen und Innenwände mit fertigen Oberflächen
- Passivhaus- Fenster mit 3-fach-Verglasung
- Erneuerung aller haustechnischer Installationen
- Holz- Pelletsheizung und Solarkollektoren
- Wohnraumlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in jeder Wohnung
- Deckung der Restwärme über Heizkörper.

„Das zweigeschossige Mietshaus der Gemeinde, Baujahr 1955, mit 8 WE, wurde grundsaniert. Dabei wurde fast die komplette Haustechnik erneuert. Der Dachspeicher wurde abgerissen und das DG wurde in Holzbauweise aufgestockt mit 3 zusätzlichen Wohnungen. Alle Wohnungen erhielten zentrale Wohnraumlüftungen. Die Dämmfassade wurde aus vorgefertigten, ökologischen Holzbaulementen incl. Fenster und Rollläden vor die Fassaden gestellt, um einen schnellen Bauablauf zu erreichen. Die DG- Aufstockung erfolgte als Holz- Dickholzkonstruktion.“  
(<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=1504>, 25.05.2010)

#### Produkt

Außenwand: Vorgefertigte Holzrahmenelemente vor massiven Aussenwänden in EG und OG sowie Dickholzwänden der DG- Aufstockung:

- TJI-Trägern mit Zellulose-Einblasdämmung d= 24 cm, plus Holzfaserdämmplatten d= 5 cm,
- aussen verputzt  
U-Wert = 0,13 W/(m²K)

(<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=1504>, 25.05.2010)

**Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber:** Gemeinde Bruckmühl

**ArchitektInnen / Projektleiter:**

**Architektur:** Martin Schaub, Dipl.-Ing. Architekt + Energieberater (BAFA), Großkarolinenfeld

**Haustechnik:** Ingenieurbüro TGA L. Garnik, Bruckmühl

**Elektro:** Planungsbüro für Elektrotechnik H.-J. Meyer, Tuntenhausen

#### Infos / Literatur

Schaub, Martin: Energetisches Modernisieren mit Passivhaus- Komponenten. Vortrag Passivhauskreis Rosenheim Traunestern e.V.

([www.passivhauskreis.de/.../Sanieren\\_mit\\_Passivhauskomponenten\\_090917\\_Martin\\_Schaub.pdf](http://www.passivhauskreis.de/.../Sanieren_mit_Passivhauskomponenten_090917_Martin_Schaub.pdf), 25.05.2010)

Knierim, Thorsten / Fürst, Florian / Görlich, Sebastian: Dachaufstockung in Passivhausbauweise. Energetische Betrachtung von Bestand und der Aufstockung. Diplomarbeit FH Rosenheim, Fachbereich Holzbau, 2007/2008.  
Passivhaus Institut Deutschland

<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=1504>

Dipl.-Ing. Architekt Martin Schaub

[http://www.architekt-schaub.de/projekte/aktuelles/altbaumodernisierung\\_passivhaus-47.html](http://www.architekt-schaub.de/projekte/aktuelles/altbaumodernisierung_passivhaus-47.html)

Rosenheim 2020 RosolarWiki

[http://www.rosolarwiki.de/wiki/Altbausanierung\\_im\\_Passivhaus-Standard](http://www.rosolarwiki.de/wiki/Altbausanierung_im_Passivhaus-Standard)

#### Kontakt

Dipl.-Ing. Architekt Martin Schaub

D-83109 Großkarolinenfeld, Nelkenweg 12

0049 (0) 8031 259498

[martin@architekt-schaub.de](mailto:martin@architekt-schaub.de)

[www.architekt-schaub.de](http://www.architekt-schaub.de)

Zimmerei & Dachdeckerei Hundhammer GmbH

D-83043 Bad Aibling, Eichenstrasse 22

0049-(0)-8061-8314

[hermann.hundhammer@t-online.de](mailto:hermann.hundhammer@t-online.de)

[www.hundhammer.de](http://www.hundhammer.de)

## Projektbeschreibung Bestand

### Allgemeine Beschreibung

Baujahr: 1955, Mauerwerksbau

Wohnfläche: 469 m<sup>2</sup> in EG und OG mit 8 Wohnungen  
plus Keller mit 231 m<sup>2</sup> Nfl. (und Dachspeicher)

### Baukonstruktion Bestand

*Außenwände:* Hohlblocksteine d= 24 cm, U= ca. 1,65 W/m<sup>2</sup>K,

Westfassade mit Faserzementplatten verkleidet

*Innenwände:* aus Vollziegeln, d= 11,5 cm

*Kellerdecke:* Stahlbeton, d= ca. 12 cm

*Geschossdecken:* Holzbalkendecken mit Einschub 6 cm Kies, Balken ca. 8/18 cm, unterseitig mit Holzschalung plus Rohputz; oberste Geschossdecke ohne Dämmung zu unbeheiztem Dachspeicher

*Dach:* Pfettendachstuhl mit Eindeckung aus Tondachziegeln

*Fenster:* Holz- Kastenfenster

*Haustüren:* Holztüren mit Einfachverglasung

### Haustechnik Bestand

Öl- Einzelöfen für Raumwärme mit Öltanks im unbeheizten Keller (Heizölverbrauch ca. 1.250 l pro Jahr); Warmwasserbereitung dezentral über Elektroboiler.

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Kosten / m<sup>2</sup>

Baukosten 2089,- EUR/m<sup>2</sup> Wohn-/Nutzfläche (Kostengruppe 200 bis 700)

Bauwerkskosten 1802,- EUR/m<sup>2</sup> Wohn-/Nutzfläche (Kostengruppe 300 bis 400)

Anteil energetische Sanierung: ca.1.584 EUR/m<sup>2</sup> Wohn-/Nutzfläche

### Gestalterische Möglichkeiten

Farbliche Gestaltung uneingeschränkt möglich

### Baumaßnahmen

- Änderungen an der Gebäudehülle (Abbruchmaßnahmen) um Wärmebrücken zu vermeiden:

- Balkone an der Südfassade
- Vorbau an der Westfassade
- Außentreppen (betoniert) bei beiden Hauseingängen
- Kelleraußentreppen (betoniert), Schließen der Außentüren
- Vorsprünge und Wandanschlüsse (massiv)
- Vergrößerung der Fenster durch Abbruch der Brüstungen und Änderung zu Fenstertüren, insbesondere nach Süden zur Erhöhung der solaren Gewinne
- Sanierung aller Bäder inkl. der Haustechnik
- Erneuerung aller Fenster und Außentüren
- Dämmung der Decke zum unbeheizten Keller
- Dämmung der Fassade
- Anwendung ökologischer Baustoffe
- Hoher Vorfertigungsgrad bei Fassade und Aufstockung, damit Montagezeit reduziert, die Passgenauigkeit erhöht und die Bauzeit reduziert. Die hohen Anforderungen an die Luftigkeit der Gebäudehülle für den Passivhausstandard können so erreicht werden.
- Passivhausstandard als Energiestandard für Bestandssanierung und Aufstockung

### Konstruktion

#### **Vorfertigung**

Fenster und Rolläden (Sonnenschutz) bereits im Werk im Fassadenelement montiert

<u>Flächen [m<sup>2</sup>]</u>	<u>vor der Sanierung</u>	<u>nach der Sanierung</u>
Energiebezugsfläche nach PHPP	469	<b>682</b>

<u>Energetische Kenndaten</u>	<u>vor der Sanierung</u>	<u>nach der Sanierung</u>
Heizwärmebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a] nach PHPP		<b>22</b>
Gebäudeheizlast nach PHPP [W/m <sup>2</sup> ]		<b>13</b>
Primärenergiekennzahl nach PHPP [kWh/m <sup>2</sup> a]*		<b>98</b>
Primärenergiebedarf Bestand + Aufstockung		<b>38</b>

\*) Wohn-/Nutzfläche für Heizung, Warmwasser, Hilfs- u. Haushaltsstrom

<u>Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]</u>		
<u>Baukonstruktion / Schichten</u>	<u>Dicke [cm]</u>	<u>U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]</u>

<b>Außenwand + Fassadenpaneel</b>		<b>0,13</b>
Innenputz	1,5	
Bestandsmauerwerk Holhlblockstein	24	
Luftdichtigkeitsfolie innen		
Luftschicht ruhend	2	
TJI-Träger u. dazwischen		
Zellulose-Einblasdämmung	24	
Holzfaserdämmplatte	5	
Gewebespachtelung / Dünnputz außen	0,8	

#### **Sonstige Bauteile**

<b>Fenster</b>		
Fensterrahmen: Holzrahmen Lärche mit Purit-Dämmkern (U <sub>w</sub> )		0,77
Verglasung: 3-fach Wärmeschutzverglasung (U <sub>g</sub> ), g-Wert = 55%		0,6

<b>Dach</b>		
Konterlattung 40/40	4	
Holzfaser-Unterdachplatte D	6	
3-Schichtplatte Fichte	4	
TJI-Träger dazwischen		
Zellulose-Einblasdämmung	36	
3-Schichtplatte Lärche D		5

**Kellerdecke / Bodenplatte****0,28**

Stahlbetondecke Bestand 12  
 PU-Dämmplatte unterseitig 8  
 und zusätzliche Flankendämmung (Wandschürzen),  
 aufgrund der geringen Raumhöhe im Keller konnte keine dickere Dämmung geplant werden.

Lüftung

HOVAL, Wohnraumlüftungsgerät RS-180. Jede Wohnung ist mit einem Wohnraumlüftungsgerät ausgestattet (WRG 84% nach PHPP). Die Zu- und Abluft wird über die Außenwand geführt. Das Gerät ist unter der Decke in der Küche montiert. In die Wohn- und Schlafräume wird Zuluft eingblasen, über Bad und Küche abgesaugt.

Heizung und Warmwasser

Holz- Pelletskessel, beheizt über Zuluft und zusätzlich mit Plattenheizkörpern; zusätzlich Solaranlage (20m<sup>2</sup>) und Pufferspeicher (1.500 l, deckt gesamten Heißwasserbedarf im Sommer und 60 Prozent Heizbedarf im Winter, Restwärme durch den Holz-Pelletskessel).

Luftdichtheitn<sub>50</sub> = 0,6/hSchallschutz Rw [dB]

k.A

Brandschutz F (30, 90)

k.A

Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

k.A

FOTOS

**Sanierung Geschosswohnungsbau Bruckmühl:** Bestand, nach der Sanierung.  
 Fotos © Schaub

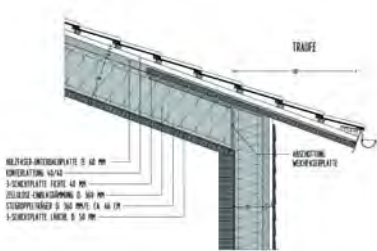
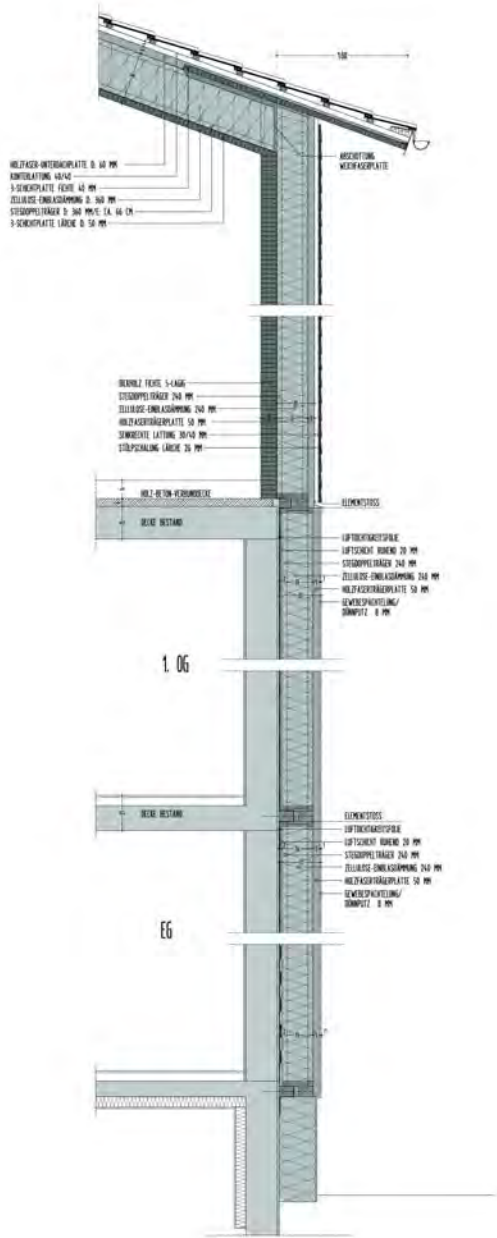
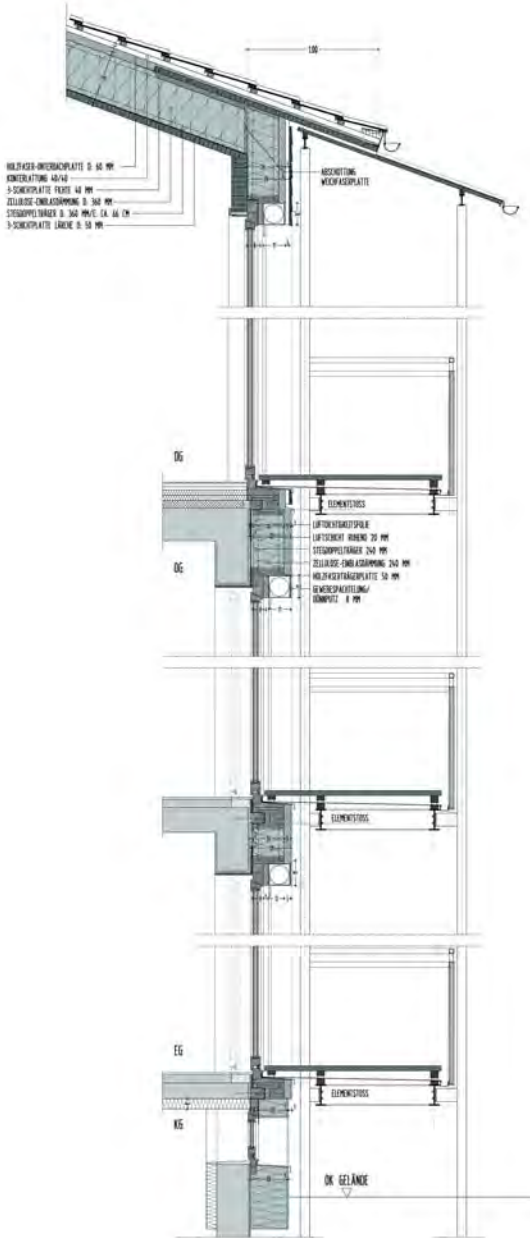




Baustelle

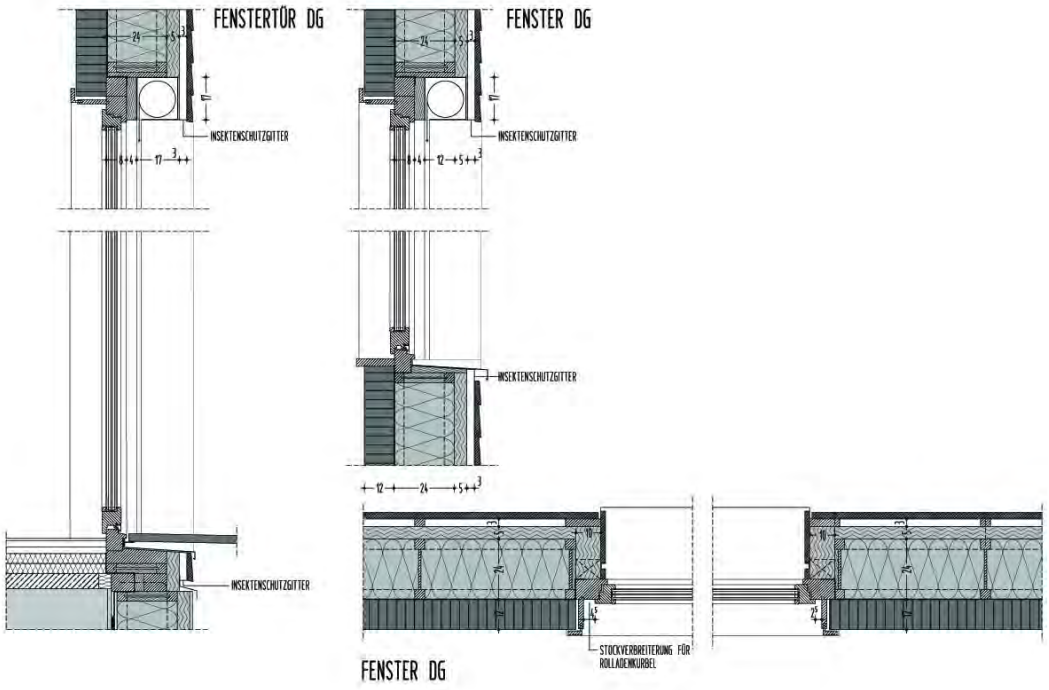
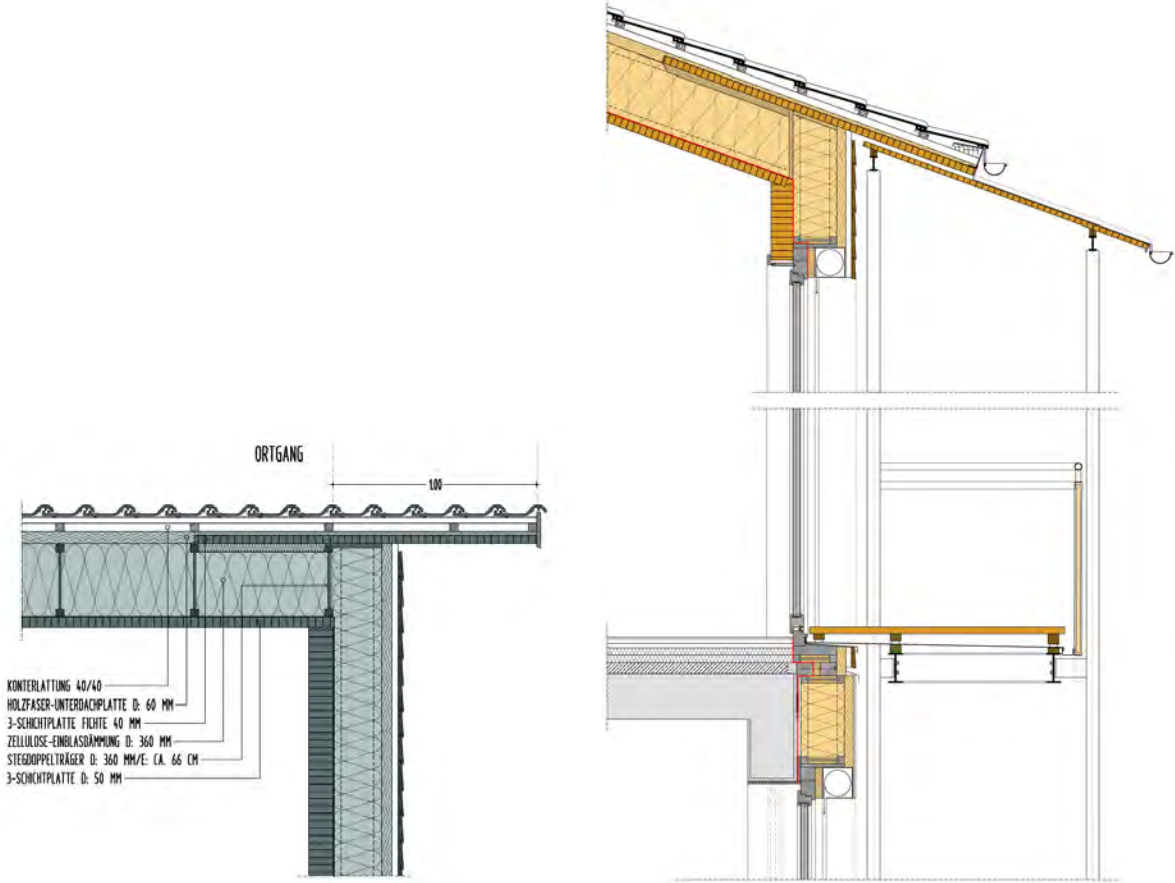


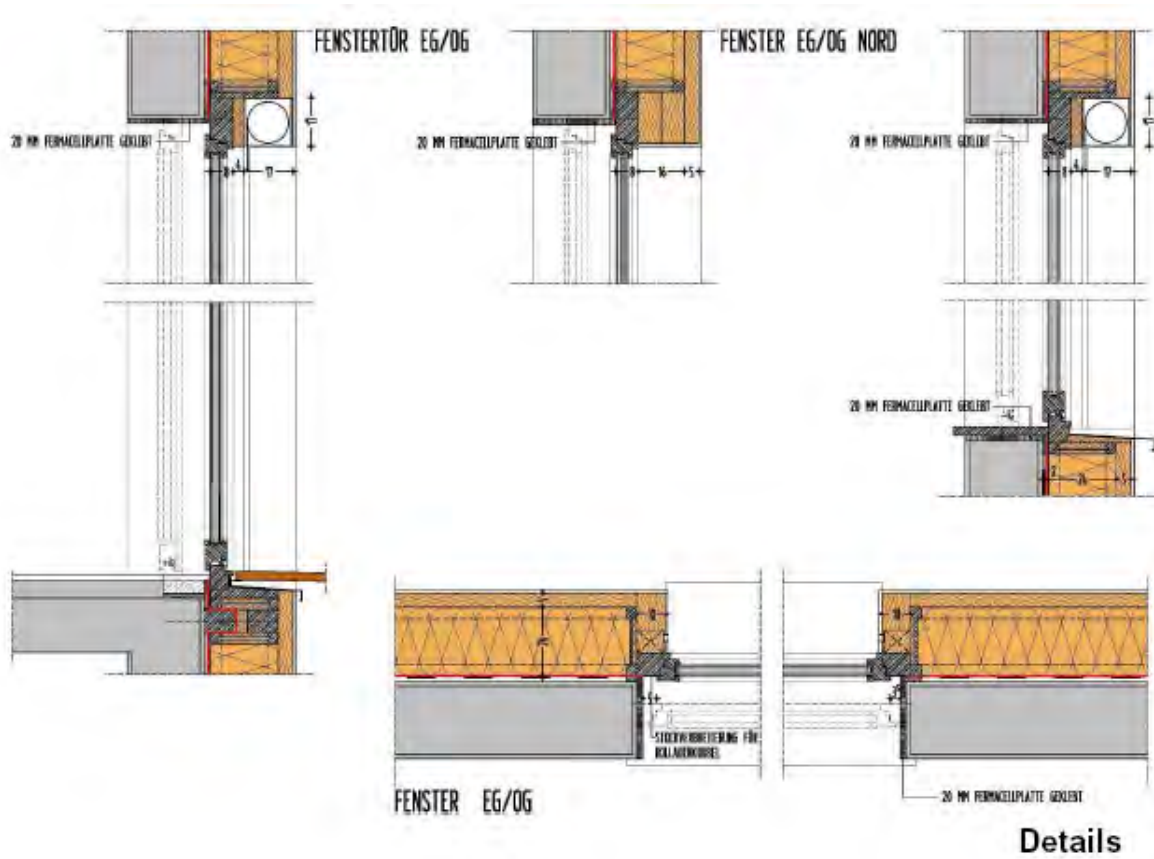
**Geschosswohnungsbau Bruckmühl, Fassadenelemente:** Produktion, Lieferung und Montage, Einbindung der Leitungen.  
Fotos © Schaub



**Geschosswohnungsbau Bruckmühl, Details:** Fassadenschnitt gesamt 1+2, Details Traufe.

Grafiken © Schaub





**Geschosswohnungsbau Bruckmühl, Details:** Details Ortgang, Systemschnitt DG, Fenster DG, Details Fenster/Fenstertüranschlüsse EG + OG.  
Grafiken © Schaub

## III PHI-zertifiziertes Bausystem Naumann&Stahr

### Leipzig, Aufstockung und Altbausanierung mit Holz-Bausystem

#### Projektbeschreibung Überblick

Gebäudetyp: Geschosswohnungsbau

Adresse / Standort: D-04249 Leipzig - Kleinzschocher (Sachsen), Windorfer Strasse

Baujahr / Errichtung: 1888 (Gründerzeit)

Baukonstruktion Bestand: Gründerzeit

Modernisierung / Sanierung: 2002 / 2003

Energetische Gebäudesanierung eines Gründerzeithauses auf Niedrigenergiehausstandard und Errichtung einer Passivhauswohnetage mit Aufstockung eines vierten Stockwerkes. Für EG und 1.OG wurde der Heizwärmebedarf auf den eines 3-Liter-Hauses gesenkt, im 2.OG bis 4.OG wurde Passivhausstandard erreicht.

Außenwand der Aufstockung 4.OG: Zellulosedämmung 39 cm (PHI-zertifiziertes Bausystem Naumann&Stahr), U-Wert 0,10 kWh/m<sup>2</sup>a.

#### Produkt

*Holz-Bausystem (PHI-zertifiziertes Bausystem Naumann&Stahr)*

„Durch den Einsatz der Doppel-T-Träger erreicht das Bausystem das weltweit größte Rastermaß für Holzrahmenkonstruktionen. Diese Träger sind verwindungssteif und schwinden nicht, so dass eine dauerhaft formstabile, winddichte Konstruktion entsteht. Der Holzanteil der Wände ist sehr gering, was für die Wärmebrückenfreiheit von entscheidender Bedeutung ist.

Das Holz-Bausystem ist für alle Bauaufgaben bis zu 5-Vollgeschossen geeignet. Es verfügt über:

- Zulassungen für die Bauteile und das Bausystem
- Prüfzeugnisse für Brandschutz und Schallschutz
- die Zertifizierung als passivhaustaugliches Bausystem
- eine wärmebrückenfreie, diffusionsoffene und luftdichte Konstruktion
- ökologisch bewertete Baustoffe in der Gefährdungsklasse 0 (ohne Einsatz von Holzschutzmitteln)
- passivhaustaugliche Regel-U-Werte der Bauhülle und
- eine Luftdichtheit gemäß Passivhausanforderungen.“ (<http://www.naumannstahr.info>, 24.05.2010)

Der Einsatz des Holz-Bausystems bei der Gebäudeergänzung und bei der Altbausanierung wurde bereits erfolgreich erprobt und ist ebenso möglich. Für die Altbausanierung wurden spezielle Elemente entwickelt, die direkt auf die Außenwand geschraubt werden. OSB-Platten dienen als Putzträger und der Hohlraum wird mit Zellulosedämmung ausgefüllt.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: privater Bauherr

ArchitektInnen / Projektleiter: Ing.-Büro A. Naumann & H. Stahr

Fassadenelemente / Bauträger: Holz-Bausystem Ing.-Büro A. Naumann & H. Stahr

#### Infos / Literatur

Fingerling, Anne: Eine neue Generation des Holzbaus. o. J. (<http://www.naumannstahr.info/>, 13.12.2010)

Pfäffinger Jörg / Tengen-Blumenfeld: Holzbausystem drückt Energiekosten. In: Mikado. Unternehmernmagazin für Holzbau und Ausbau. Heft 8/2008. 66 – 69

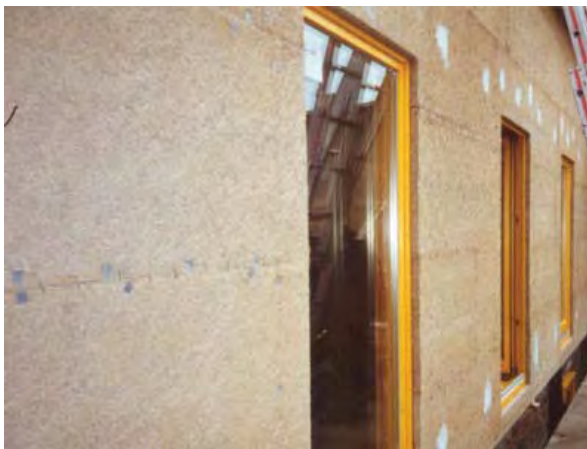
Stahr, Harald: Verjüngungskur. Sanierung eines Gründerzeithauses in Leipzig. In: Deutsche Bauzeitung Heft 8/2005. 38 – 39

Passivhaus Institut Deutschland  
<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=814>

Kontakt

Ing.-Büro A.Naumann & H.Stahr GbR  
Dipl.-Ing.(FH) Andreas Naumann / Dipl.-Ing. Harald Stahr  
D-04299 Leipzig, Arnoldstrasse 26  
0049 (0)341 - 8631970  
info@naumannstahr.info  
<http://www.naumannstahr.info>

FOTOS



**Sanierung Geschosswohnungsbau Leipzig:** Holzbausystem Naumann&Stahr: Bestandsgebäude, Baudokumentation und Gebäude nach der Sanierung. Fotos © Naumann&Stahr

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Allgemeine Beschreibung

Holzbau-System mit Doppel-T-Holzträgern in zwei Ausführungen: Holzwand System Naumann & Stahr und Solarwand System Naumann & Stahr (nicht hinterlüftete integrierte Fassadenkollektoren). Das System ist geeignet für Neubau und Sanierung. Die Elemente werden auf der Baustelle montiert und vor Ort mit Zellulose ausgeblasen.

### Kosten / m<sup>2</sup>

Holzfassadenpaneel / Solarwandpaneel (exkl. Absorber) ca. 200,- EUR/m<sup>2</sup>

### Gestalterische Möglichkeiten

Fassadenpaneele können farblich gestaltet oder mit verschiedenen Oberflächen ausgeführt werden

### Konstruktion

#### **Wandaufbau**

„Grundkonstruktion des Bausystems ist ein Holzrahmentragwerk. Dieses besteht aus im Raster von 1,283 m angeordneten Doppel-T-Holzträgern. Dazwischen stehen Wandscheiben aus Egger-OSB-Platten (EGGER - Eurostrand), die an der Innenseite des Innen-Gurtes vernagelt sind. Zwischen dem Gurt der Träger und den Egger-OSB-Platten ist eine Dichtung aus Butylkautschuk eingebracht. Durch die Nagelung entsteht somit eine Pressfuge. Die Plattenstöße sind mit einer Lattung hinterlegt und mit SIGA-Dichtbändern verklebt. Um Wärmebrücken konsequent zu vermeiden werden die Deckenträger zwischen den beplankten Außenwänden eingehängt. Als Auflager dient eine umlaufende Bohle, die zusätzlich durch Stiele gestützt wird.

Die Innenverkleidung besteht aus Gipsfaserplatten (Fermacell), die auf einer horizontalen Querlattung und schalltechnisch von der Restkonstruktion entkoppelt angebracht sind. Diese können tapeziert oder gestrichen werden.

Die äussere Verkleidung besteht aus Thermowall-Putzträgerplatten die mit den Trägern vernagelt sind. Auf die Platten ist der Grund- und Armierungsputz mit vollflächiger Glasgitterarmierung sowie als Abschluss ein Dekor-Putz aufgebracht.

Als alternative Aussenhülle kann eine hinterlüftete Holzschalung oder eine Holzelementplatte mit Anstrich zum Einsatz gelangen. Auch eine Mischung der verschiedenen Fassadensysteme ist möglich, da weder die Außen- noch die Innenschale statische Funktionen übernehmen.

Bauphysikalisch dient die Egger-OSB-Platte gleichzeitig als Dampfbremse, zur Bildung der luftdichten Ebene, zur Luftschalldichtung, Begrenzung der Installationsebene, als Rauchdichtheitsebene und zur Löschwasserdichtung. Die Aussengefache sowie die als Installationsebene dienenden Innengefache werden vollständig mit Isofloc ausgeblasen. Dabei werden die Gurte der Träger überdämmt und damit die Wärmebrücke des Ständerwerkes wesentlich reduziert.

Die Wandelemente werden Geschosshoch gefertigt. Insgesamt ist Bauen bis fünf Vollgeschosse möglich.“ (<http://www.naumannstahr.info>, 24.05.2010)

#### **Holzwand System Naumann & Stahr**

(Aufbau siehe Tabelle)

#### **Solarwand System Naumann & Stahr**

Nicht hinterlüftete (integrierte) Fassadenkollektoren  
(Aufbau siehe Tabelle)

#### **Dachelement**

„Der konstruktive Aufbau des Daches entspricht prinzipiell dem der Wand, wobei hier zur Erhöhung der Dämmdicke auf die Doppel-T-Träger zusätzlich noch Querhölzer aufgeschraubt werden. Den äußeren Abschluss bildet hier der Dachaufbau, der je nach Planung und Anforderung unterschiedlich aussehen kann. Die Herstellung von Sattel-, Walm-, Pult- oder Flachdächern ist möglich.“

(<http://www.naumannstahr.info>, 24.05.2010)

### **Bodenplatte**

„Bei der Konstruktion der Bodenplatte bildet eine Amroc-Holzelementplatte den unteren und seitlichen Abschluss. Auf den Doppel-T-Trägern der Bodenplatte sind Egger-OSB-Platten (bilden hier die luftdichte Ebene) angebracht. Darauf sind Holzweichfaserplatten befestigt, die zur Schallentkopplung (Trittschalldämmung) beitragen. Außerdem bilden sie in den Bereichen der Außenwandanschlüsse die luftdichte Verbindung zwischen der Egger-OSB-Platte der Außenwand und der Egger-OSB-Platte der Bodenplatte. Als dritte Schicht bilden die auf den Holzweichfaserplatten aufgelegten Fermacell-Estrichelemente den Untergrund für verschiedene Fußbodenaufbauten, wie z. B. Linoleum oder Bodenfliesen.“ (<http://www.naumannstahr.info>, 24.05.2010)

### **Passivhaustaugliche Holz-Kastenfenster**

(Aufbau siehe Tabelle)

„Die entwickelten passivhaustauglichen Holz-Kastenfenster bestehen aus zwei einflügeligen getrennten Blendrahmen, die durch ein Futter verbunden sind. Jeder Flügelrahmen enthält eine Zweischeiben-Isolierverglasung ( $U_g=1,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ; 24 mm (4/16/4)) und ist mit umlaufenden Falz- und Überschlagdichtungen versehen. Die Scheiben werden durch einen Thermix-Abstandshalter ( $g=0,022 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ) getrennt, der Scheibenzwischenraum ist mit dem Edelgas Argon gefüllt. Die Gesamtkonstruktion erhöht die Wärme- und Schalldämmung sowie die Luftdichtheit im Vergleich zu den bisher bekannten Fenstertypen. Holz als Rahmen- und Flügelwerkstoff weist eine hohe Festigkeit und eine niedrige Wärmeleitfähigkeit auf. Der Einsatz des Thermix-Abstandshalters reduziert den Wärmebrücke-neffekt gegenüber Aluminium- Abstandhaltern um ca. 40 %, wodurch die Gefahr von Tauwasserbildung im Randbereich erheblich verringert wird. Ein entsprechend großer Glaseinstand reduziert den ohnehin geringen Wärmebrückeneffekt des Abstandshalters weiter.“ (<http://www.naumannstahr.info/>, 13.12.2010)

### **Elementgrößen / Vorfertigung**

Geschoß-/gebäudehohe Elemente (Länge entsprechend der Gebäudehöhe), Breite bis 3 m.

„Die Vorfertigung von Segmenten erfolgt in Transportbreiten bis 3 m gemäß Zulassung und wird fremdüberwacht. Auch komplette ECKELEMENTE können vorgefertigt werden. Für alle üblichen Bau- und Dachformen können flexibel einsetzbare Module gebaut werden. Die Elemente sind geprüft und zugelassen bis zu einer Bauhöhe von bis zu fünf Vollgeschossen. Die Errichtung von Industrie- und Gesellschaftsbauten (wie Werkhallen, Bürogebäude, Schulen, Kindergärten, Turnhallen) ist ebenso möglich wie mehrgeschossiger Wohnungsbau.“

Durch den Einsatz der Doppel-T-Träger erreicht das Bausystem das weltweit größte Rastermaß für Holzrahmenkonstruktionen. Diese Träger sind verwindungssteif und schwinden nicht, so dass eine dauerhaft formstabile, winddichte Konstruktion entsteht.

Der Holzanteil der Wände ist sehr gering, was für die Wärmebrückenfreiheit von entscheidender Bedeutung ist. Der Nachweis der Wärmebrückenfreiheit bis 5-Geschosse ist geführt und vom Passivhausinstitut Darmstadt zertifiziert. Alle Konstruktionsdetails sind als passivhaustauglich bewertet.“ (<http://www.naumannstahr.info/>, 13.12.2010)

„Die Träger werden nicht von den Deckenelementen unterbrochen, sondern sie sind auf der gesamten Höhe durchlaufend (12m). Es entstehen also keine Gelenke, wodurch die statische Belastbarkeit beeinträchtigt werden würde.“ (Fingerling o. J., 2)

### **Montage**

Die Elemente sind außen mit einer Holzzementplatte und innen mit Gipskarton verkleidet. Sie werden auf der Baustelle montiert und mit Zellulosedämmung (28 cm und 9,5 cm) ausgeblasen.

Beim Standard-Aufbau wird bei Wänden, Dach und Fußboden ein U-Wert zwischen 0,1 und 0,13 erreicht. Die dreifach verglasten Fenster kommen auf rund 0,75.



Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

Baukonstruktion Schichten Dicke [cm] U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

**Fassadenpaneel Holzwand System Naumann & Stahr** (siehe Grafik) **0,1 - 0,13**

1	Putz (Bayosan)	1,5
2	Gutex-Thermowall	4,0
3	Dopell-T-Träger	9,7 / 30,5
4	Lattung e=62,50cm	5,4 / 5,4
5	Zellulosedämmung	28,3
6	Egger-OSB-Platte	2,2
7	Zellulosedämmung	10,6
8	Fermacell-GF-Platte	10
9	Holzweichfaserstk.	2,2
10	Lattung e= 62,5cm,	3 / 5
11	Stütze	5,4 / 5,4
12	Holzweichfaserstk.	2,2
13	Butyl-Kautschuk-Klebeband	0,15

**Fassadenpaneel Solarwand System Naumann & Stahr** (siehe Grafik) **0,18 – 0,20**

1	Fermacell-GF-Platte	3,75
2	Lattung e= 62,5cm	3,0 / 5,0
3	Holzweichfaserviervierecke	2,2
4	Dopell-T-Träger	30,5
5	Zellulosedämmung	10,9
6	OSB-Platte	2,2
7	Zellulosedämmung	28,3
8	Einscheibensicherheitsglas	0,8
9	Luftschicht	6,0
10	Anstrich Silikatfarbe	
11	Heraklithplatte	3,5
12	Lattung e= 62,5cm	5,7 / 5,7
13	Halteprofil + Pfoendichtung	5,7 / 6,0
14	Abdeckprofil	
15	Absorber	
16	Butyl-Kautschuk- Klebeband	0,15
17	Querholz	5,7 / 10,0
18	Brandschutzplatte	2,0

**Sonstige Bauteile**

Dach (U <sub>regulär</sub> )	0,1008
Bodenplatte (U <sub>regulär</sub> )	0,1361

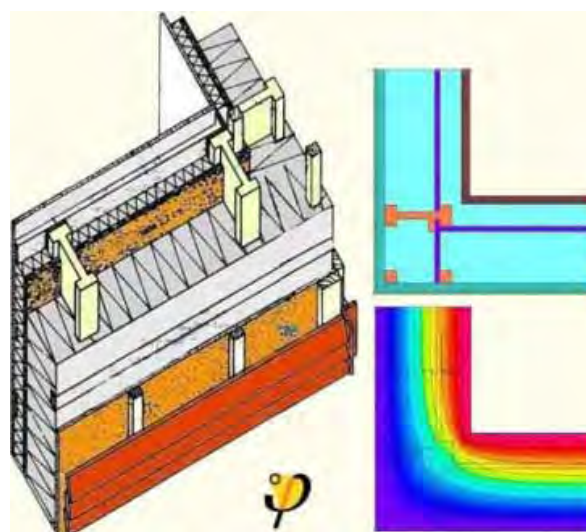
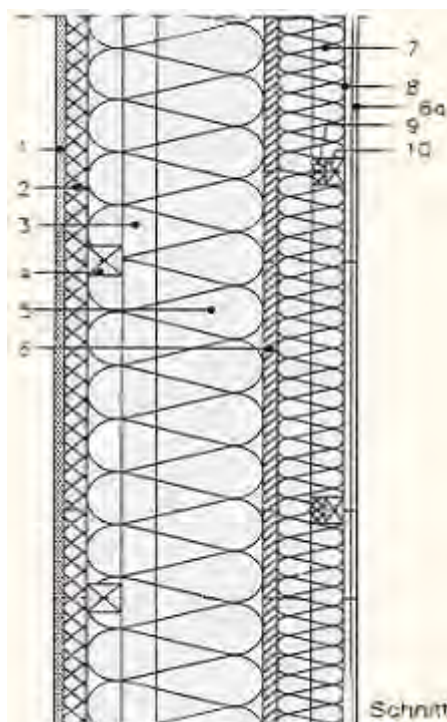
**Bodenplatte und Wandanschluss System Naumann & Stahr** (siehe Grafik)

1	Putz (Bayosan)	1,5
2	Gutex-Thermowall Putzträgerplatte	4,0
3	Doppel-T-Träger	9,7/30,5
4	Lattung	4,0/6,0
5	Zellulosedämmung	22,9
6	Egger-OSB-Platte	2,2
7	Querholz	5,4/5,4
8	Holzzementplatte	1,2
9	Randbohle	5,4/24,0
10	Dämmung	24,0
11	PE-Folie	0,2
12	Bodenplatte Beton	25,0

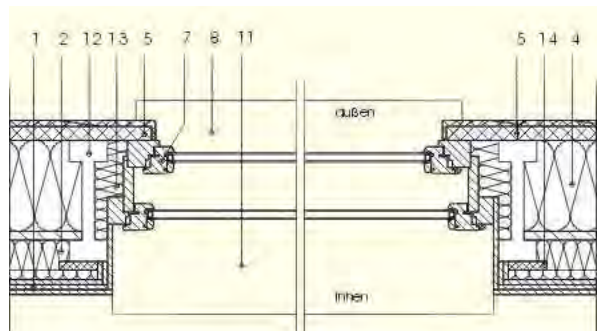
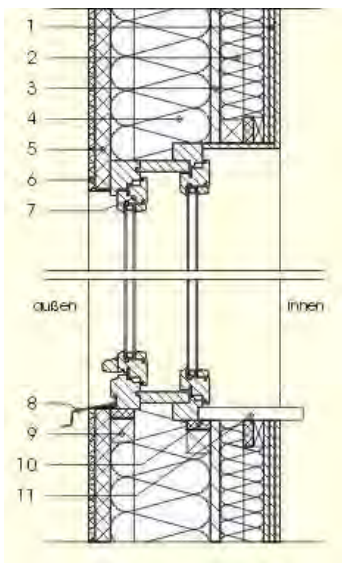
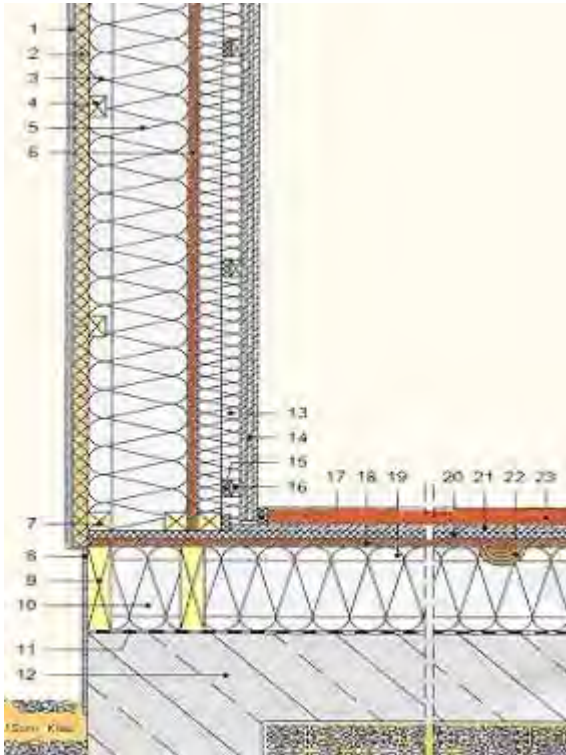
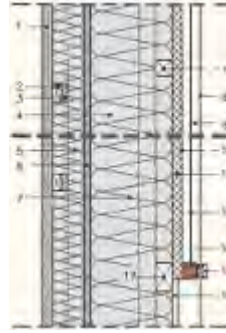
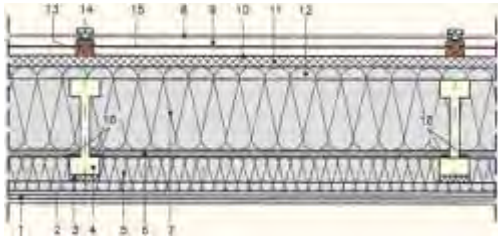
13	Dämmung	10,0
14	Fermacell-Platten	3,75
15	Holzweichfaserstück	2,2
16	Lattung	2,4/4,8
17	Holzweichfaserstreifen	2,2
18	Egger-OSB-Platte	2,2
19	Doppel-T-Träger	8,0/24,0
19a	Rundholz	r = 5,4
20	Holzweichfaserplatte	2,2
21	Fermacell-Estrichelement	2,0
22	Rundholz	r = 5,4
22a	Doppel-T-Träger	8,0/24,0
23	Fußbodenaufbau	max. 4,8

Passivhaustaugliche Holz-Kastenfenster (siehe Grafik)		
(Fensteranschluss System Naumann & Stahr) inkl. Einbau [U <sub>we</sub> ]		0,699
1	Fermacell-Platten	3,75
2	Isofloc WLG 040	10,00
3	Egger-OSB-Platte	2,20
4	Isofloc WLG 040	22,9
5	Gutex-Thermowall Putzträgerplatte	4,0
6	Kalk-Zement-Putz	1,5
7	Kastenfenster	
8	Fensterbank - außen	
9	Holz	5,4 / 5,4
10	Weichfaserstreifen	2,2
11	Fensterbank - innen	
12	Doppel-T-Träger	9,8 / 30,5
13	Isofloc WLG 040 oder Steinfaser WLG 040	
14	Weichfaserviereck	2,2

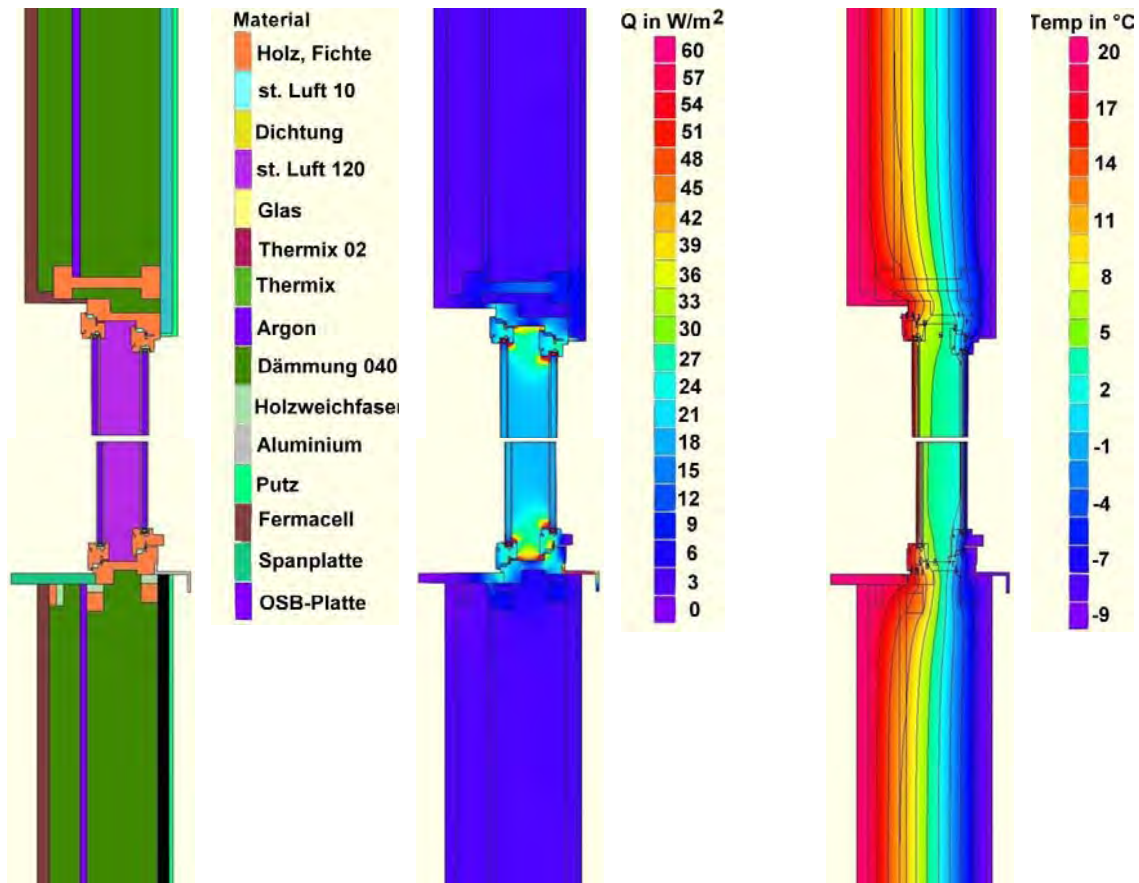
FOTOS



**Holzbausystem Naumann&Stahr:** Wandaufbau Fassadenpaneel Holzwand System Naumann & Stahr.  
Fotos © Naumann&Stahr



**Holzbausystem Naumann&Stahr:** Wandaufbau Fassadenpanel Solarwand System Naumann & Stahr; Bodenplatte und Wandanschluss System Naumann & Stahr; Passivhaustaugliche Holz-Kastenfenster, Fensteranschluss System Naumann & Stahr.  
Fotos © Naumann&Stahr



**Holzbausystem Naumann&Stahr:** Wärmebrückenberechnung des Kastenfensters in der Einbausituation.  
Fotos © Naumann&Stahr

Luftdichtheit

Luftdichtheit <0,6 h<sup>-1</sup>

Energiegewinnung

Wirkungsgrad Solarwand: wie Fassadenkollektoren

Schallschutz

R<sub>w</sub> [dB]

Fassaden-Paneel

58

Brandschutz

F (30, 90)

Brandschutz F90-B bzw. F120-B (lt. Prüfbericht v. 19.1.2010)

Statik

Vertikallast 65 kN/m

Horizontallast 18 kN/m

Hohe Erdbeben- und Sturmsicherheit

Elemente geprüft und zugelassen bis zu einer Bauhöhe von fünf Vollgeschoßen

Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren/ Bewertung allgemein

- Geringst möglicher Primärenergieeinsatz für ihre Herstellung durch die Verwendung des Materials Holz
- Ökologisch bewertete Baustoffe in der Gefährdungsklasse 0 (ohne Einsatz von Holzschutzmitteln); alle eingesetzten Baustoffe wurden einer ökologischen Bewertung unterzogen, es kommen z.B. keine Folien für die luftdichte Ebene und als Dampfsperre zum Einsatz.

Nachweise / Prüfzertifikate (Auswahl)**Passivhaus Institut, Dr. Feist, Darmstadt**

Passivhaus geeignete Komponente: wärmebrückenfreier Anschluss; Passivhaus geeignete Kastenfenster

Beurteilung: „Die untersuchte Konstruktion ist für Passivhäuser geeignet, da sowohl in der Außenwand als auch im Dach die regulären U-Werte unter 0,15 W/(m<sup>2</sup>K) liegen und die Anschlüsse das Kriterium der Wärmebrückenfreiheit erfüllen sowie eine gut umsetzbare Anleitung zur Herstellung der Luftdichtheit gegeben wird. Die Oberflächentemperatur aller Anschlüsse liegen oberhalb der Anforderungen von 17 °C.“

**Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin**

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr.Z-9.1-475 vom 12.07.2001

Holz-Bausystem Naumann und Stahr (Zulassung für die statische Konstruktion)

Anwendungsbereich: „Die Wandelemente "Holz-Bausystem Naumann und Stahr" dürfen als tragende und aussteifende Wandbauteile für Holzbauwerke verwendet werden, die nach DIN 1052-1 : 1988-041 -Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung -, DIN 1052-2:1988-04 -Holzbauwerke; Mechanische Verbindungen -und DIN 1052-3:1988-04 -Holzbauwerke; Holzhäuser in Tafelbauart, Berechnung und Ausführung - bemessen und ausgeführt werden, sofern nachstehend nichts anderes bestimmt ist.“

**HFB Engineering GmbH Leipzig, Prüfstelle für Baustoffe und Bauelemente**

Durchführung von Prüfungen im Rahmen des Verfahrens zur Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für das "Bausystem Naumann & Stahr"

**Materialforschungs- und Prüfanstalt für das Bauwesen Leipzig e.V.**

- Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Außenwand in Holzständerbauweise mit Solarelementen; Prüfbericht P 4.2/07-014 vom 18.01.2007
- Statische Belastungsprüfungen an Wandelementen in Holztafelbauart der Firma Naumann & Stahr; Prüfbericht S 2.3/06-408 vom 26.01.2007
- Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis; Nr.P-SAC 02/III –335: Tragende, raumabschließende Wand in Holzbauweise der Feuerwiderstandsklasse F90-B bzw. F120-B bei einseitiger Beanspruchung gemäß DIN 4102-2: 1977-09

Referenzprojekte

Das System wurde seit 1993/94 kontinuierlich weiter entwickelt. Inzwischen existieren zahlreiche Referenzprojekte bei denen das Bausystem zum Einsatz kam.

**Beispiele Sanierung mehrgeschossiger Wohnbau**

Mehrfamilienhaus Leipzig, Arnoldstrasse: Sanierung eines Gründerzeit-Mehrfamilienhauses zum Passivhaus, Passivhaus-Holzbausystem von Naumann & Stahr für die hofseitige Sanierung und fassadenintegrierte Solaranlage (Solarwand).

Gründerzeithaus Leipzig, Windorfer Strasse: Sanierung eines Gründerzeithauses auf Niedrigenergiehausstandard und Errichtung einer Passivhauswohnetage, 2002/2003.

## IV TES- EnergyFACADE

### EU Forschungsprojekt TES EnergyFacade

**(timberbased element system for improving energy efficiency of the building envelope)**

Förderung: WoodWisdom-Net, BMBF

Laufzeit: 2008/2009

#### Allgemeine Projektinfo

„**TES EnergyFacade** ist ein laufendes internationales Forschungsprojekt an der TU München mit dem Ziel, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie die Vorteile des modernen, vorgefertigten Holzbaus auch für die energetische Modernisierung der Gebäudehülle genutzt werden können. Am Ende des Projektes steht ein Detailkatalog mit grundlegenden Prinzipien der Konstruktion und der digitalen, lückenlosen Prozesskette von der Bestandserfassung mittels Fotogrammetrie, Tachymetrie und 3D-Laserscanning über die Planung und Vorfertigung bis zur Montage. Die systematisierten Grundlagen der Anwendung vorgefertigter Holzbausysteme für die energetische Modernisierung werden für den Planer und das Holzbauhandwerk aufbereitet und anhand bereits gebauter Beispiele veranschaulicht.“ (Lattke 2009, S 9ff; <http://www.proholz.at/zuschnitt/34/gebaeudemodernisierung.htm>, 14.05.2010)

„**TES EnergyFacade** ist ein großformatig vorgefertigtes Holzbausystem zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle von Bestandsbauten.

Ziel ist es, den gängigen Methoden der energetischen Sanierung der Gebäudehülle (WDVS aus Styropor oder Mineralwolle) eine vorgefertigte, ökologische Alternative zu bieten und den Anwendungsbereich der Bestandssanierung stärker für den Holzbau zu erschließen.

**TES EnergyFacade** ist ein systematischer Prozess zur Bestandserfassung, Renovierungsplanung, Ausführung und zum Unterhalt von Bestandsbauten. Mit TES EnergyFacade werden die Grundlagen für den Umgang mit dem digitalen Aufmass während der einzelnen Projektphasen geschaffen und Gebäudedaten für den weiteren Betrieb ermittelt, wodurch ein dreidimensionales „building information model“ BIM realisiert wird.

**TES EnergyFacade** systematisiert und optimiert den digitalen Arbeitsablauf der Sanierung. Moderne Messtechniken (Photogrammetrie und Laserscan) liefern präzise ermittelte Daten der Gebäude für 3D-Modelle, die Planungsgrundlagen für die Vorfertigung, die Sanierung und auch den Unterhalt sind. Der Datenfluss vom Aufmass über die Planung bis zur Fertigung wird optimal auf die Erfordernisse der digitalen Prozesskette abgestimmt.

**TES EnergyFacade** ist ein vorgefertigtes Holzbausystem für Sanierungsmethoden, die einen energetisch hocheffizienten Standard erreichen. Im Forschungsprojekt werden die Erfahrungen und das Wissen der regionalen Forschungspartner aus Wissenschaft und Industrie gebündelt, um einheitliche Konstruktionsstandards zu definieren und somit Marktpotenziale für Produzenten und Zulieferer zu generieren.

**TES EnergyFacade** ist ein auf Holz und biogenen Baustoffen basierendes Bauelement. Prinzipiell besteht das Element analog zum Holzrahmen- oder -tafelbau aus einer statisch wirksamen Tragstruktur (z.B. KVH, BSH oder Stegträger) und einer Dämmschicht. Im Idealfall kommen ausschließlich biogene Materialien (Zellulose, Holzfaser) zum Einsatz. Die konstruktive Struktur der bauphysikalisch einwandfrei ausgeführten Unterkonstruktion ermöglicht den Einsatz der bekannten Palette denkbarer Bekleidungen:

- lineare stabförmige Elementen (z.B. Holzleisten)
- flächige Elemente (z.B. Holzwerkstoffplatten, Glas, Blech, Kunststoff)

Der Einbau von Sonderelementen wie z.B. Fenster, Pfostenriegelfassaden, solaraktive Fassaden (lucido, gap-solar) oder solarenergetischer Komponenten (PV, Solarthermie) ist aufgrund ihrer Modulgrößen und der verwandten Konstruktionssystematik kompatibel mit der Holzbauweise und gut in das vorgefertigte Bauelement integrierbar.“ (Lattke, ökosan 09)

#### Anwendung

„Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden bisher 10 sanierte Gebäude analysiert, bei denen teilweise Holzwerkstoffe und/oder vorgefertigte Bauelemente verwendet wurden. Es sind neben Wohnhäuser gerade auch die öffentlichen Gebäude, die im Betriebszustand saniert werden müssen.

Hier kann mit einem hohen Vorfertigungsgrad eine kurze Bauzeit und möglichst geringe Störungen der Betriebsabläufe erreicht werden.“ (Lattke, ökosan 09)

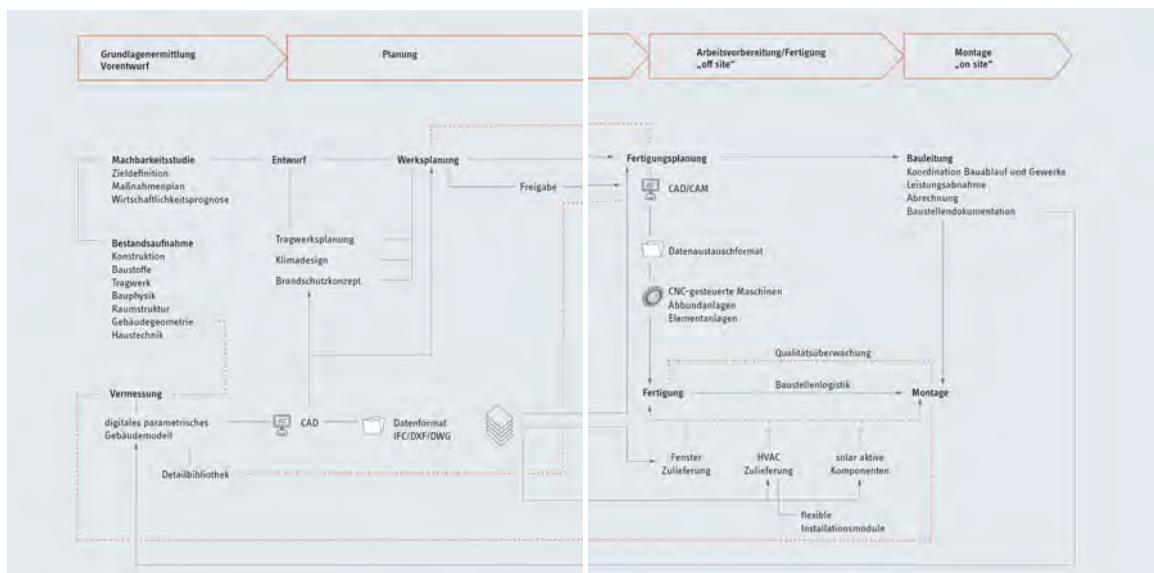
### Gestalterische Möglichkeiten

Der Holzbau bietet viele Möglichkeiten einer gestalterische Aufwertung des Bestands – vom Ersatz flacher Fassadenbauelemente bis hin zu räumlichen Ergänzungen und Erweiterungen mit Raumzellen.

### Arbeitsschritte / Konstruktion

Das europäische Forschungsprojekt „TES EnergyFacade“ zeigt Lösungen auf, wie die Vorteile des vorgefertigten Holzbaus für die energetische Modernisierung des Gebäudebestandes genutzt werden können. Ziel ist ein systematischer und optimierter digitaler Arbeitsablauf von der Bestandserfassung bis zum Gebäudeunterhalt. Erarbeitet wurden unter anderem konkrete Umsetzungsempfehlungen für die Themen: Bauablauf, Gebäudeaufmaß, Basiselement, Brandschutz, Lastabtragung und Anschlüsse.

### FOTOS



**Bauablauf:** Planungs- und Ausführungsschritte.  
Grafik © TUM, Lattke

### **Gebäudeaufmaß**

Die Anwendung vorgefertigter Holzbauelemente erfordert im Vorfeld eine sehr präzise Vermessung des Bestandes. Um diese hohe Präzision zu erreichen sind moderne Messmethoden notwendig. Das klassische Handaufmaß ist in der ersten Projektphase, in der noch keine detaillierten Angaben nötig sind, gut geeignet. Für eine detaillierte Dokumentation und Planungsgrundlage sind aber exaktere Aufmassverfahren zu wählen. Als Methoden zur Anwendung kommen:

- Tachymetrie
- Photogrammetrie
- Terrestisches Laserscanning (TLS).

Heute geht die Tendenz vorwiegend in Richtung Hybridlösungen. Ein Beispiel dafür ist die Kombination aus Kamera und 3D-Laserscanner. Ein innovatives Kombinationsgerät, das speziell auf die Anforderung für Fassadenaufmaße ausgelegt ist, ist die „Intelligente Totalstation“. Dabei handelt es sich um ein Gerät, das Scans geringeren Umfangs ausführen und damit auch Regionen abtasten kann. Die Auswahl der Methode für ein Fassadenaufmaß ist von Fall zu Fall zu entscheiden. In der Praxis werden verschiedene Methoden parallel angewendet.

## Basiselement

„Prinzipiell besteht das TES-Element aus einer statisch wirksamen Tragstruktur, einer Dämmschicht und einer wasserführenden Bekleidungsebene. Dabei ist der Einsatz der bekannten Palette von Bekleidungsstoffen möglich:

- linear, stabförmige wie z. B. Brett- oder Leistenschalungen
- flächige wie z. B. Holzwerkstoffplatten, Zementfaserplatten, Glas oder Blech.

Die Integration von Fenstern, Pfosten-Riegel-Fassaden, solaraktiven Fassaden oder solarenergetischen Komponenten ist aufgrund der Modulgrößen und verwandten Konstruktionssystematik mit der Holzbauweise kompatibel und gut in das vorgefertigte Bauelement integrierbar.

Fugen und Anschlussdetails, die sich im Neubaubereich bewährt haben, gewährleisten die bauphysikalische Funktion der Fassade. Entscheidend sind die konstruktiven Gegebenheiten des Gebäudes. Brandschutz, Luftdichtheit und Schallschutz sind sicherzustellen. Eine hohlraumfreie Konstruktion verhindert unkontrollierbare Konvektion und Branderweiterung. Dabei lassen sich unterscheiden:

- Befüllung der Elemente mit Wärmedämmung im Werk
- Befüllung der Wärmedämmung nachträglich auf der Baustelle

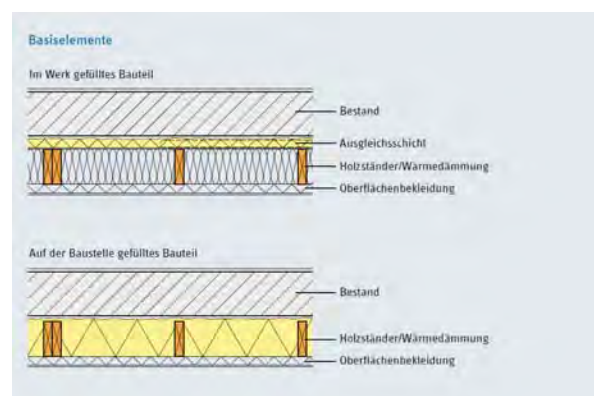
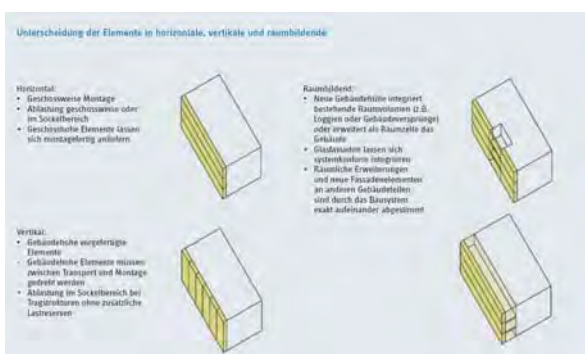
Bei der Befüllung auf der Baustelle ist ein längerer Bauablauf ebenso einzukalkulieren wie der Mehraufwand für den nachträglich winddichten und eventuell feuchtesicheren Verschluss der Füllöffnungen.“ (Winter u. a. 2010, 12)

Im Holzbau wird unterschieden zwischen Skelettbauweise (stabförmige Tragstrukturen) und Tafelbauweise mit Holzrahmen- oder Massivholzelementen. Erst mit der Produktion plattenförmiger Holzwerkstoffe (Sperrholz, Soabplatten, OSB, Kerto) wurde es möglich statisch wirksame Wand- und Deckenelemente herzustellen.

### Vorfertigung

„Die unterschiedlichen Vorfertigungsstufen bestimmen den Fertigungsgrad in dem ein Wand- oder Deckenelement die Werkstatt verlässt und auf der Baustelle montiert wird. Ausgehend von den lastabtragenden und statisch wirksamen Elementen (Balken, Platte) unterscheidet man unterschiedliche Fertigungsstufen: vom Abbund einzelner Elemente über die Herstellung von ungedämmten Tafелеlementen bis zu fix fertigen Wand-, Decken- und Dachelementen die sowohl sämtliche Bauteilschichten wie auch die Fenster enthalten. Raumzellen sind im Werk gefügte Module aus Boden- und Wandelemente mit einem sehr hohen Vorfertigungsgrad die als einbaufertiges Element auf die Baustelle transportiert werden.“ (Latke 2008, 44)

### FOTOS



**TES Basiselemente:** Systeme, Basiselement mit integriertem Fenster, Basiselement Vertikalschnitt. Grafik © TUM, Latke

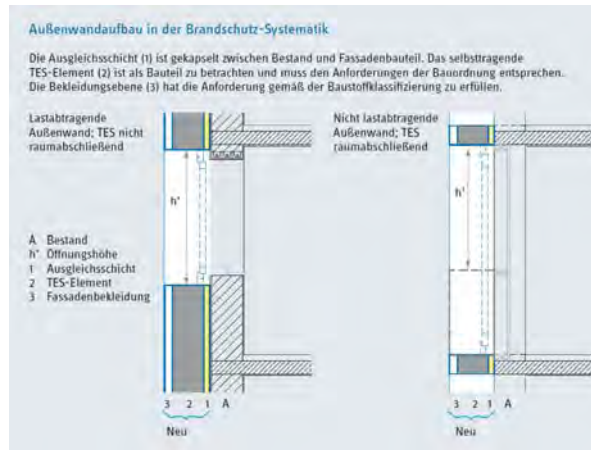


## Brandschutz

Beim Brandschutz gelten die entsprechenden Normen für Baustoffe, Bauteile und Fassaden sowie die regional geltenden Bauordnungen und rechtlichen Grundlagen.

Anforderung Außenwand GK 5		
	Außenwand tragend, raumabschließend	Außenwand nichttragend, raumabschließend
Tragstruktur	REI 90 (F90)	R 90 (F90)
Außenwand		EI 30 (min. W 30)
Oberfläche (Bekleidung)	A2-s1,d0 (A)	mind. C-s3,d2 (B1 / [B2])

Brandschutzmaßnahmen Gebäudeklassen 4 und 5		
	Außenwand tragend (Mauerwerk oder Stahlbeton)	Außenwand nichttragend (Fassadensysteme oder massive Wände)
Bestehende Tragstruktur	keine Änderung der raumabschließenden Funktion* REI 90 (F90)	keine Änderung R 90 (F90)
Verankerung	A2-s1,d0 oder (A)	
Spalt bzw. Ausgleichsschicht	Geschosstrennung → Schutz	
TES EnergyFacade Element	EI 30 (W30)	EI 30 (W30)
Oberfläche/Unterkonstruktion	C-s3,d2 / [E-d2] (B1 / [B2]) (Sonderkonstruktion, wenn allg. Schutzziel erfüllt)	



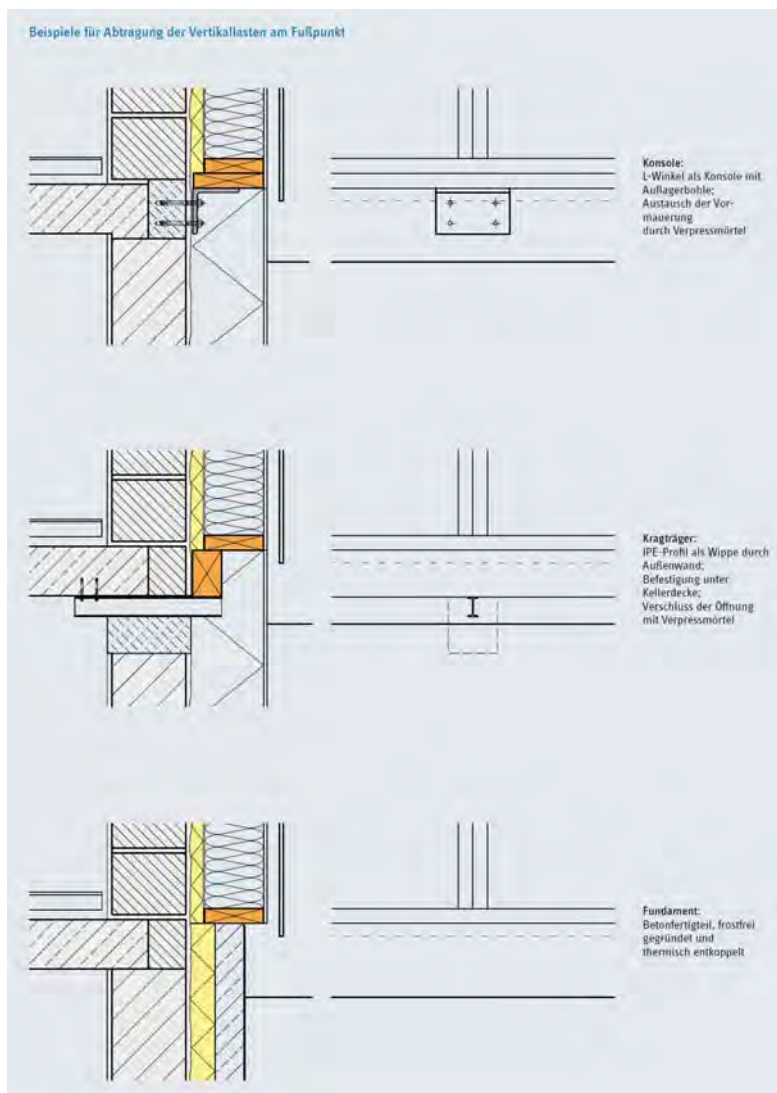
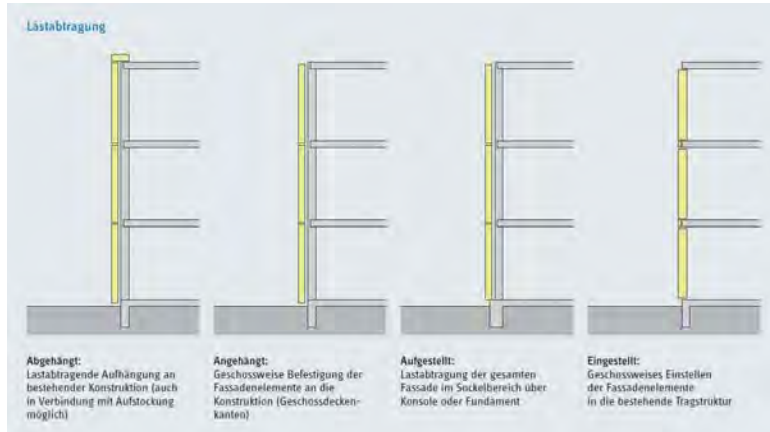
	Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2 <sup>(1)</sup>	GK 3 <sup>(1)</sup>	GK 4 <sup>(1)</sup>	GK 5
<b>1</b>	<b>tragende Bauteile (ausgenommen Decken und brandabschnittsbildende Wände)</b>					
1.1	im obersten Geschöß	ohne	R 30	R 30	R 30	R 60 <sup>(2)</sup>
1.2	in sonstigen oberirdischen Geschößen	R 30 <sup>(4)</sup>	R 30	R 60	R 60	R 90
1.3	in unterirdischen Geschößen	R 60	R 60	R 90	R 90	R 90
<b>2</b>	<b>Trennwände <sup>(2)</sup></b>					
2.1	im obersten Geschöß	nicht zutreffend	EI 30	EI 30	EI 60	EI 60 <sup>(4)</sup>
2.2	in oberirdischen Geschößen	nicht zutreffend	EI 30	EI 60	EI 60	EI 90
2.3	in unterirdischen Geschößen	nicht zutreffend	EI 60	EI 90	EI 90	EI 90
2.4	zwischen Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in Reihenhäusern	nicht zutreffend	EI 60	nicht zutreffend	EI 60	nicht zutreffend
<b>3</b>	<b>brandabschnittsbildende Wände und Decken</b>					
3.1	brandabschnittsbildende Wände an der Grundstück- bzw. Bauplatzgrenze	REI 60 EI 60	REI 90 <sup>(5,6)</sup> EI 90 <sup>(5,6)</sup>	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90
3.2	sonstige brandabschnittsbildende Wände oder Decken	nicht zutreffend	REI 90 <sup>(6)</sup> EI 90 <sup>(6)</sup>	REI 90 <sup>(6)</sup> EI 90 <sup>(6)</sup>	REI 90 <sup>(6)</sup> EI 90 <sup>(6)</sup>	REI 90 EI 90
<b>4</b>	<b>Decken und Dachsträgen mit einer Neigung von nicht mehr als 60 Grad gegenüber der Horizontalen</b>					
4.1	Decken über dem obersten Geschöß	ohne	R 30	R 30	R 30	R 60 <sup>(2)</sup>
4.2	Trenndecken über dem obersten Geschöß	ohne	REI 30	REI 30	REI 60	REI 60 <sup>(2)</sup>
4.3	Trenndecken über sonstigen oberirdischen Geschößen	ohne	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90
4.4	Decken innerhalb von Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in oberirdischen Geschößen	R 30 <sup>(4)</sup>	R 30	R 30	R 30	R 90 <sup>(2)</sup>
4.5	Decken über unterirdischen Geschößen	R 60	REI 60 <sup>(7)</sup>	REI 90	REI 90	REI 90
<b>5</b>	<b>Balkonplatten</b>	ohne	ohne	ohne	R 30 oder mindestens A2	R 30 und mindestens A2
(1)	Sofern das Fluchtniveau nicht mehr als 11 m beträgt und jeder Aufenthaltsraum zumindest an einer Stelle nicht mehr als 7 m über dem angrenzenden Gelände liegt, (a) haben Gebäude der GK 1, die lediglich aufgrund der Hanglage in GK 4 fallen, nur die Bauteilanforderungen für GK 2 zu erfüllen, (b) haben Gebäude der GK 2 oder GK 3, die lediglich aufgrund der Hanglage in GK 4 fallen, nur die Bauteilanforderungen für GK 2 oder GK 3 zu erfüllen;					
(2)	Bei Gebäuden mit nicht mehr als sechs oberirdischen Geschößen genügt für die beiden obersten Geschöße die Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten;					
(3)	Nicht erforderlich bei Gebäuden, die nur Wohnzwecken oder der Büroanutzung bzw. büroähnlicher Nutzung dienen;					
(4)	Für tragende Trennwände gelten zusätzlich die Anforderungen an tragende Bauteile gemäß Punkt 1 der Tabelle 1;					
(5)	Bei Reihenhäusern genügt für die Wände zwischen den Wohnungen bzw. Betriebseinheiten auch an der Grundstück- bzw. Bauplatzgrenze eine Ausführung in der Feuerwiderstandsklasse von REI 60 bzw. EI 60;					
(6)	Die Bauteile müssen nicht aus Baustoffen der Euroklasse des Brandverhaltens mindestens A2 bestehen;					
(7)	Für Reihenhäuser sowie Gebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen oder zwei Betriebseinheiten mit Büroanutzung bzw. büroähnlicher Nutzung genügt die Anforderung R 60.					

**Brandschutzanforderungen:** Tabellen Anforderungen Brandschutz, Brandschutzmaßnahmen, OIB Richtlinie Brandschutz.

Grafiken © TUM, Lattke

## Lastabtragung

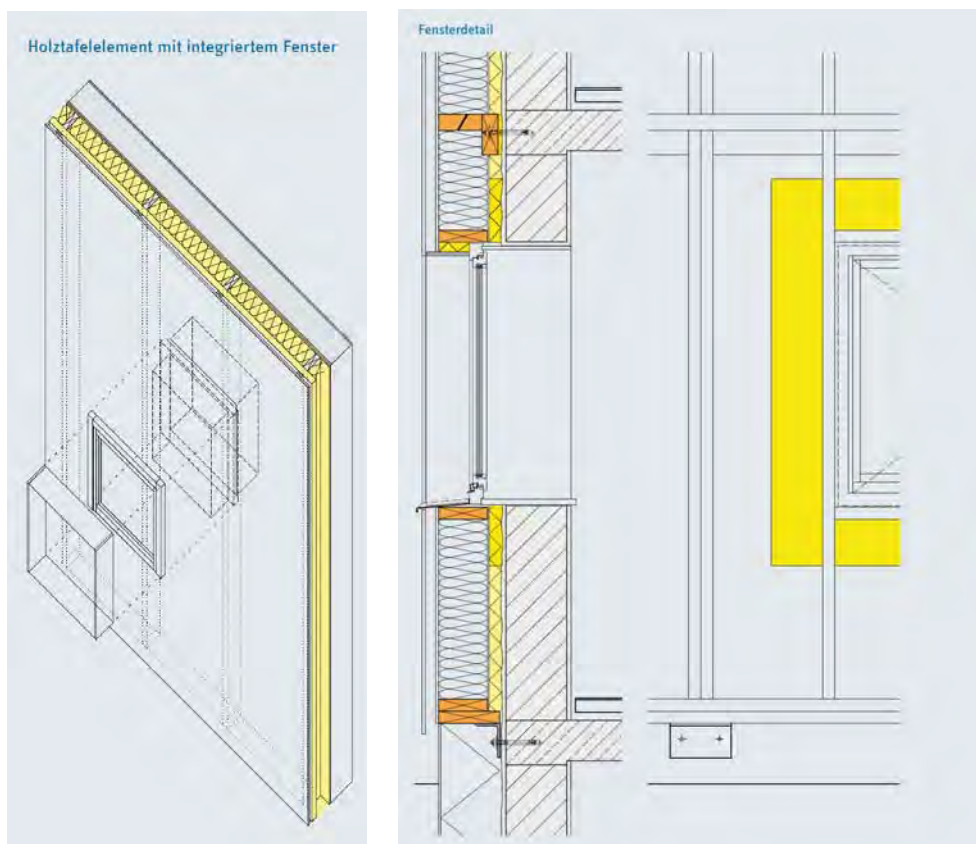
Die Lastabtragung der Fassadenelemente erfolgt über die bestehende Konstruktion. Daher ist die Tragfähigkeit dessen im Voraus genau zu überprüfen. Die Art der Befestigung und deren Dimensionierung wird wesentlich bestimmt über die Elementgrößen und die Möglichkeiten für eine Lasteinleitung. Wie in der Grafik dargestellt, werden die vier Grundprinzipien: Abgehängt – Angehängt – Aufgestellt – Eingestellt unterschieden.



**Lastabtragung:** Systeme der Lastabtragung, Beispiele Vertikallasten.  
Grafik © TUM, Lattke

## Anschlüsse

„Der Hohlraum zwischen dem ebenen TES-Fassadenelement und der meist ziemlich unebenen Bestandsfassade muss gefüllt sein, um die Anforderungen aus dem Brandschutz und der Bauphysik zu erfüllen. Eine geeignete Dämmung kann den Spalt und dessen variierende Breite ausgleichen. Grundsätzlich sind die Dämmstoffe in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse und den jeweiligen Brandschutzanforderungen zu wählen. Bei einer entsprechenden Kapselung der TES-Fassadenelemente und der Füllvarianten Vor der Montage: Nach der Montage: Dämmstofflage (z.B. Mineralwolle) auf das Element oder den Bestand Einblasen des Dämmstoffs Kraft zur Komprimierung des Dämmstoffes Einfacher Ausgleich der Unebenheiten Definition der Dämmstoffdicke und Berücksichtigung der Unebenheiten Definition der Spaltbreite und Füllöffnungen Verwendung von nichtbrennbaren Baustoffen an den Öffnungsändern lassen sich auch organische Dämmmaterialien der Baustoffklasse C-s3,d2 (E-d2) nach DIN: B1 (B2) einsetzen. Durch ein exaktes Aufmaß und eine sorgfältige Planung des gesamten Bauablaufs mit den erforderlichen Toleranzen lassen sich bereits bei der werkseitigen Vorfertigung die Fenster in die TES-Fassadenelemente einbauen, ohne dass bei der Montage Nachbesserungen nötig sind.“ (Winter u. a. 2010, 18)



Füllvarianten	
<b>Vor der Montage:</b>	<b>Nach der Montage:</b>
Dämmstofflage (z.B. Mineralwolle) auf das Element oder den Bestand	Einblasen des Dämmstoffs
Kraft zur Komprimierung des Dämmstoffes	Einfacher Ausgleich der Unebenheiten
Definition der Dämmstoffdicke und Berücksichtigung der Unebenheiten	Definition der Spaltbreite und Füllöffnungen

**TES Basiselemente:** Basiselement mit integriertem Fenster, Anschlussdetail Fenster, Tabelle Füllvarianten. Grafik © TUM, Lattke

### Kontakt / Projekt Koordinator

Dipl.-Ing. Frank Lattke / Fachgebiet Holzbau, Fakultät für Architektur, TU München  
 D-80333 München, Arcisstraße 21  
 0049 (0)89 289 25492  
 frank.lattke@lrz.tum.de  
 www.tesenergyfacade.com  
 www.woodwisdom.net

### Infos / Literatur

Lattke, Frank: TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbauelemente. In: Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg. 42 – 53  
 ([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Lattke, Frank: Zukunftsfähig – Holz und Holzwerkstoffe in der energetischen Gebäudemodernisierung. In: Zeitschrift Zuschnitt 34 / 2009, 9ff  
 (<http://www.proholz.at/zuschnitt/34/gebaeudemodernisierung.htm>, 14.05.2010)

Lattke, Frank: Tes Energyfacade – Vorgefertigtes Holzbausystem zur energetischen Modernisierung der Gebäudehülle. In: ökosan 09, Internationales Symposium für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden, 7. – 9. Okt. 2009 in Weiz / Österreich, Tagungsband (pdf-Version). 248 – 257

Winter, Stefan / Ott, Stephan / Kaufmann, Hermann / Lattke, Franz (TUM-Technische Universität München): TES EnergyFacade. Modernisieren mit Holzbaulösungen. In: Mikado plus. Themenmagazin für Zimmermeister. März – April 2010

## Pilotprojekt - Studentenwohnheim Burse der Bergischen Universität Wuppertal

### Projektbeschreibung Überblick

Gebäudetyp: Studentenwohnheim, ca. 600 Wohnheimplätze

Adresse / Standort: D – 42119 Wuppertal, Max-Horkheimer-Str. 14-16

Baujahr / Errichtung: 1977

Baukonstruktion Bestand: Stahlbetonschotten

Modernisierung / Sanierung: 1. Bauabschnitt 2000 (Niedrigenergiestandard), 2. Bauabschnitt 2003 (Passivhausstandard), Sanierung mit vorgehängten Holztafelelementen.

„Ein 1977 gebautes Studentenwohnheim entsprach wegen der schlechten Gebäudedämmung, konstruktiven Schäden in der Fassade, einer veralteten Gebäudestruktur mit 16 Personen großen Wohngruppen etc. nicht mehr den heutigen Anforderungen.[...] Mit dem Umbau wurden die Wohngruppen in überwiegend Einerappartements umstrukturiert, die beiden ursprünglichen, nicht differenzierten, anonymen Wohnmaschinen für je über 300 Studenten, in vier Flügel und »familiäre« Einheiten auf den einzelnen Ebenen geteilt. [...] Durch Rückbau des Kernbereiches mit den Gemeinschaftsbädern und Küchen sowie durch den Anbau neuer Fassaden vor einem vorgesetzten Betonrahmen wurde das Gebäude an heutigen Wohnkomfort mit individuellen Bädern und Küchen angepasst. [...] Nicht zuletzt durch die konsequente Trennung gedämmter Wohnbereiche und ungedämmter Erschließungsbereiche konnte erstmalig bei einem Umbau dieser Größe die Möglichkeit der Realisierung eines Passivhausstandards nachgewiesen werden.“

(<http://www.acms-architekten.de/de/projekte/studentenwohnheim-neue-burse.html>, 15.12.2010)

„Das Konzept besteht im Wesentlichen aus drei aufeinander abgestimmten Komponenten. Die Architekten ließen die zentralen Kerne mit Treppenhäusern, Gemeinschaftsbädern und Küchen entfernen, sie teilten dadurch jeden der beiden Baukörper in wiederum zwei L-förmige Häuser. Die neue Erschließung bildet nun je ein im Grundriss dreieckiges, einfachverglastes und unbeheiztes Treppenhaus, das als Scharnier zwischen den beiden Gebäudeflügeln fungiert. Die stehen

gebliebenen Riegel wurden entkernt, die tragenden Betonschotten blieben erhalten. Die kleinen Wohnzellen wurden zu etwa 19 m<sup>2</sup> großen Apartments mit Bad und Küchenzeile erweitert, ein Raumgewinn, der erst durch die Versetzung der Außenhaut um jeweils zwei Meter nach außen ermöglicht wurde. Stahlbetonschotten erweitern dafür die Decken- und Wandflächen des Bestands, mit dem sie biegesteif verübelt wurden. Diese neuen Schotten übernehmen dadurch die Aussteifung, welche vorher die Treppenhauskerne geleistet hatten. Letztlich wichtigster Baustein der Sanierung ist die Erneuerung der Fassade mit Elementen in Holztafelbauweise. Die neue Fassade ist für ein zeitgemäßes Äußeres verantwortlich, vor allem aber trägt sie zu wesentlich verbesserten bauphysikalischen Werten und zum deutlich reduzierten Energieverbrauch bei.“ (Holl 2008, 18)

### **Produkt**

#### *Bauabschnitt Niedrigenergie / Sanierung Fassade*

„Das sehr kompakte Gebäude mit sehr günstigem A/V-Verhältnis wurde mittels einer vorgehängte Holztafelkonstruktion mit 18 cm Dämmung ummantelt. Die Fassade wurde werkseitig in 12 m langen Elementen, inkl. der inneren Beplankung aus OSB-(Luftdichte Ebene) und Gipsfaserplatten und der äußeren Beplankung aus DWD und hinterlüfteten Faserzementplatten sowie den Fenstern und der Absturzicherung vorgefertigt. Daraus resultiert eine hohe Qualität und die auf der Baustelle zu schließenden Fugen wurden reduziert. In die Holzleichtbauelemente baute man Holzfenster mit U-Werten für den Rahmen von 1,6 W/m<sup>2</sup>K und für die Verglasung 1,1 W/m<sup>2</sup>K sowie einen g-Wert von 62 % ein – das ergibt einen Gesamt U-Wert U<sub>w</sub> von 1,56 W/m<sup>2</sup>K. Diese Ausführung führt zu einem Energiekennwert Heizwärme von knapp 70 kWh/m<sup>2</sup>a.“ (DETAIL, Zeitschrift für Architektur + Baudetail 06/2002: Fassaden – Solares Bauen, Berichte. München. 819)

#### *Bauabschnitt Passivhaus / Sanierung Fassade*

Mit der Sanierung zu einem Passivhaus konnte der Heizwärmebedarf auf ca. 10% des Bestandsbedarfs reduziert werden. Die Dämmung der Holzkonstruktion wurde gegenüber des Niedrigenergiekonzepts auf 28 cm erhöht, Fenster mit einem einen Gesamt U-Wert U<sub>w</sub> von 0,82 W/m<sup>2</sup>K und eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Hochschul-Sozialwerk Wuppertal

ArchitektInnen / Projektleiter: 1. Bauabschnitt Niedrigenergiehaus: Architektur Contor Müller Schlüter GbR mit Petzinka, Pink & Partner, Düsseldorf; 2. Bauabschnitt Passivhaus: Architektur Contor Müller Schlüter GbR, Wuppertal

Fassadenelemente: O.LUX GmbH & Co.

### Infos / Literatur

Architekturführer .com – der deutschsprachige Architekturführer im Internet

([http://www.architekturfuehrer.com/index.php?option=com\\_specialcontent&task=view&nt=1&id=2118&cPath=b2dd380&Itemid=26](http://www.architekturfuehrer.com/index.php?option=com_specialcontent&task=view&nt=1&id=2118&cPath=b2dd380&Itemid=26), 17.05.2010)

(NEUE BURSE\_architekturfuehrer.com)

DETAIL Zeitschrift für Architektur + Baudetail 06/2002, Fassaden – Solares Bauen, 819

ENOB - Gebäudesteckbrief Studentenwohnheim „Neue Burse“ Wuppertal

(<http://www.enob.info/de/sanierung/projekt/details/studentenwohnheim-neue-burse-wuppertal>, 15.12.2010)

Holl, Christian: Die Fassade macht´s. In: zuschnitt 30 – Holz bauen Energie sparen. Heft 30/2008. 18 – 19

Lattke, Frank: TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbauelemente. In: Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg. 42 – 53 ([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Müller, Michael, Schlüter, Christian / Architektur Contor Müller Schlüter: Studentenwohnheim NEUE BURSE. Von der Energieschleuder zum Passivhaus (Projekt-Flyer).

(<http://www.acms-architekten.de/de/projekte/studentenwohnheim-neue-burse.html>, 15.12.2010)

Münter, Michaela: Gebäude sanieren – Studentenwohnheim. BINE Informationsdienst, projektinfo 04/2006

„Neue Burse“, Wuppertal. EnSan Projektabschlussbericht, Oktober 2008.  
([http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/Projektberichte/EnSan\\_Burse-Wuppertal\\_neu.pdf](http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/Projektberichte/EnSan_Burse-Wuppertal_neu.pdf), 09.09.2010)

Voss, Karsten (Bergische Universität Wuppertal): Energieoptimiertes Bauen:  
Demonstrationsbauvorhaben. Evaluierung eines Niedrigenergie- und Passivhauses in der Sanierung –

#### Kontakt

##### *Architektur*

Architektur Contor Müller Schlüter  
D-42103 Wuppertal, Hofaue 55 / Kolkmannhaus  
0049 (0) 202-4457130  
[info@acms-architekten.de](mailto:info@acms-architekten.de)  
[www.acms-architekten.de](http://www.acms-architekten.de)

##### *Fassadenelemente*

O.LUX GmbH & Co.  
D-91154 Roth, Fuggerstraße 10  
[info@o-lux.de](mailto:info@o-lux.de)  
[www.o-lux.de](http://www.o-lux.de)

#### FOTOS



**Studentenwohnheim „Neue Burse“:** Fassadensanierung mit vorgehängten Holztafelelementen, 2003.  
Fotos © Tomas Riehle

## **Projektbeschreibung Bestand**

### Allgemeine Beschreibung

„Das ursprüngliche Wohnheim gliedert sich in zwei sternförmige Häuser mit jeweils ca. 300 Wohnplätzen. Die Gebäudeteile waren um ein zentrales, kaum belichtetes Treppenhaus gruppiert, das die Aussteifung des Gebäudes übernahm. Die komplette Erschließung erfolgte über einen Eingang. Neben der veralteten Haustechnik, der unzureichenden Wärmedämmung, führten undichte Fugen zur Durchfeuchtung ganzer Bauteile.“

(<http://www.enob.info/de/sanierung/projekt/details/studentenwohnheim-neue-burse-wuppertal>, 15.12.2010)

Die Maßnahmen erfolgten in zwei Bauabschnitten. Der 2001 fertig gestellte Bereich ist in Niedrigenergiestandard ausgeführt. Bei der 2003 abgeschlossenen Sanierung des 2. Bauteils wurde der Wärmeschutz weiter verbessert und eine Lüftung mit ZU- und Abluft sowie Wärmerückgewinnung eingebaut, sodass dieser Teil als Passivhaus realisiert werden konnte.

### Baukonstruktion Bestand

Stahlbetonschottenbau

Haustechnik Bestand

Fernwärme

**DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte**

(Bauabschnitt 2 - Passivhausstandard)

Allgemeine BeschreibungKosten / m<sup>2</sup>**Realisierungskosten**

Baukonstruktion (KG 300) *	592,- EUR / m <sup>2</sup>
Technische Anlage (KG 400) *	195,- EUR / m <sup>2</sup>

**Sanierungskosten**

Baukonstruktion (KG 300) **	668,- EUR / m <sup>2</sup>
Technische Anlage (KG 400) **	195,- EUR / m <sup>2</sup>

\*) Bauwerkskosten netto nach DIN 276, Bezugsfläche Bruttogrundfläche (BGF) nach DIN 277

\*\*) Bezugsfläche Bruttogrundfläche (BGF) nach DIN 277

Gestalterische Möglichkeiten

Farbliche Gestaltung uneingeschränkt möglich

Konstruktion

„Die aus den 70er Jahren stammende Tragstruktur aus Stahlbetonschotten wurde grundsätzlich beibehalten, die Schotten um 2 m nach außen verlängert, als Außenwandkonstruktion vorgefertigte Holztafelelemente von O.LUX angebracht und die Gebäude in Holzbauweise aufgestockt. Grund dafür waren die Gewichtsersparnis sowie die Möglichkeit, damit den Standard eines Passivhauses zu erreichen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad der Elemente, die komplett mit beidseitiger Beplankung, Fenstern und Absturzsicherung auf die Baustelle geliefert wurden, hielt sich die Bauzeit in minimalen Grenzen.“ (<http://www.o-lux.de/projekte.php>, 18.05.2010)

**Vorfertigungsgrad**

- Elemente wurden bereits im Werk mit Dämmung, Fenstern, Absturzsicherung, Außen- und Innenbeplankung versehen
- Stöße zwischen den Elementen wurden vor Ort geschlossen, indem die Folien miteinander verklebt und an den horizontalen Stößen durch Aluminium-Kantbleche geschützt wurden (Vorteil der Großmodule: weniger auf der Baustelle zu schließende Fugen)

**Elementgrößen**

Paneelhöhe	ca. 3,5 m (Geschosshöhe)
Paneelbreite	12 m

<u>Flächen [m<sup>2</sup>]</u>	<u>vor der Sanierung</u>	<u>nach der Sanierung</u>
Brutto-Grundfläche Gesamt (BGF <sub>G</sub> )	14.334,50	19.915
Beheizte Nettogrundfläche Gesamt(NGF <sub>G</sub> )		17.017
Brutto-Grundfläche Bauabschnitt 2 „Passivhaus“ (BGF <sub>P</sub> )		10.025
Nettogrundfläche BA 2 „Passivhaus“ (NGF <sub>P</sub> )		8.597
A/V BA 2 „Passivhaus“ nach Sanierung [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]		0,32

<u>Energetische Kenndaten (EnEV)</u>	<u>vor der Sanierung</u>	<u>nach der Sanierung</u>
Heizwärmebedarf nach PHPP [kWh/m <sup>2</sup> a]*	161,00	26*
Endenergie Wärme	285,00	81,50
Primärenergie Wärme	172,00	55,00
Primärenergie gesamt	210,00	73,30

\*) PHPP, EnEV und din

Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

Baukonstruktion	Schichten / Dicke [cm]	U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]
-----------------	------------------------	------------------------------

<b>Fassade</b>		<b>0,15</b>
Eternitplatte	0,08	
Fugenband		
Hinterlüftung mit horizontaler Lattung 30/50	3	
DWD-Platte	1,6	
Winddichtung		
Wärmedämmung	28	
OSB-Platte	1,8	
Gipsfaserplatte	1,25	
<b>Sonstige Bauteile</b>		
<b>Fenster 3 Scheiben (Passivhaus, Gesamt U-Wert U<sub>w</sub>)</b>		<b>0,82</b>
Fensterrahmen		0,75
Verglasung		0,70
g-Wert Fenster %		53
<b>Oberste Geschossdecke</b>		<b>0,11</b>
<b>Kellerdecke / Bodenplatte</b>		<b>0,13</b>

Lüftung

Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung von ca. 80%

Heizung und Warmwasser

Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (Primärenergiefaktor 0,7)

Luftdichtheit

k.A

Schallschutz Rw [dB]

k.A

Brandschutz F (30, 90)

Fassadenaufbau entspricht F30 als nicht tragende Aussenwand

Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

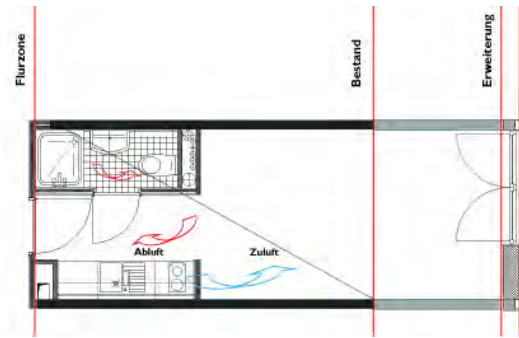
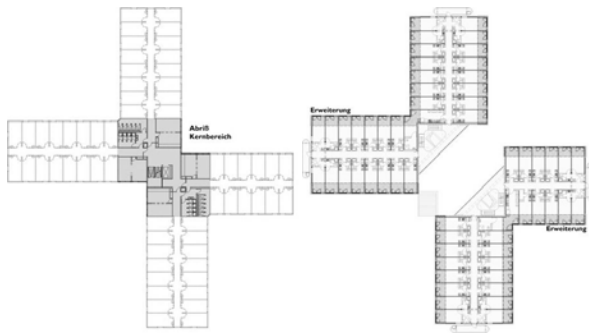
k.A

Monitoring

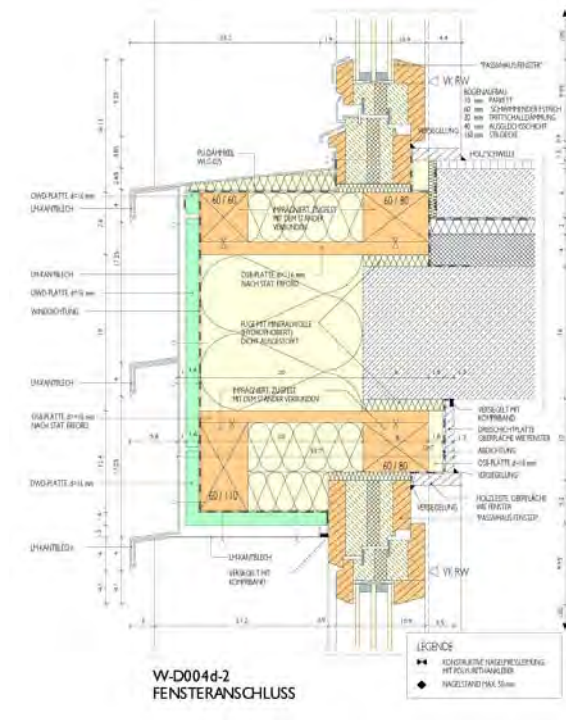
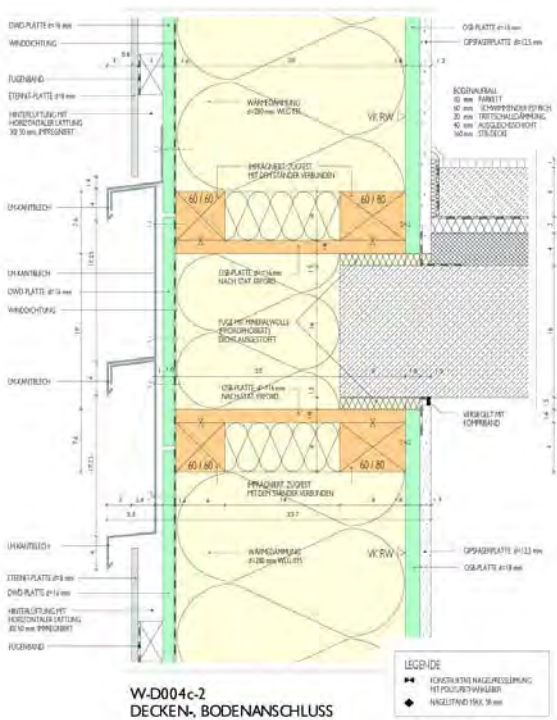
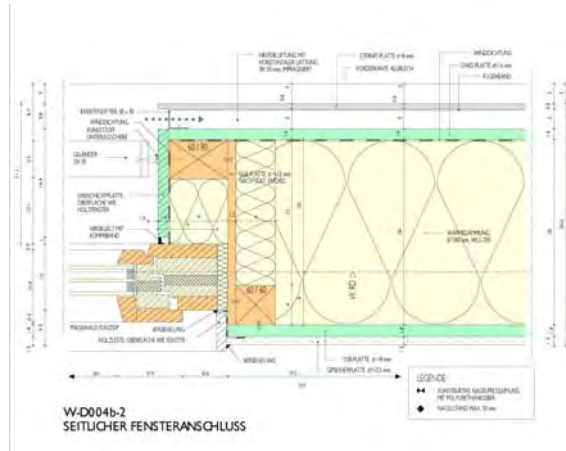
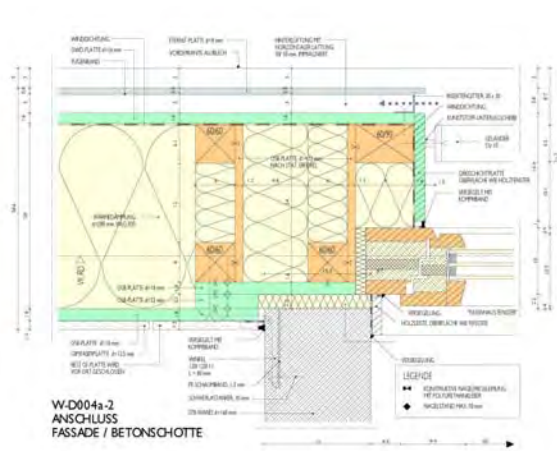
2004 wurde das Gebäude einem auf drei Jahre angelegten wissenschaftlichen Monitoring der eingesetzten Haustechnik und des Energieverbrauchs unterzogen. Der Niedrigenergiestandard im ersten Bauabschnitt konnte bestätigt werden. Im zweiten Bauabschnitt wurden die Zielwerte von 15 kWh/m<sup>2</sup>a für ein Passivhaus nicht erreicht. Mit einem Heizwärmeverbrauch von 51,8 kWh/m<sup>2</sup>a lagen sie auch noch deutlich über dem angestrebten Wert von 30 kWh/m<sup>2</sup>a. Nach einer detaillierten Fehleranalyse und Optimierungen der haustechnischen Anlage konnte der Heizwärmebedarf weiter erheblich reduziert werden. Nach Anwendung aller Optimierungsschritte ist der angestrebte Wert von 30 kWh/m<sup>2</sup>a zu erreichen. (Monitoringbericht: Voss, Karsten: Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsbauvorhaben. Evaluierung eines Niedrigenergie- und Passivhauses in der Sanierung – „Neue Bourse“, Wuppertal. EnSan Projektabschlussbericht, Oktober 2008.)



FOTOS



**Studentenwohnheim „Neue Burse“:** Grundriss Abbruch der Kernbereiche, Grundriss mit Erweiterung, Fassadenschnitt. Grafiken © Petzinka, Pink & Partner, Düsseldorf / Architektur Contor Müller Schlüter GbR



**Studentenwohnheim „Neue Burse“, Details:** Anschluss Fassade / Betonschotte; Seitlicher Fensteranschluss; Decken-, Bodenanschluss; Fensteranschluss. Grafiken © Architektur Contor Müller Schlüter GbR



## Weitere Projekte (Auswahl)

### **Pilotprojekt Norwegen: Risør School, Risør Technical College, Norway**

Gebäudetyp: Bildungsbauten, Schulbau

Adresse / Standort: Risør, Aust-Agder fylke, Norwegen

Baujahr / Errichtung: 1960er-Jahren

Baukonstruktion Bestand: Stahlbetonskelett, Fassade: Holzrahmenkonstruktion mit Mineralwolldämmung

Modernisierung / Sanierung:

Pilotprojekt TES Energy Facade: die vorgesetzte Holzrahmenkonstruktion der Fassade wurde vollständig entfernt und recycled - 3D Laserscan zur Dokumentation und Vermessung der Bestandsstruktur - Montage einer neuen vorgefertigte 2-teilige Holzrahmenkonstruktion.

"The Norwegian pilot is a school in the town of Risør. The existing façade had a high u-value because of thin wall structures and big windows, with an insulation thickness of only 12-14cm. The facades were in poor condition as well. The architecture was not optimal for schoolwork with the big window area bringing direct sunlight in classrooms, allowing heat in summer and cold in winter enter the building. The new façade renovation included a complete architectural renewal changing both window areas and façade image. The windows are smaller with the height adjusted to varying requirements of different rooms. The new façade is in white washed wood. The target was to rise the energy efficiency, but not necessarily reaching the level of a passive house. The new insulation thickness is between 33 and 35 cm." ( Yrsa Cronhjort: TES- EnergyFacade newsletter\_01/2009)

#### **Produkt**

##### 2-teilige Holzrahmenkonstruktion

##### *Wandkonstruktion*

Innen: 22 mm OSB  
96 mm Holzkonstruktion,  
Mineralwolle  
innere Elemente wurde mit Betonschrauben am Boden und der Decke fixiert

Außen: (189 mm Holzrahmen mit Holzfaser Dämmung)  
12 mm OSB, innen  
48mm vertikale Lattung (Ventilation)  
48mm horizontale Lattung (Befestigung der Fassadenplatten)  
18 mm imprägnierte Holzfaserplatten  
äußere Elemente wurden mit Stahlklammern am Betonfundament fixiert und mittels Schrauben mit den inneren Elementen verschraubt, Toleranzfuge zwischen innerem und äußerem Wandelement, mit Mineralwolle gefüllt.  
21mm Holzbretter vertikal, außen (Picea abies)

##### *Vorfabrikation / Montage*

Die Wandelemente wurden vollständig, mit integrierten Fenstern in der Halle gefertigt, zur Baustelle transportiert und dort mit dem Kran montiert. Die existierenden Wände wurden raumweise demontiert und die neuen Elemente montiert. Damit mussten die Klassenräume von den Schülern nur für 24 Stunden geräumt werden.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Öffentliches Gebäude, Gemeinde

ArchitektInnen / Projektleiter: Arkitektstudio AS

Bauausführung: Trebyggeriet AS, Norway

##### Infos / Literatur

Cronhjort, Yrsa: TES- EnergyFacade newsletter 01/2009

([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

Larsen, Knut Einar: TES Energy Facade. PILOT PROJECT NORWAY. Risør Technical College.

NTNU, Department of Architectural Design, History and Technology, Trondheim

([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=6\\_pilotprojects](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=6_pilotprojects), 14.05.2010)

Lattke, Frank: Zukunftsfähig – Holz und Holzwerkstoffe in der energetischen Gebäudemodernisierung.

In: Zeitschrift Zuschnitt 34 / 2009, 9ff

(<http://www.proholz.at/zuschnitt/34/gebaeudemodernisierung.htm>, 14.05.2010)

TES EnergyFacade  
www.tesenergyfacade.com

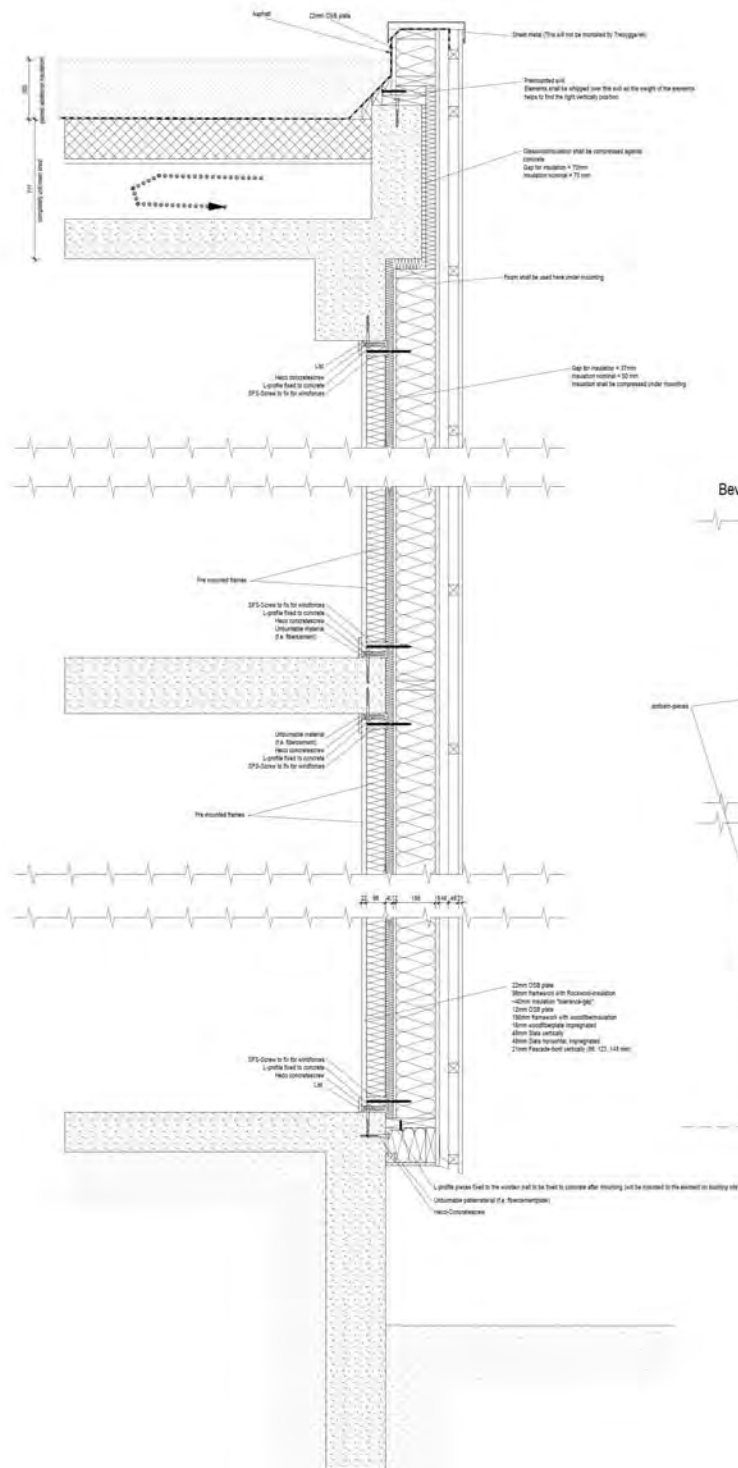
Kontakt

Prof. Dr. Techn. Knut Einar Larsen  
NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture and Fine Art,  
Department of Architectural Design, History and Technology.  
N-7491 TRONDHEIM  
knut.e.larsen@ntnu.no  
www.tesenergyfacade.com

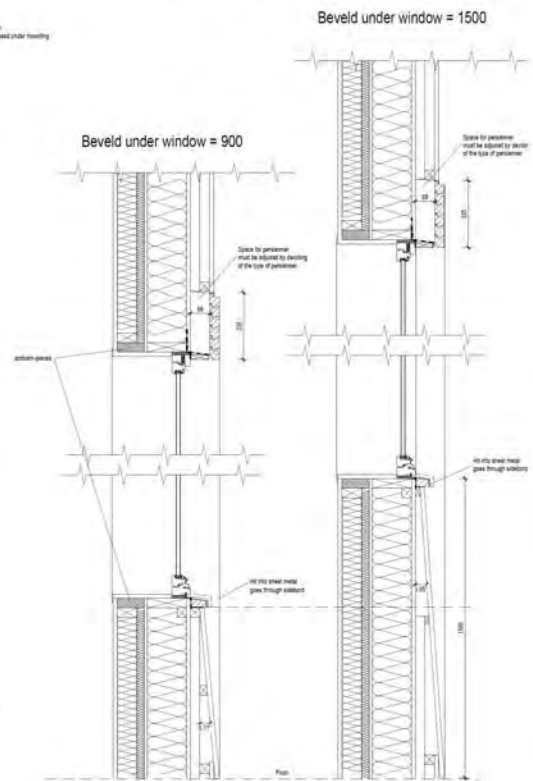
FOTOS



**Risør School, Risør Technical College, Norway:** Bestand und nach der Sanierung, Demontage der alten Fassadenelemente, Fertigung der neuen Fassadenelemente in der Halle, Anlieferung und Montage.  
Fotos © Knut Einar Larsen, Liv Ovland (Abb. 2), Arkitektstudio AS/ Trebyggeriet AS



Window details vertical



Industriemester	Rivens	Date	Ending
CT	WVA	22.07.2009	Lagring av arbeidetstager
Prosjekt	P.099 Riser VGS Fassadesanering		Arbeidstegn
Ekste	Aust-Agder Fylkeskommune		Trebyggeriet
Oppdragsgiver	Prinsippsnitt gjennom fasade		Prosjekt nr. 44
Utformet av	08.10.2008	MAA	Trebyggeriet AS
Arkitekt	08.10.2008	MAA	1 av 2
Arkitektstus	M 1:10		

Risør School, Risør Technical College, Norway: Vertikalsnitt Fassade, Anschlussdetail Fenster.  
 Grafik © Arkitektstudio AS/ Trebyggeriet AS

## **8-storey high student dormitory building *Pohjankaleva*, Oulu, Finland**

Gebäudetyp: Studentenwohnheim

Adresse / Standort: Pohjankaleva, Finland

Baujahr / Errichtung: 1970er-Jahre

Sanierungsziele: „The renovation of Pohjankaleva building aims at reaching the Finnish Passive House level, where the heating energy demand after renovation is max. 30 kWh/m<sup>2</sup>/a. The location of the Oulu pilot building is 65° 02' N”

Infos

Project Information TES EnergyFacade

[http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

## **Realschule Buchloe, Deutschland**

Adresse / Standort: D- Buchloe, Kernsteinstraße 2

Baujahr / Errichtung: 1980

Baukonstruktion Bestand: Stahlbetonskelett; Fassade: „structural glazing and concrete sandwich“

Modernisierung / Sanierung: 2009

Generalsanierung des Schulgebäudes unter besonderem Augenmerk auf die Energieeffizienz. Die Schule hatte einen Primärenergiebedarf von 125 kWh/m<sup>2</sup>a.

ArchitektInnen / Projektleiter: e3 Architekten, D- Markoberdorf (<http://www.e3-architekten.com>)

Infos

[www.tesenergyfacade.com](http://www.tesenergyfacade.com)

Cronhjort, Yrsa: TES- *EnergyFacade* newsletter 02/2009

([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010)

## **Georg-Schulhoff-Realschule, Deutschland**

Gebäudetyp: Schulbau

Adresse / Standort: D – 40627 Düsseldorf, Kamper Weg 291

Baujahr / Errichtung: 1962

Baukonstruktion: Stahlbetonskelett

Modernisierung / Sanierung: Lärche Dreischichtplatten

ArchitektInnen: Wollenweber Architektur, Düsseldorf

Infos

[www.tesenergyfacade.com](http://www.tesenergyfacade.com)

[www.wollenweb.de](http://www.wollenweb.de)

# V Fassadenpaneele mit Polycarbonat-Mehrstegplatten

## Sanierung Verwaltungs- und Betriebsgebäude Entsorgung Remscheid

Gebäudetyp: Betriebsgebäude / Büros- und Arbeitsräume

Adresse / Standort: D – 42853 Remscheid, Nordstraße 48

Baujahr / Errichtung: 1960

Baukonstruktion Bestand: Stahlbeton-Skelett-Bau mit elementierter Betonfassade

Modernisierung / Sanierung: 2004 - 2008

Für die Fassade wurden mit Fördermitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) verschiedene Fassadenkonstruktionen verglichen und auf ihre Ökobilanz hin untersucht: aufgrund dieser Nachhaltigkeitsprüfung wurden Kunststoffmehrstegplatten gewählt, die als neue wärmedämmende Hülle in vorfabrizierten Elementen vor die Tragstruktur gestellt wurden.

„Ähnlich zu vielen Gebäudesanierungen in der Praxis beschränkt sich die Sanierung nicht nur auf die Mängelbeseitigung und energetische Verbesserung. Die Sanierung steht in Konkurrenz zu einem Neubau. Es wurden wesentliche Verbesserungen in der Nutzungsqualität und dem Erscheinungsbild sowie eine signifikante Senkung des Energieverbrauchs und der Betriebskosten mit möglichst reduziertem Ressourcenaufwand realisiert.

Im Rahmen eines mit Fördermitteln der DBU unterstützten integralen Planungsprozesses wurden durch das Fachgebiet Bauphysik und technische Gebäudeausrüstung der Bergischen Universität Wuppertal Simulationen und Sonderuntersuchungen zu den Themenbereichen Licht, Raumklima, Energie und Solaranlagen durchgeführt. Zum Einsatz kamen die Simulationsprogramme TRNSYS, TRNFLOW, Radiance und DaySim.

Das mipsHAUS-Institut erstellte eine ökologische Bewertung der alternativ durchgeführten Ausführungsplanung zu Glas- und Kunststofffassadenvariante. Hierzu wurden ausgewählte Leitindikatoren, die den Ressourcenverbrauch als TMR (total material requirement), den kumulierten Energieverbrauch (KEA VDI-Richtlinie 4600) sowie das GWP 100 (global warming potential) ausweisen, ermittelt.“ (DBU-Endbericht, 7)

### **Produkt**

#### *Sanierung mit Kunststoffmehrstegplatten*

Neue Holzleichtbaufassade mit Dämmung zwischen 16 und 24 mm Polycarbonat-Mehrstegplatten, die als neue wärmedämmende Hülle in vorfabrizierten Elementen vor die Tragstruktur gestellt wurden; 2-fach Wärmeschutzglas/Sonnenschutzglas mit wärmegeprägten Abstandhaltern und Holzrahmen, zusätzliche Dämmung von Flachdach und Decke zur Wagenhalle; Integration der haustechnischen Bauteile in die Fertigteile (bereits werkseitig in die vorgefertigten Elemente eingebaut).

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Stadt Remscheid, REB Remscheider Entsorgungsbetriebe

ArchitektInnen / Projektleiter:

#### *Architektur*

Architektur Contor Müller Schlüter GbR  
D-42103 Wuppertal, Hofaue 55, Kolkmann-Haus  
0049 (0) 202 - 4 45 71 30  
info@acms-architekten.de  
www.acms-architekten.de

#### *Fassadenelemente*

O.LUX GmbH & Co.  
D-91154 Roth, Fuggerstraße 10  
www.o-lux.de  
info@o-lux.de

#### *Energiekonzept*

Haustechnik: Ifl Ingenieurbüro F. Lucas & Partner, ifl-tga.de  
Forschung/Evaluierung: b+tga, Bergische Universität Wuppertal, www.uni-wuppertal.de  
Ingenieurbüro Morhenne & Partner GbR, Wuppertal

### Infos / Literatur

Lattke, Frank: TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbauelemente. In: Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg, S 42 – 53 ([http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4\\_downloads](http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads), 14.05.2010);

Münter, Michaela: Gebäude sanieren – Entsorgungsbetrieb. BINE Informationsdienst, projektinfo 11/2010

Ökologische / ökonomische Bewertung zweier Fassadenkonzepte – Glasfassade versus Kunststofffassade – zur Sanierung eines Verwaltungsgebäudes der 1960-er Jahre. Remscheider Entsorgungsbetriebe, Abschlussbericht über das Forschungsprojekt, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. (DBU-Endbericht, <http://www.acms-architekten.de/de/projekte/reb-entsorgungsbetriebe/reb3.html>, 28.12.2010)

Umbau als Maßanzug. Verwaltungs- und Betriebsgebäude aus den 60er Jahren, Remscheid. In: DBZ-Deutsche Bauzeitschrift, Energie spezial 01-2010, 82 – 85

Voss, K. / Engelmann, P. / Musall, E.: Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsvorhaben. Sanierung eines Bürogebäudes der 60er Jahre zu einem Niedrigenergiehaus. Schlussbericht. Bergische Universität Wuppertal. Juli 2010 ([http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/Projektberichte/Endbericht\\_0329750X\\_REB-Remscheid.pdf](http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/Projektberichte/Endbericht_0329750X_REB-Remscheid.pdf))

Voss, K. / Hans, O. / Wagner, A. u. a.: Ergebnisbericht über die Anwendung des Nachweisverfahrens nach DIN V 18599 an acht ausgewählten EnOB-Demoprojekten. 2010 ([www.enob.info/de/publikationen](http://www.enob.info/de/publikationen))

Architektur Contor Müller Schlüter GbR  
[www.acms-architekten.de](http://www.acms-architekten.de)  
<http://www.acms-architekten.de/de/projekte/reb-entsorgungsbetriebe.html>

Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
[http://www.dbu.de/projekt\\_22566/\\_db\\_799.html](http://www.dbu.de/projekt_22566/_db_799.html)

### Kontakt

Architektur Contor Müller Schlüter  
D-42103 Wuppertal, Hofaue 55 / Kolkmannhaus  
0049 (0) 202-4457130  
[info@acms-architekten.de](mailto:info@acms-architekten.de)  
[www.acms-architekten.de](http://www.acms-architekten.de)

### FOTOS







**Entsorgung Remscheid, Büro- und Betriebsgebäude:** Bestandsgebäude und nach der Sanierung, West-Ansicht Haupteingang nach der Sanierung, Nord-Ansicht Wagenhalle nach der Sanierung.  
Fotos © acms-architekten (1-2); Fotodesign Tomas Riehle (3-4)

## Projektbeschreibung Bestand

### Allgemeine Beschreibung

„Das Verwaltungs- und Betriebsgebäude Nordstraße 48 in Remscheid wurde zu Beginn der 60er-Jahre als dreigeschossiger Stahlbeton- Skelett- Bau mit elementierter Betonfassade erstellt und nachträglich in Leichtbauweise um ein viertes Geschoss erweitert. Es wies erhebliche strukturelle, konstruktive und bauphysikalische Defizite auf:

- Fassade in bautechnisch sehr schlechtem Zustand
- Dachflächen undicht und sanierungsbedürftig
- Bauzeitbedingt schlechter Dämmstandard, insbesondere Probleme in den Anschlussbereichen
- (Wärmebrücken und Luftdichtheit)
- Technische Gebäudeausrüstung insgesamt am Ende der technischen Lebenserwartung angelangt
- Unzureichender Brandschutz
- Als öffentliches Gebäude nicht behindertengerecht
- Kein Aufzug
- Hauptzugang des Gebäudes sehr schlecht auffindbar
- Haupttreppenhaus in Teilen nicht mit 2 m Kopfhöhe umgesetzt.“  
(DBU-Endbericht, 7)

### *Nutzung des Bestandes*

„Größter Nutzer und gleichzeitig Eigentümer des Gebäudes waren die Remscheider Entsorgungsbetriebe (REB) mit dem Arbeitsbereich Abfallwirtschaft, die als organisatorisch eigenständiger Betrieb der Stadt Remscheid u. a. die Aufgaben des städtischen Fuhrparks übernommen hatten. Das Bestandsgebäude wurde in den beiden unteren Etagen (durch die Hangsituation sind beide Etagen anfahrbar) als Wagenhalle und Lagerbereich genutzt. Die beiden oberen Geschosse wurden als Büro- und als Sozialräume von Teilen des städtischen Gebäudemanagement sowie einer städtischen Straßenmeisterei genutzt. Die Bürobereiche waren als konventionelle Einzelbüros mit innen liegendem, nicht natürlich belichtetem Erschließungsflur gegliedert. Im restlichen Bereich des Gebäudes befanden sich neben einem Versammlungsraum die Wasch- und Duschbereiche.

Neben dem Standort an der Nordstraße war ein weiterer zentraler Betriebsbereich der REB in einem zweiten Betriebsgebäude untergebracht. Zur Optimierung der Arbeitsabläufe und zur Kostenoptimierung wollten die REB ihre gesamten Betriebsbereiche an einem Standort zentralisieren. Hierzu bot sich der Standort Nordstraße an, da der zweite Betriebsstandort nur angemietet war und das Mietverhältnis kurzfristig gelöst werden konnte.“ (DBU-Endbericht, 20)

### Baukonstruktion Bestand

Dreigeschossiger Stahlbeton-Skelett-Bau mit elementierter Betonfassade aus den 1960er-Jahren, nachträglich in Leichtbauweise um ein viertes Geschoss erweitert.

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Kosten

Bauwerkskosten gesamt EUR 3,78 Mio.

#### *Realisierungskosten netto (BGF, DIN 277)*

Baukonstruktion (Kostengruppen 300) / m<sup>2</sup> EUR 480,-  
Technische Anlage (Kostengruppen 400) / m<sup>2</sup> EUR 201,-

#### *Baukostenvergleich Glas-Fassade – Kunststoff-Fassade*

Der Kostenvorteil der Kunststoff-Fassade als vorelementierte Holztafelkonstruktion gegenüber konventioneller Glas-Fassade mit vorgehängten U-Profilbaugläsern beträgt durchschnittlich 25% bei einer Ressourceneinsparung um den Faktor >10.

„Die Fassade wurde alternativ in zwei Ausführungsvarianten geplant und ausgeschrieben. Vor einem identischen Hinterbau als vorelementierte Holztafelkonstruktion wurden jeweils gebäudehoch U-Profilbaugläser, bzw. Polycarbonat-Mehrstegplatten geplant. Die Ausschreibung wurde gemäß VOB / A durchgeführt. Von allen Bietern, die sich am Ausschreibungsverfahren beteiligt haben, wurde die Ausführungsvariante mit Polycarbonat- Mehrstegplatten preisgünstiger angeboten. Der in der Submission ausgewiesene Kostenvorteil der PC- Mehrstegplatten gegenüber den Gussglasprofilen lag zwischen 14,1 und 37,5 %. Es ergibt sich eine mittlere Einsparung in Höhe von 23%.“  
([http://www.dbu.de/projekt\\_22566/\\_db\\_799.html](http://www.dbu.de/projekt_22566/_db_799.html), 14.06.2010)

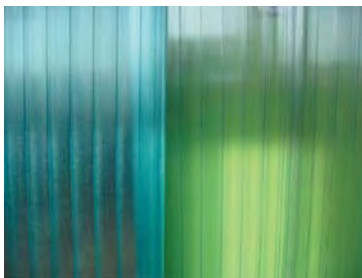
#### *Baukostenvergleich Neubau – Sanierung*

Eine Vergleichsstudie der Kosten von Neubau inkl. Abriss des Bestandsgebäudes und der realisierten Umbauvariante ergab, dass ein Neubau mit gleichem Ausführungsstandard ca. 40% teurer gewesen wäre.

### Gestalterische Möglichkeiten

Durch die Polycarbonatplatten sind verschiedene Farbeffekte möglich. In Remscheid kamen zwei unterschiedliche Ausführungen von Doppelstegplatten zum Einsatz: Einerseits eine leicht bläulich eingefärbte Platte mit U-Wert von 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Zum anderen eine transparente Platte für die eine Farberscheinung durch Anstrich der Holztafelbauplatten erreicht wurde.

### FOTOS



**Entsorgung Remscheid**, Farbnuancen der Polycarbonatplatten.  
Foto © acms-architekten

### Konstruktion

#### **Vorfertigung**

Werkseitige Vorfertigung der Fassade mit integrierter Dämmung und transluzenten Mehrfachstegplatten aus Polycarbonat; Integration von haustechnischen Bauteilen in die Fertigteile: extern zugelieferte passive Aussenluftdurchlasselemente wurden direkt in die vorgefertigten Elemente werkseitig eingebaut

## Elementgrößen

Großformatige Tafeln mit etwa 5 x 8 m

Vorfertigung von vertikalen, zwei Geschoss hohen, Elementen

## FOTOS



**Entsorgung Remscheid, vorgefertigte Musterfassade:** Als Basis für die detaillierten Werkplanung wird zur endgültigen Abstimmung eine Musterfassade erstellt. Für die vorgenommene Integration von passiven Lüftungselementen konnte im Rahmen eines Modells die Einbausituation verbindlich geklärt werden.

Fotos © acms-architekten

Flächen [m <sup>2</sup> ]	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Bruttogrundfläche gesamt	5.310	5.310
Nettogrundfläche beheizt	2.544	2.543
Verwaltungsbereich	1.580	2.031
Sozialbereich		512
Wagenhalle für den betriebsinternen Fuhrpark (EG)		ca. 2.000
Nutzfläche nach EnEV		3.120
Bruttorauminhalt [m <sup>3</sup> ]	20.851	20.851
A/V		0,32 NGF, beheizt

Energetische Kenndaten	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Jahresheizwärmebedarf nach PHPP[kWh/m <sup>2</sup> a]	343	46
Primärenergiebedarf nach EnEV 2007 [kWh/m <sup>2</sup> a]	440	96,8

	Energiekennwerte (Endenergie) bezogen auf beheizte Nettogrundfläche [kWh/m <sup>2</sup> a]			
	vor Sanierung	Planung (nach EnEV)	Messwerte nach der Sanierung	
			2008	2009
Heizwärmebedarf gesamt		50,7	95,4	78,3
Heizwärme	340		116,7	94,2
Primärenergie Wärme	374		121,8	98,3
Lüftung Büro (Inkl. Nachtlüftung)**			7,6	2,4
Lüftung Sozialtrakt**			79,5	67,4
Beleuchtung Büro			3,8	3,9
Elektrische Hilfsenergie (Gebäude, Garagen)			14,7	11,5
Primärenergie gesamt	440	136	191	144,6

Quelle: BINE Informationsdienst 11/2010

\*) Heizwärme witterungsbereinigt

\*\*\*) Bezugsfläche = Funktionsfläche, Büro: 1800m<sup>2</sup>, Sozialtrakt: 500m<sup>2</sup>

Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

Baukonstruktion Schichten / Dicke [cm] U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

<b>Fassade</b>		<b>0,16</b>
Fassade EG, Wagenhalle, Treppenhaus		1,20
Außenwand		0,22

*Bestand*

*Distanzdämmung*

OSB 1,8

*Dampfsperre*

Mineralfaserdämmung, 14 /24,0

Konstruktionshölzer

OSB / Winddichtung 1,6

Luftschicht 2,0

Stegplatte 4,0

**Sonstige Bauteile**

Fenster (U <sub>w</sub> )		<b>1,4</b>
---------------------------	--	------------

Fenster Ug-Wert 1,1

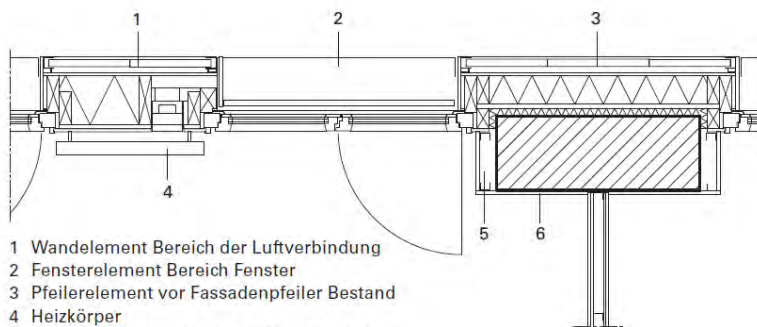
g-Wert zwischen 58 % und 43 %

(Wärme- bzw. Sonnenschutzverglasungen mit wärmegeprägten Abstandshaltern)

<b>Dach</b>		<b>0,15</b>
-------------	--	-------------

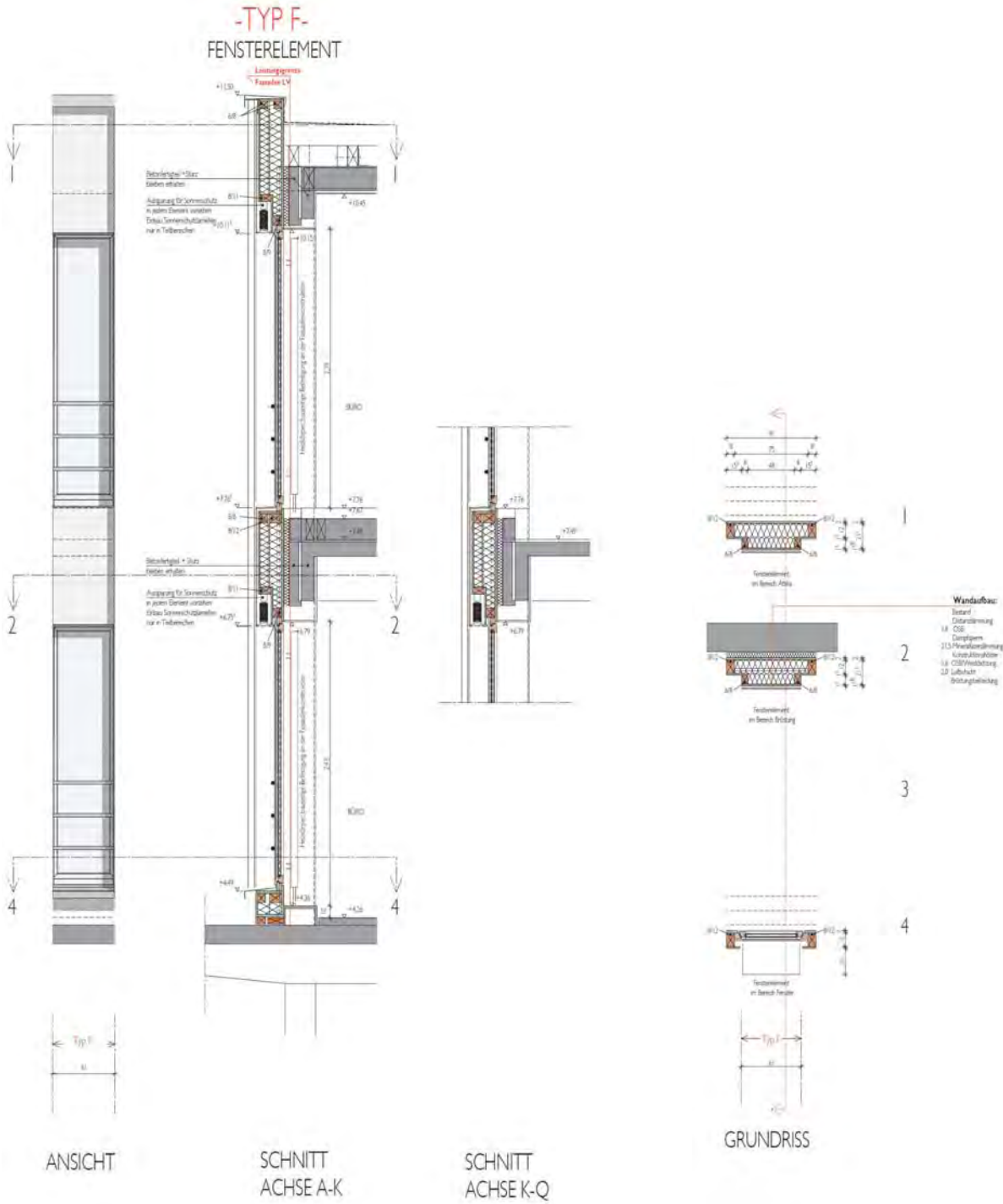
<b>Kellerdecke / Bodenplatte</b>		<b>0,40</b>
----------------------------------	--	-------------

FOTOS

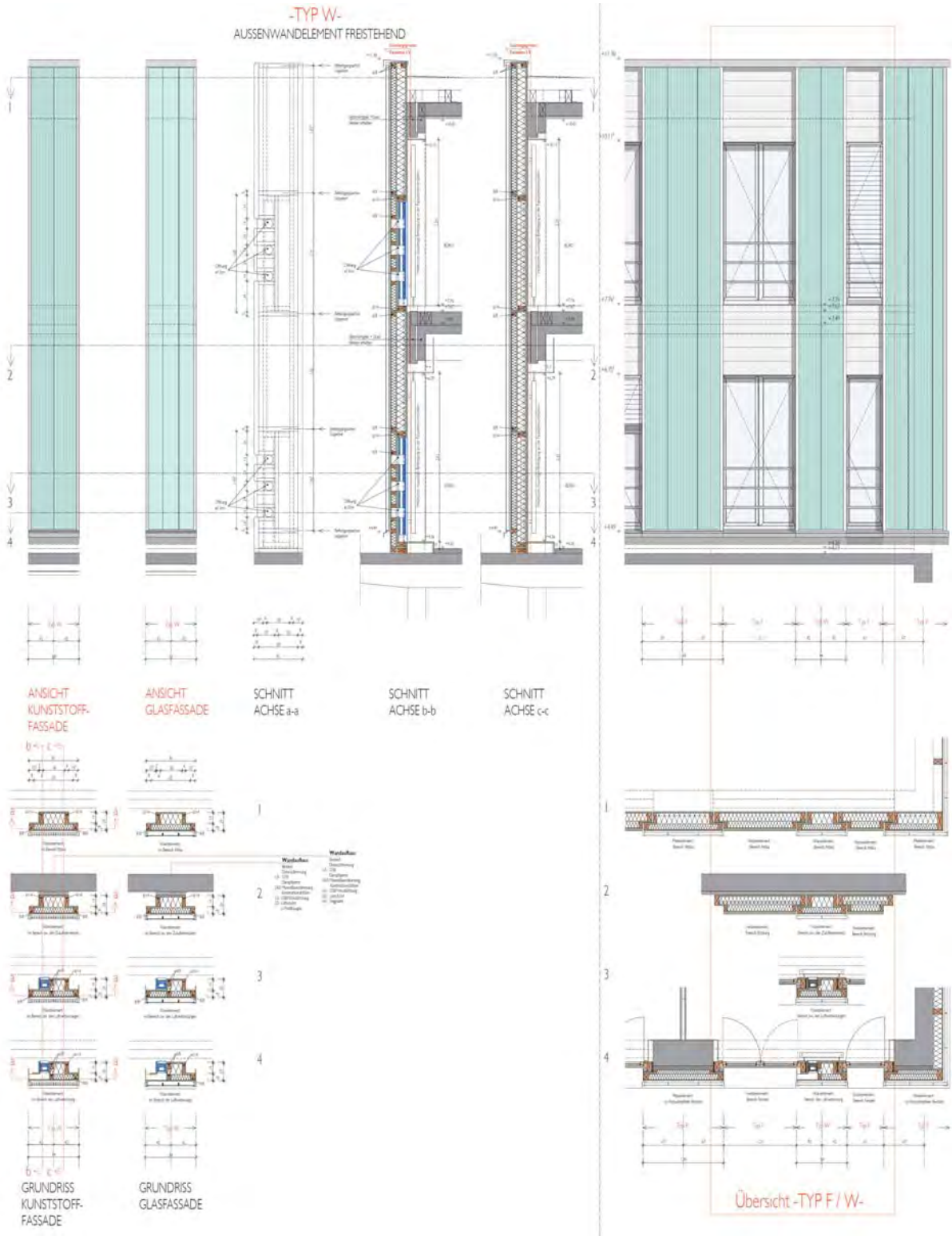


- 1 Wandelement Bereich der Luftverbindung
- 2 Fensterelement Bereich Fenster
- 3 Pfeilerelement vor Fassadenpfeiler Bestand
- 4 Heizkörper
- 5 Seitliche Laibungsfläche als Vorsatzschale
- 6 Seitliche Innenwandfläche als Trockenputz

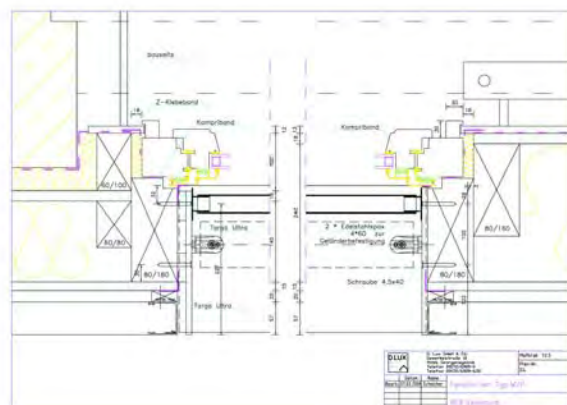
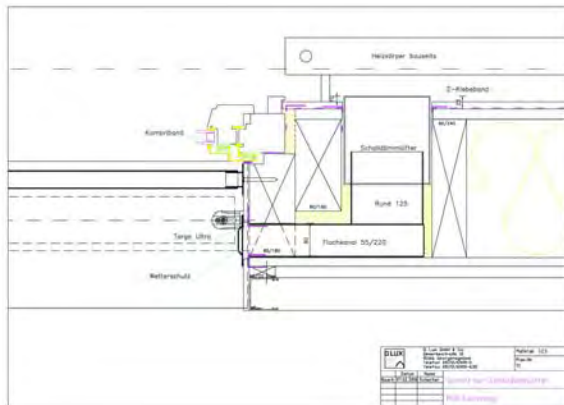
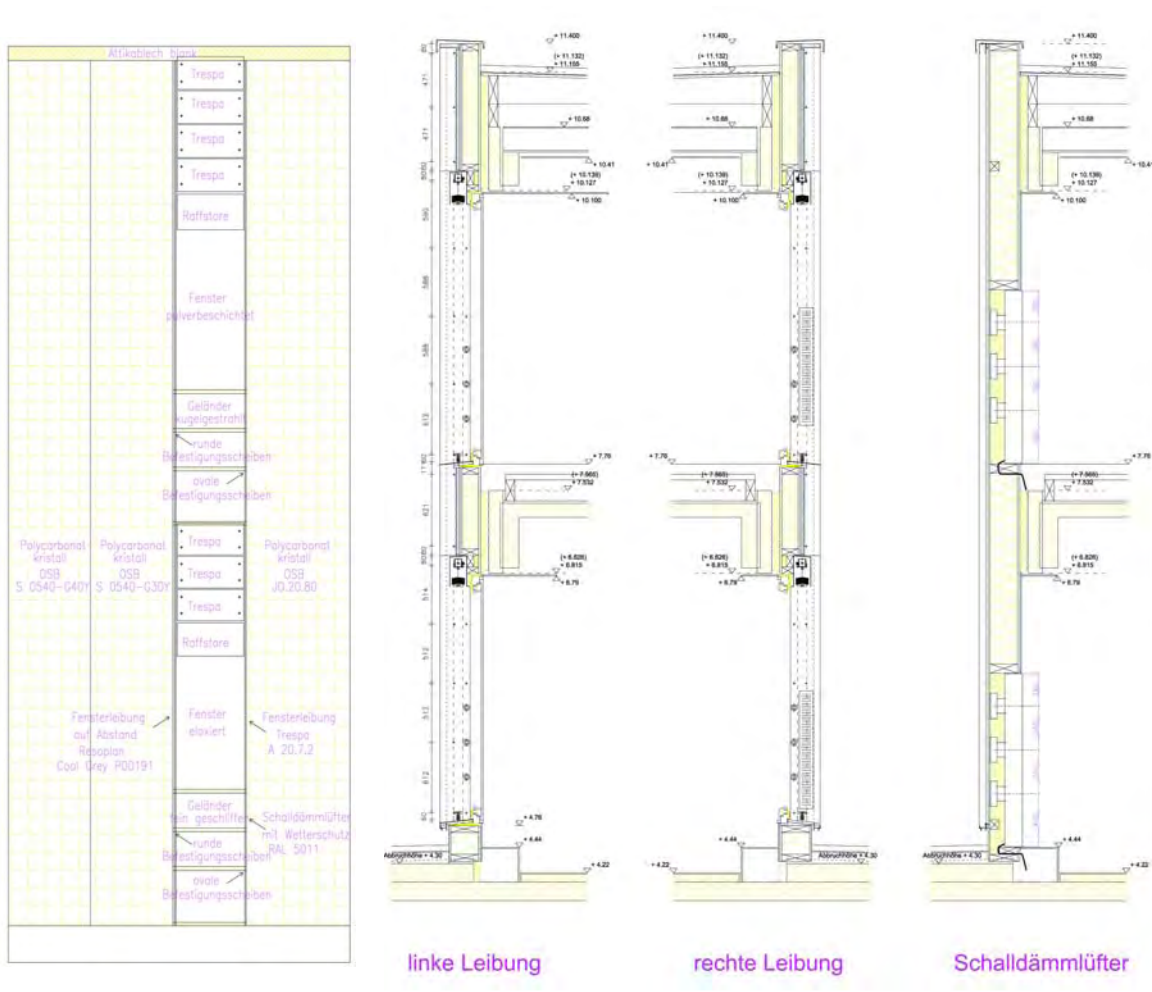
**Entsorgung Remscheid, Details:** Fassadendetail, Fensterelement, Aussenwandelement.  
 Grafik © acms-architekten



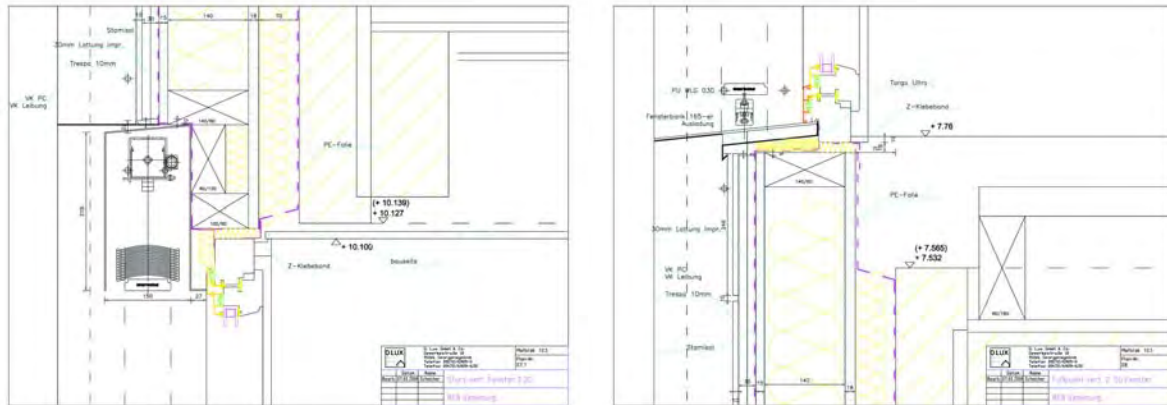
**Entsorgung Remscheid, Details: Fensterelement.**  
Grafiken © acms-architekten



Entsorgung Remscheid, Details: Aussenwandelement.  
Grafiken © acms-architekten



**Entsorgung Remscheid, Details:** Musterfassade, Fassadenschnitt mit Lüftungselement, Schnitte Fenster. Grafiken © O-LUX



**Entsorgung Remscheid, Details: Schnitte Fenster vertikal.**  
Grafiken © O-LUX

### Lüftung

#### *Lüftung / Kühlung*

Komplexes Low-Tec-System: Verwaltungsbereich über Abluftanlage belüftet, Nachströmung der Frischluft über passive Fassadenlüfter (ALD); das Klimakonzept konnte völlig ohne aktive Kühlung umgesetzt werden.

- optimierte Lufthygiene durch Betrieb einer Ventilator-unterstützten Lüftung als Abluftanlage (1-facher Luftwechsel). Die Zuluft strömt dezentral über akustisch bedämpfte Außenluftdurchlasselemente mit automatisch verstellbaren Querschnittsöffnungen in der Fassade nach
- Frostfreihaltung der gesamten Wagenhallen durch Einblasen der Abluft aus dem Bürotrakt, somit entfallen hier die gesamte Heizungsinstallation sowie der Energieverbrauch infolge von Heizbetrieb, Zirkulation und Fehlbedienung
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung über ein Kreislaufverbundsystem für den gesamten Sozialtrakt

#### *Sommerliches Raumklima*

- Nachtlüftung über automatisch vergrößerte Öffnungsquerschnitte der Nachströmelemente in der Fassade und Erhöhung des Volumenstroms der Abluftanlage (2-facher Luftwechsel)
- PCM Deckenverkleidung im Leichtbauobergeschoss (Trockenbauplatten mit PCM-Materialien im 2.OG) zur Erhöhung der Wärmekapazität und Dämpfung der sommerlichen Temperaturamplituden (BASF Micronal) eingebaut
- Außen liegender Sonnenschutzbehang (Südseite), Sonnenschutzverglasung auf den Fassaden ohne beweglichen Sonnenschutz (Nordseite)

#### *Außenluftdurchlasselemente (ALD)*

„Dimensionierung, Bauweise, Anordnung und Steuerung der Außenluftdurchlasselemente (ALD) wurden detailliert untersucht. Das ALD ist raumweise ohne Ventilator und Zulufterwärmung ausgeführt, so dass die Druckdifferenz zwischen Innen- und Aussenraum den Antrieb für die nachströmende Luft bildet. In Remscheid war eine Druckdifferenz von 22 Pa dimensioniert, um das Nachströmen von 160 m<sup>3</sup>/h Zuluft über die ALD zu gewährleisten. Vorteil der passiven Elemente ist, dass keine Schallemissionen von Ventilatoren auftreten. Durch den Verzicht auf Ventilatoren kommen keine Luftfilter zum Einsatz. Somit sind die Elemente wartungsarm.“ (Münter 2010, 2)  
Die Außenluftdurchlasselemente sind, an die Betriebszeiten und Außentemperaturen angepasst, regulierbar. Während der Arbeitszeit sind sie zur Hälfte geöffnet, außerhalb der Betriebszeiten wird die Abluftanlage abgeschaltet und die Durchlasselemente sind geschlossen.

### Heizung und Warmwasser

- Solar unterstützte Trinkwasserwärmung (Duschbetrieb mit ca. 1.000 l/d Warmwasserbedarf) durch eine 30 m<sup>2</sup> große Flachkollektoranlage auf dem Dach des Gebäudes. Eine zunächst



angedachte fassadenintegrierte Systemlösung wurde im Rahmen der Planung verworfen, da diese wirtschaftlich nicht vertretbar war

- Nacherwärmung und Raumheizung über einen Gas-Brennwertkessel (Radiatoren im Fassadenbereich)

#### Tageslichtnutzung / Beleuchtung

- Optimierte Tageslichtnutzung über spezielle stufenlos im Drehwinkel angepasste Lamellenjalousien, der Behang ist im unteren Bereich vollständig geschlossen und öffnet stufenlos bis in den oberen Bereich, so dass in der Lichtlenkstellung keine extremen Leuchtdichteunterschiede auftreten (System Retrolux)
- Leuchtenintegrierte, tageslichtabhängige Kunstlichtregelung und Präsenzerkennung in den Büroräumen

#### Luftdichtheit

$n_{50} = \text{ca. } 1,2 \text{ h}^{-1}$  (EnEV  $< 1,5 \text{ h}^{-1}$ )

#### Schallschutz Rw [dB]

k. A.

#### Brandschutz F (30, 90)

Fassaden: F30 nichttragene Aussenwand

#### Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

##### **Allgemeine Bewertung**

„Das Gebäude in Remscheid hat architektonisch und funktional durch die Sanierung gewonnen. Die intensive Planung und das Engagement von Bauherrn und Planern hat dazu beigetragen, eine ganzheitliche Gebäudesanierung zu vertretbaren Kosten durchzuführen. Die erreichten Energiekennwerte sind angesichts der hohen Werte vor der Sanierung ein gutes Ergebnis, mit Blick auf die angestrebten Ziele allerdings weiter verbesserungswürdig.

Die Planung eines Verwaltungsgebäudes mit integriertem Sozialtrakt, der Duschen und Trockenräume beherbergt, stellt besondere Anforderungen an die energetische Bilanzierung. Standardmäßig kann ein entsprechendes Gebäude wie das in Remscheid noch nicht über die DIN V 18599 abgebildet werden. Somit waren spezielle Nebenberechnungen notwendig, die die besonderen Verhältnisse berücksichtigen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Planungswerkzeugen jenseits normativer Berechnungsverfahren bei der Durchführung von innovativen Projekten.“ (Münter 2010, 4)

##### **Ressourceneffizienz**

„Gemäß der Berechnungen nach dem mips-Ansatz konnte nachgewiesen werden, dass die ausgewählte Leichtbauweise mit vorgehängter PC- Kunststoff- Mehrstegplatte im Vergleich zu einer Bauweise mit vorgehängten Gussglasprofilen zu Ressourceneinsparungen mit dem Faktor 2 führen. Im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung mit WDVS liegen diese bei dem Faktor 5, bzgl. einer vorgehängten Naturstein- bzw. Aluminiumfassade bei dem Faktor 25.“ (DBU-Endbericht, 8)

##### **Übertragbarkeit**

Hinsichtlich der Übertragbarkeit auf den Gebäudebestand aus den 1960er-Jahren werden folgende Aspekte genannt:

- „Detaillierte Planung unter Zuhilfenahme von gängigen Simulationswerkzeugen zwecks Minimierung der zu treffenden Umbaumaßnahmen
- Nachrüstung von Speichermasse über PCM- Materialien zur Herstellung einer ausreichenden Speicherkapazität des Gebäudes auch in der Leichtbauweise
- Nachrüstung von Bestandsgebäuden mit einer installationsarmen Abluftanlage und in der Fassade integrierten passiven Lüfterelementen
- Erstellung einer komplett um den Bestand herum geführten hoch wärmegeprägten, neuen Gebäudehülle
- Verwendung von Kunststofffassaden besonders an Bestandsgebäuden, die nur geringe Lasten aufnehmen können und / oder in denen an (Teil-)Nutzungsbereiche reduzierte Raumklimaanforderungen gestellt werden und / oder in denen eine möglichst effektive, diffuse Tageslichtnutzung gefordert wird.“ (DBU-Endbericht, 91)

## Sonstige

### **Weiterführender Forschungsbedarf**

„Bzgl. des Fassadenbaus mit Kunststoffelementen handelsüblicher Systemhersteller muss nach Realisierung dieser Baumaßnahme ergänzend festgestellt werden, dass für die Anwendung im Verwaltungsbau und in der vorgefertigten Bauweise sicherlich noch ein Bedarf an Systemerweiterungen und damit einhergehend ein weiteres Optimierungspotenzial besteht. Auch hinsichtlich der Einweisung der ausführenden Gewerke ist die technische Beratung durch die Hersteller in den neuen Anwendungsbereichen anzupassen.“ (DBU-Endbericht,90)

## FOTOS



### **Entsorgung Remscheid, Innenraumansichten:**

Nachträglich an das Gebäude gestelltes Haupttreppenhaus: durch die transluzenten Mehrfachstegplatten konnte vielfach auf künstliche Beleuchtung verzichtet werden. Büro im Erdgeschoß mit transluzenten Stegplatten und Verglasung, Anordnung der Bürobeleuchtung.

Fotos © Fotodesign Tomas Riehle

# VI „IEA ANNEX 50“ – Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings

## Einführung

Das Projekt „IEA ANNEX 50 – Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings“ zielt auf die nachhaltige Erneuerung von Mehrfamilienhäusern mittels vorgefertigter Dach- und Fassadenmodule. Ein besonderes Ziel, neben energetischen Verbesserungen und höherem Komfort, stellt der „schnelle und hochwertige Sanierungsprozess zu verlässlichen Kosten“ dar. Die Arbeiten sollen weitgehend von außen und damit ohne größere Beeinträchtigung der Bewohner erfolgen. Die wichtigsten Ziele des IEA-Projekts sind:

- Formulieren von ganzheitlichen Sanierungsstrategien für eine energieeffiziente Erneuerung der Gebäudehülle mit vorgefertigten Dach- und Fassadenmodulen
- Reduktion des Energieverbrauchs auf ein Niveau von 30-50 kWh/m<sup>2</sup>a für Heizung, Kühlung und Warmwasserbereitung (Passivhaus resp. MINERGIE-P bis MINERGIE)
- Intensive Nutzung der Sonnenenergie
- Verbesserung des Komforts und bessere Ausnutzung des Raumes
- Guter thermischer Komfort, Lärmschutz, gute Luftqualität, bessere Tageslichtnutzung
- Schnelle, hochwertige Renovationsprozesse zu verlässlichen Kosten

In dem von Mark Zimmermann von der Empa Bautechnologie in Dübendorf geleiteten Projekt sind zehn europäische Länder beteiligt, darunter auch Österreich mit der AEE Intec. An der Hochschule für Technik + Architektur Luzern, Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CTP), werden von Peter Schwehr und Robert Fischer die gebäudetypologischen Grundlagen erarbeitet. In Kooperation mit Forschungs- und Industriepartnern werden Sanierungsmodule für Fassade, Dach und Gebäudetechnik entwickelt, die je nach Hersteller großflächige Bauelemente oder fertige Bauteile sein können.

### Sanierungsstrategie

„Für die Gebäudeerneuerung wird das Gebäude mit 3D-Laser Scanning dreidimensional vermessen. Diese hochwertigen Datensätze dienen dem Planer und dem Hersteller für die maßgenaue Herstellung der Sanierungselemente. Bestehende Dächer werden soweit sinnvoll entfernt (Abbildung 4, Punkt 1) und durch optimierte, neue Dachmodule ersetzt (2), welche sowohl eine optimale Raumnutzung gewährleisten wie auch die Integration neuer Gebäudetechnik (Solarnutzung, Komfortlüftung etc.) ermöglichen. Auf die bestehende Fassade werden die Leitungen für die Komfortlüftung und allfällige andere neue Installationen montiert (3) und anschließend mit den vorgefertigten Fassadenelementen verkleidet (4). Sowohl hinterlüftete Fassaden als auch verputzte Kompaktfassaden sind möglich. Die neuen Fenster sind soweit möglich bereits in die Fassadenelemente integriert. Balkone können als Wohnraumerweiterung umfunktioniert werden (5). Die Kellerdecke wird schließlich konventionell gedämmt (6).“ (Zimmermann u. a. 2007, 20)

### Gebäudetypologie

Die Gebäudetypologie dient dazu Sanierungspotenziale abzuschätzen und –strategien zu entwickeln. Im Sanierungskonzept werden diese Strategien in standardisierte Sanierungsmodule umgesetzt. Auf Basis einer umfassenden Analyse werden die Gebäudetypologien nach Struktur und Systemverhalten dokumentiert und Anforderungen an die zu entwickelnden Sanierungsmodule abgeleitet. „Die im Projekt entwickelte Gebäudetypologie beschränkt sich nicht wie üblich auf Baukörper und Form, sondern berücksichtigt neben der Struktur, auch die Nutzung und die Prozesse (Planung, Betrieb und Unterhalt) der untersuchten Bauwerke. Das typologische Analyse-Verfahren gliedert sich im Projekt in vier Schritte:

- Erfassen des Gebäudebestands und der Gebäudestrukturen im Fokusbereich Wohnbaurerneuerung
- Erfassen der Bedürfnisse der Interessensgruppen Eigentümer, Mieter, Planer
- Darstellen des Systemverhaltens Wohnbaurerneuerung
- Identifizieren von Gebäudetypen“ (Zimmermann u. a. 2007, 21)

Die Untersuchung der Gebäudetypologie konzentrierte sich auf Mehrfamilienhäuser mit mind. 3 Wohneinheiten und max. 8 Geschossen, die zwischen 1919 und 1990 errichtet wurden. Es wurden

rund 150 Gebäude detailliert erfasst und mit statistischen Daten abgeglichen. Das Ergebnis zeigt, dass die typischen Merkmale von rund 80 Prozent der schweizerischen Mehrfamilienhäuser durch 11 charakteristische Gebäudetypen beschreibbar sind.

Die Kategorisierung des Gebäudebestand und Identifizierung von übereinstimmenden Gebäudetypologien ermöglicht die Entwicklung von Sanierungsstrategien mit hohem Umsetzungspotenzial. Möglichkeiten und Potenziale zur Rationalisierung, Optimierung, Qualitätssicherung und Gewährleistung der Kostensicherheit sollen weitgehend ausgeschöpft werden.

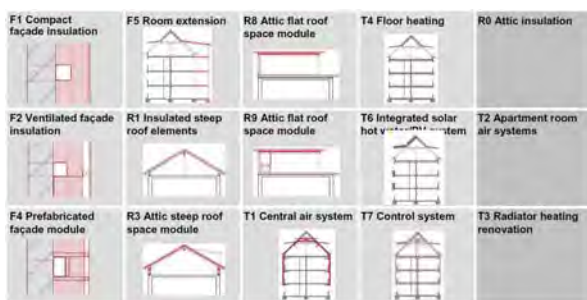
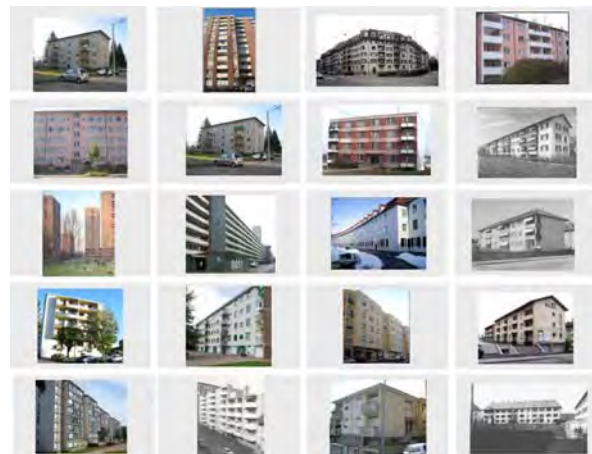
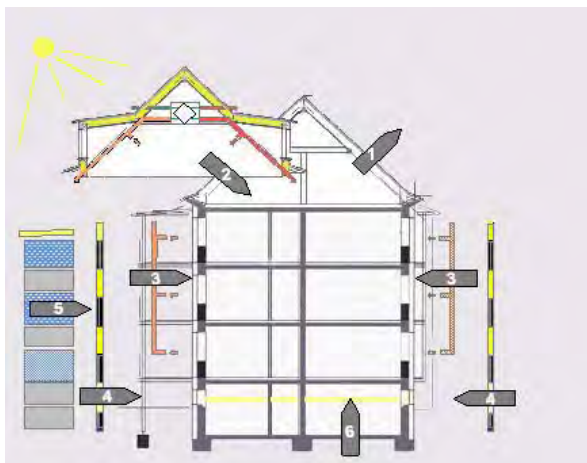
**Vorgehensweise**

- Für die Standardisierung der Gebäudeerneuerung wurden 12 Sanierungsmodule definiert und grob spezifiziert. Drei weitere Standardmodule, die bereits Stand der Technik sind, werden einbezogen aber nicht näher bearbeitet
- Die Sanierungsmodule wurden beschrieben und die Anforderungen und Schnittstellen für die Entwicklung definiert
- Anhand von Gebäudesimulationen wurden die Sanierungsmodule für die Typengebäude spezifiziert. Dazu wurden Energiebedarf und Primärenergieverbrauch berechnet und daraus die Systemanforderungen abgeleitet

**3-D Laser Scanning**

Die Vermessung der Gebäude erfolgt mittels 3-D Laser Scanning. Im Rahmen des Projekts wurden Methoden entwickelt um die Vermessung und Datenverarbeitung effizient vornehmen zu können.

FOTOS



Module	Description	Specification	Documentation
F4 Prefabricated façade module	Mineral wool, foam or vacuum insulation in frame construction and ventilated cladding, full system prefabricated incl. windows and duct system	- U-value opaque façade - U-value windows and doors - Fire protection requirements - Piping and duct integration - Air tightness - Tolerances (existing façade) - Transportation limits (size, weight) - Existing window vertical/horizontal section	- Standard section - Mounting system, process - Convex building corners - Window vertical/horizontal detail - Piping integration/fixing - Building socket - Flat and steep roof interface - Cladding materials - Material specifications - Transportation protection - Prices per m <sup>2</sup>

**IEA Annex 50 Sanierungskonzept, Gebäudetypologien:** Die Gebäudehülle wird von außen erneuert, rechts: Ersatz altes Dach (1+2), Montage Lüftungsverteilung von außen (3), Montage Fassadenelemente (4+5), Kellerisolation (6). Gebäudetypologie: Gebäudebeispiele, rund 80 Prozent der Mehrfamilienhäuser lassen sich durch 11 charakteristische Gebäudetypen beschreiben, 12 definierte Sanierungsmodule und drei Standardmodule, Beispiel einer Modulbeschreibung.

Grafik © IEA Annex 50; HSLU, Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP)

### Fassadenmodule

Auf der Grundlage der „Gebäudetypologien“ werden Anforderungen an die zu entwickelnden vorfabrizierten Sanierungsmodule spezifiziert. Vorgabe für die standardisierten Module ist die Erreichung der ambitionierten Energieziele von 30-50 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Heizung, Kühlung und Warmwasser. Dazu werden Sanierungsszenarien an verschiedenen Gebäuden detailliert simuliert und die Konstruktion entsprechend adaptiert.

Die Sanierungsmodule werden von den beteiligten Ländern mit lokalen Industriepartnern entwickelt. Innerhalb des Projektteams sind die Arbeiten in Österreich und in der Schweiz am weitesten fortgeschritten. In Österreich wurden große, vorfabrizierte gap-Solar-Fassadenelemente (ca. 3 x 12 m) in einem Pilotprojekt in Graz, Dieselweg, angewendet. Die in der Schweiz entwickelten Sanierungsmodule sind mit einer Größe von zirka 3 x 2,5 m wesentlich kleiner. Sie sind so dimensioniert, dass sie den Fensterbereich und damit den Ort der höchsten Detaillichte abdecken. Die Vorfabrikation von kleineren Modulen ist wesentlich flexibler, sie ermöglicht eine weitergehende Standardisierung und eine wesentlich einfachere Montage. Das Schweizer Projektteam hat zudem ein Dachmodul entwickelt. Die erarbeiteten Sanierungslösungen wurden statisch, bauphysikalisch und brandschutztechnisch geprüft.

### *Basismodul F4.1*

Das Basismodul deckt den Bereich um das Fenster ab, jenen Bereich der Fassade bei dem die meisten Detaillösungen nötig sind. Mehrere Basismodule übereinander können ganze Fensterspalten abdecken. Das Modul kann mit einer verschiedenen Anzahl an Lüftungsleitungen und angepasst an verschiedene Fenstermaße produziert werden.

### **Fabrikations- / Montageablauf**

- |         |     |   |
|---------|-----|---|
| Im Werk | 1.) | Bestellung des definitiven Fensters, aufgrund von Referenzmassen am bestehenden Bau und Plänen der Planer und Unternehmer   |
|         | 2.) | Beginn Bau des Basismoduls F4.1, der tragenden Konstruktion, inklusive Einbau der Lüftungskanäle, Fenster und weiterer Baumaterialien in Schicht 1 (Bauteile 1-13)  |
|         | 3.) | Einbau der Wärmedämmung, Fertigstellung der Schicht 2 (Bauteile 14-20) eventuell der fertigen Aussenhaut oder Elemente zur Solarenergiegewinnung  |
| Am Bau  | 1.) | Vorarbeiten am Bau wie z.B. Entfernung Fensterbank, Brüstung, Reinigung Fassade, Setzen von Montagebalken etc. Anbringen des vorfabrizierten F4.1 Basismoduls inkl. Fenster, Lüftungskanälen, Medien, Dämmung, ev. Elementen zur Solarenergiegewinnung oder Aussenhaut  |
|         | 2.) | Öffnungen übereinander können mit gleichen/ähnlichen Modulen bedient werden. Gleiches gilt für die verschiedenen Spalten der Öffnungen.   |
|         | 3)  | Die verbleibenden opaken Bereiche werden mit etablierten Fassadensystemen wie herkömmlich vervollständigt. Denkbar sind auch vorfabrizierte Elemente. Vom Konzept her ist dies optional, und lässt die Möglichkeit offen, situativ zu reagieren. Die opaken Teile sind die Module<br>F1: verputzte Fassaden<br>F2: hinterlüftete Fassaden<br>F3: Fassaden mit hintenliegender Schüttdämmung |
|         | 4.) | Schlussarbeiten der äussersten Fassadenschicht und innere Abschlussarbeiten. (Entfernung altes Fenster, Erstellung Luftdichtigkeit, Bohrungen für Durchdringung Lüftungsleitung etc.). (Kobler 2010, 15f)   |

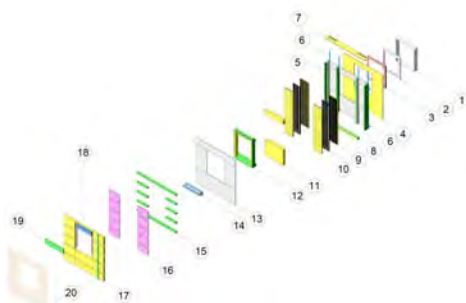
### **Bauteilschichten / -elemente** (lt. Grafik, Quelle: Kobler 2010, 18ff )

#### *Schicht 1*

- |   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| 1 | Folie<br>(Luftdichtigkeit) | ragt aus dem F4.1 Modul heraus, wird am Bau an der bestehenden Aussenleibung verklebt und z.B. mit einer 10 mm Gipsplatte überdeckt (entspricht dann neuer Innenleibung). Mit der Folie ist auch die Funktion einer Dampfsperre möglich. Es gibt auch Fensterprodukte, die mit einer bereits am Fensterrahmen verklebten Folie geliefert werden können. |
| 2 | Fenster                    | 3-fach Verglasungen ab einen U-Wert von 0.7 W/(m <sup>2</sup> ·K) empfohlen   |
| 3 | Einlage                    | dampfdiffusionsdichte und luftdichte Fugenabdichtung (z.B. Folienband) zwischen Fester und Fensterrahmen  |

4	Ausgleichsschicht (evtl.Dampfsperre)	duktiler Dämmung zum Ausgleich von Toleranzen zwischen Fassadenmodul und alter Wand (mind. 30 mm)
5	Fermacellplatte + Kanthölzer vertikal	Platten 15mm; Kanthölzer: Höhe = Geschosshöhe (minus 2 cm Toleranz) Tiefe = Tiefe der Flumroc- Halbschalen und Lüftungsleitungen
6	Metallteile	Flachmetallschienen zur Aufhängung, rund 10mm dick und 60 mm breit, die Länge ist je nach Festigkeit des bestehenden Mauerwerks, auf statische Anforderungen dimensionierbar. Die Flachmetallschienen werden auf der Hinterseite der Fermacellplatte mit durchgehenden Schrauben mit dem Kantholz verschraubt. Die Mutter/oder Kopf ist im Kantholz versenkt, da später darauf die zweite, vordere Fermacellplatte aufgebracht wird. Resträume im Holz sind mit Dämmmaterial auszufüllen, so dass keine Lufthohlräume entstehen.
7	Toleranzbereich	duktiler Wärmedämmung zum Toleranzausgleich
8	Montagebalken (optional)	Die Module könnten am Kran hängend direkt an der bestehenden Wand verschraubt werden.
9	Flumroc-Halbschalen	Die Halbschalen ummanteln alle Lüftungsleitungen
10	Lüftungsrohre	Die Ausrichtung der Lüftungsleitungen in der Fassade ist grundsätzlich vertikal. Die Lüftungsleitungen sollen am Bau einfach verbindbar sein.
11	Wärmedämmung Sturz/Brüstung	diffusionsoffene Wärmedämmprodukte
12	Neuer Laibungsrahmen mit Wärmedämmung	
13	vordere Fermacellplatten	15mm Fermacellplatten als Abschluss der Schicht 1
<b>Schicht 2</b>		
14	Fensterbank	
15	Kanthölzer quer	z.B. 60 mm hoch. Tiefe = Dämmdicke von VIP Bauteil Nr. 16 + Dämmdicke von Bauteil Nr. 17. Zwischen den Hölzern kommen die VIP-Platten zu liegen (Bauteil Nr. 16). Das lichte Mass zwischen den Kanthölzern quer sollte so sein, damit auch Normformate wie z.B. 50 cm X 60 cm direkt eingesetzt werden können. Die Breite der VIP Platten muss grösser als die Breite aller Halbschalen sein (bei vier Rohren z.B. grösser als 4x140mm). Eventuelle Resträume zu den Seitenbrettern sind mit anderem Wärmedämmmaterial aufzufüllen.
16	Überdämmung Lüftungsleitungen	Wärmedämmoptimierung mit VIP
17	Wärmedämmung	
18	Sonnenschutz	
19	Abschlussbrett (optional)	
20	Aussenhaut	mit gängigem Material diffusionsoffen ausgeführt

FOTOS





IEA Annex 50 Basis-Fassadenmodul Details: Explosionszeichnung Basismodul, Horizontalschnitt, Vertikalschnitt, Fassadenschnitt. Grafiken © FHNW, René L. Kobler

### Verbindung der integrierten Lüftungsrohre

Die Lüftungsleitungen sollen am Bau einfach verbindbar sein. Es müssen daher spezielle verwendet werden. In der Bauphase wird das obere Element auf das untere angesetzt und die Lüftungsleitungen werden zusammengesteckt. Als nächster Schritt wird zum Toleranzausgleich die Wärmedämmung angebracht und das Modul wird endgültig durch Herablassen am Kran des oberen F4.1 Moduls zusammengefügt.



**IEA Annex 50 Lüftungsrohre** - Zusammenstecken am Bau: Teleskop rausziehen – ausrichten – einstecken – und mit den anderen Rohren gleich verfahren. Fotos © FHNW, Inst. für Energie und Bau, René L. Kobler



**IEA Annex 50 Fassadenmodule:** 1:1 Fassadenmodul mit integrierten Fenstern und Gebäudetechnik. Das Modell demonstriert, wie die integrierten Lüftungsrohre bei der Montage luftdicht verbunden werden können, Prototyp eines Fassadenmoduls.

Grafik / Fotos © FHNW, Inst. für Energie und Bau; Bächli Holzbau; Flumroc

### Montage

Für die Montage ist eine Gerüstung vorgesehen. Eine Montage mit Autokran ist möglich, aber eher nur für Spezialfälle gedacht. Die Gerüstung ermöglicht das Entfernen von Auskragungen bis zu 1 m während der Montage.

#### Montageablauf:

- 1.) „Das erste F4.1 Modul wird gesetzt. (ev. mit vorgängig angebrachtem Montagebalken bei allen aufeinander zu liegen kommenden F4.1 Modulen, Bauteil Nr. 8)  
Die horizontalen Fixierungen erfolgen mit den Metallwinkeln (Bauteil Nr. 6).
- 2.) Vor dem definitiven Ansetzen des oberen F4.1 Moduls sind die Lüftungsleitungen (und ev. andere Medien) miteinander zu verbinden.
- 3.) Nach Einbringen der duktilen Ausgleichsdämmung (Bauteil Nr. 7) wird das obere Modul definitiv montiert. Weitere Geschosse würden nach dem gleichen Ablauf ausgeführt.
- 4.) Die verbleibenden opaken Bereiche werden mit etablierten Fassadensystemen wie herkömmlich vervollständigt. Denkbar sind auch vorgefertigte Elemente in diesen Bereichen, als auch Total-Vorfabrikation. Vom System her ist dies optional, und lässt die Möglichkeit offen, objektspezifisch zu reagieren.

Die opaken Teile sind die Module:

F1: verputzte Fassaden

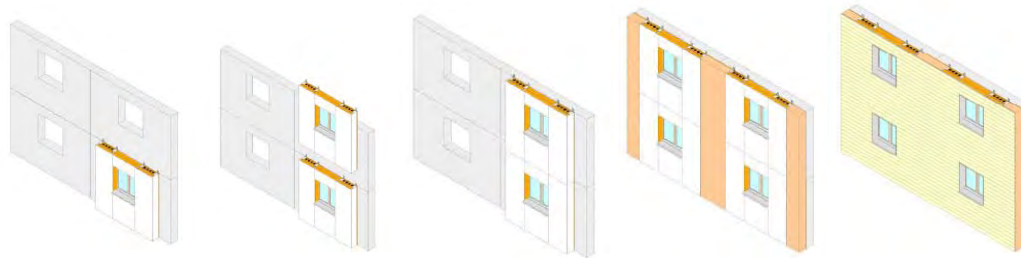
F2: Hinterlüftete Fassaden

F3: Fassaden mit hinterliegender Schüttdämmung



5.) Schlussarbeiten der äussersten Fassadeinschicht und innere Abschlussarbeiten. Diese bestehen aus:

- Entfernung des alten Fensters
- Verklebung der Folie, die die Luftdichtigkeit/Dampfsperre zwischen F4.1 Modul und Gebäude bewirkt
- Erstellen (bohren/spitzen) der Mauerdurchdringungen für Einführung der Lüftungsleitungen vom Modul ins Rauminnere, Montage Lüftungsrohr. Die Mauerdurchdringung kann auch vor dem Setzen des F4.1 Moduls stattfinden.
- Lüftungsanschlüsse von innen her und Hohlräume ausstopfen, Drucktests, Fensterbrett, Fenstersims, optische, innere Abschlussarbeiten, Verputz, Malerarbeiten usw.“ (Kobler 2010, 54f)



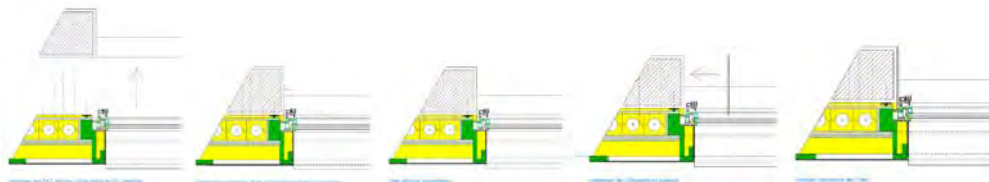
**IEA Anex 50 Basismodul, Montage:** Montageschritte 1-5: vofabrizierte Module – vervollständige Fassadendämmung – fertig bekleidete Fassade. Grafik © FHNW, René L. Kobler

### Luftdichtigkeit Gebäudehülle

„Das F4.1 Basismodul wird mit der luftdichtenden Folie an den Bau geliefert Die Einbettung zwischen bestehender Leibung und neuer 10 mm Platte ist eine Schnittstelle, die entweder ganz vom ausführenden Unternehmen der Fassaden- und Dachmodule geleistet wird oder zwischen diesem und dem Gipser geklärt werden muss. Ähnliches gilt für das Ausstopfen des Hohlraums zwischen Lüftungsleitung und Bohrung in bestehender Wand, auch aus Sicht des Brandschutzes, bei den Ein- resp. Auslässen (Abzweigung vom F4.1 ins Rauminnere). Die Aufzählung der möglichen Schnittstellen ist hier nicht abschliessend und müssen mit dem Unternehmer nach der konkreten Modulplanung geklärt werden.“ (Kobler 2010, 47)

Ablauf zur Erstellung der Luftdichtigkeit

- 1.) Nachdem das F4.1 Basismodul angebracht ist, muss die Luftdichtigkeit zwischen Wand und Fenster erstellt werden.
- 2.) Die luftdichtende Folie (oder Dampfsperre) ragt noch lose aus dem F4.1 Basismodul heraus (Bauteil Nr. 1). Ev. Müssen verbleibende Kleindräume mit Dämmmaterial (Brandschutz) ausgestopft werden.
- 3.) Die Folie wird an der bestehenden Wand verklebt.
- 4.) Über die Verklebte Folie wird eine Abschlussplatte (z.B. für später zu verputzende Innenleibungen eine Gipsplatte mit 10 mm Dicke) angebracht.
- 5.) Lüftungsanschlüsse von innen her und Hohlräume ausstopfen, Drucktests. Einbringen von Fensterbrettern und Fenstersimsen. Der fertige Abschluss kann nun verputzt, Kanten und ev. IK Raumwand kosmetisch ergänzt werden.“ (Kobler 2010, 56f)



**IEA Anex 50 Basismodul:** Ablauf zur Erstellung der Luftdichtigkeit, Schritte 1-5. Grafik © FHNW, René L. Kobler

**Module F1, F2, F3**

Bestehende Fassaden- und Wärmedämmsysteme können als Füllelemente zwischen den Basismodulen angewendet werden. Die Gestaltung der Aussenhaut ist frei wählbar. Die opaken Bereiche können auch zur Integration von PV- oder Solarelementen verwendet werden. Bei einer Total-Vorfabrikation ist eine Kombination mit den Modulen F1, F2 und F3 möglich.

**F1 Verputzte Fassade**

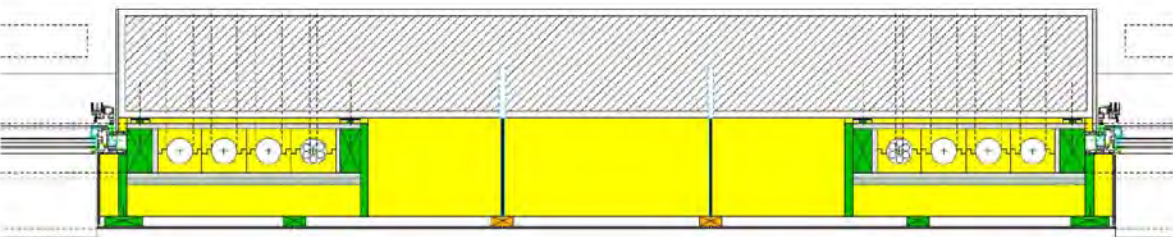
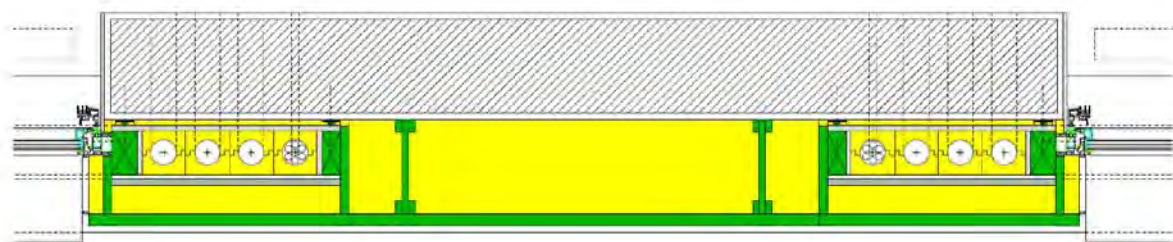
Z.B. konventionelle Kompakt-Aussendämmung für verputzte Fassaden

**F2 Hinterlüftete Fassaden**

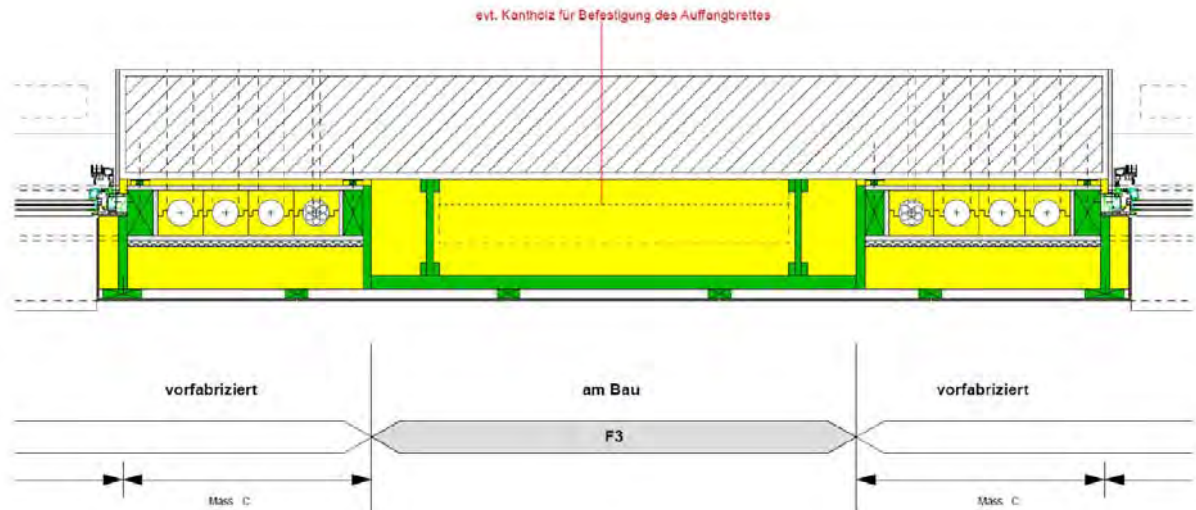
Konventionell hinterlüftete Aussendämmung, mit Fassadenhaut aller Art wie Faserzementplatten, Holzschalung, Metall, auch Integration Solarenergieutzung usw.

**F3 Fassaden mit hintenliegender Schüttdämmung**

Vor Ort erstellte oder vorgefertigte Fassadenschalung mit eingeblassener Schüttdämmung (vor Ort oder im Werk)



IEA Anex 50, Module F1, F2. Grafik © FHNW, René L. Kobler



IEA Anex 50, Module F3. Grafik © FHNW, René L. Kobler

### U-Werte

„Bestehende Gebäude im letzten Jahrhundert bis 1975 in der Schweiz haben U-Werte (sehr grobe und allgemeine Angaben) für Fassaden und Dächer von rund 2.6 W/(m<sup>2</sup>·K) bis 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K). Ab 1976 bis heute liegen diese bei 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K) bis mittlerweile unter 0.1 W/(m<sup>2</sup>·K). Die Streuung ist also sehr gross. Der neue Gesamt U-Wert hängt nun zwar auch vom bestehenden Mauerwerk ab, er wird aber vorwiegend vom neuen Modul bestimmt werden, wenn dieser neu bei rund 0.10 - 0.15 W/(m<sup>2</sup>·K) zu liegen kommen soll. Um die wichtigsten Orte bezüglich U-Werte aufzuzeigen, müssen Annahmen getroffen werden, die natürlich je nach Situation unterschiedlich sein werden. Für die Berechnungen unten wurden folgenden Annahmen getroffen:

*Annahmen der Materialien:*

	$\lambda$ (W/mk)
	<b>0,014</b>
Flumroc Dämmplatte	0,036
Gipskartonplatte	0,250
Gipsputz ohne Zuschlag	0,350
Glas U=00,8	0,030
ISOVER CLADISOL	0,034
Kalkmörtel	0,870
Leichtlochziegel Lochung A, B 1000	0,450
Nutzholz 500	0,130
Sperrholz 700	0,170
Stahl	50.000
Stahl (1)^	60.000
VIP	0,006

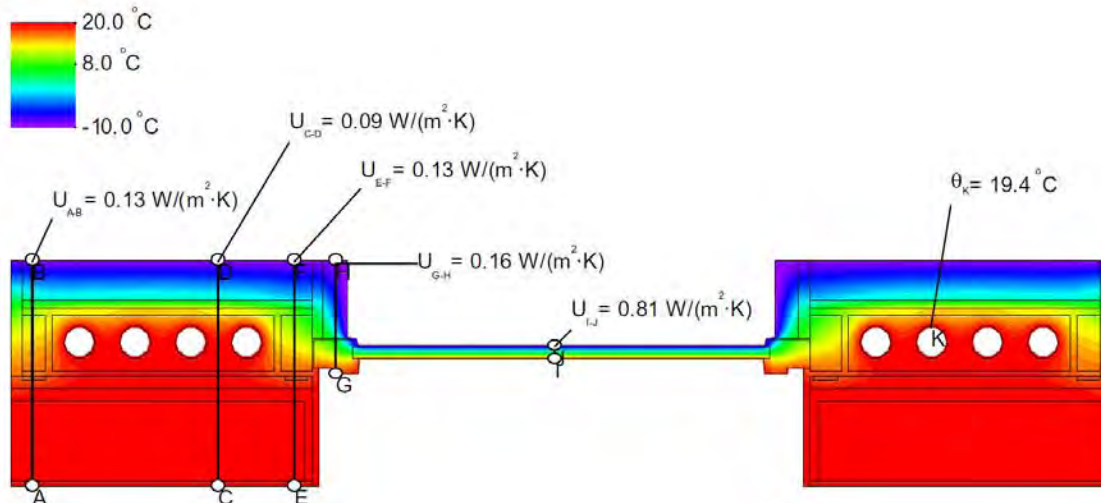
<i>Annahmen der Randbedingungen</i>	$q$ (W/m <sup>2</sup> )	$\theta$ (°C)	$h$ (W/m <sup>2</sup> K)
Aussen Standard		-10,000	25,000
Innen Standard		20,000	7,69231
RB Lüftungsrohr		20,000	17,850
Symmetrie/Bauteilschnitt	0,000		

Die kleinsten U-Werte liegen bei C-D mit 0.09 W/(m<sup>2</sup>·K), inkl. der angenommenen bestehenden Wand (Backstein). Bei E-F, wo die Kanthölzer vertikal Schicht 1 liegen (Bauteil Nr. 5, siehe Abbildung 9) beträgt der Wert 0.13 W/(m<sup>2</sup>·K). Der U-Wert vom Punkt K bis zur Außenluft (Überdämmung Lüftungsleitung) ist 0.16 W/(m<sup>2</sup>·K).

Mit der Schicht 2 sind die U-Werte steuerbar. Eine Verbesserung kann mit dickeren VIP (Gesamtdicke Schicht 2 bleibt konstant) oder mit dickeren Dämmplatten (Gesamtkonstruktion wird grösser) bewerkstelligt werden. Bei der Verwendung von dickeren Dämmplatten müssen unter anderem auch die *Kanthölzer quer Schicht 2* angepasst werden.

Eine Veränderung in Richtung weniger guten Gesamten U-Werten ist natürlich auch möglich.

Interessanter ist aber die Verringerung der Dicke der Schicht 2 durch dickere VIP Platten (z.B. 40 mm oder mehr) und der Beibehaltung guter U-Werte. Dieser gewonnene Raum kann als Platzhalter für Elemente zur Nutzung von Solarenergie dienen. Bei Unterschreitung des Masse von 13 cm der Schicht 2 sind den notwendigen Massen zur Einbringung von Normstoren Beachtung zu schenken.“ (Kobler 2010, 49f)



**IEA Annex 50:** Temperaturverteilung im Basismodul F4.1  
Grafik © FHNW, René L. Kobler

### Optionale Ausführungen zum F4.1 Basismodule

#### *Option französische Balkone*

Das F4.1 Basismodul kann auch als fertig vorfabriziertes Element mit französischem Balkon erzeugt werden.

#### *Türöffnungen*

Bestehende Fenster, die zu Türöffnungen für neue Balkone umfunktioniert werden, sind im F4.1 Modul mit entsprechenden Türen realisierbar. Die Balkone sind in diesem Fall vorgestellt. Gleiches gilt für Ausgangstüren zu Terrassen einer Attikawohnung.

#### *Hochgestellte gestapelte Module*

Theoretisch ist auch eine hochgestellte Variante mit mehreren aufeinander gestellten Basismodulen denkbar. Zu beachten und anzupassen sind jedoch z.B. Körperschallübertragung von Kantholz vertikal Schicht 1 (bei Bauteil Nr. 5) auf das nächste Geschoss, die Befestigung an der Wand und Dimensionierung, Anpassung an bestehende, evtl. schiefe Wand usw.

#### *Grossmodul / total vorfabrizierte Fassade*

Das F4.1 Basismodul schliesst die Total-Vorfabrikation in der Fassade keineswegs aus. Die opaken Teile lassen sich ohne weiteres mit kleinen Anpassungen angliedern. Somit kann aus dem Basismodul wieder ein Grosselement werden, das mit dem Modulnamen F4.2 versehen ist. Die Grösse richtet sich nach der Transportierbarkeit.

#### *Anpassung zu einem tragenden System*

Das F4.1 Basismodul kann auch als tragendes System ausgebildet und so für Aufstockungen (ev. Auch Anbauten) benutzt werden (z.B. mit Anpassung der Kanthölzer vertikal Schicht 1, siehe Abbildung). Dieses wird als R8 Modul bezeichnet.

#### *„Schlankes“ F4.1 Basismodul*

Eine weitere mögliche Anpassung wäre die "schlankste mögliche Variante" des F4.1 Basismoduls, indem die Schicht 2 nur mit VIP gedämmt würde und so die Gesamtdicke minimiert würde (z.B. Situation Erdgeschoss und Abstände Trottoir).

#### *Weitere Optionen*

- Anpassung der U-Werte
- Anpassung der Wärmetransmission zwischen Lüftungsleitung und Klima-Aussenbereich
- Anpassung statische Anforderungen
- Massanpassungen, z.B. an verschiedene Fenstergrössen
- Anzahl zu führender Lüftungsleitungen

- umfunktionieren der Luftleitungsführung zur Aufnahme anderer Medien
- Anpassung an Nutzung
- gestalterische Anpassung Aussenhaut
- Integration Solarenergienutzung (Quelle: Kobler 2010, 51f)

### **Weitere Details, Brandschutz, Schallschutz**

Weitere Details sowie die Handhabung des Brandschutzes und Schallschutzes sind im umfangreichen Schlussbericht der FHNW, Inst. für Energie und Bau, zu finden. (Kobler u. a. 2010; Download unter: <http://www.fhnw.ch/habg/iebau/afue/gruppe-bau/advanced-retrofit-nachhaltige-wohnbauerneuerungen>)

Dokumentationsarbeiten für Planer und Fassadenbauer sind noch im Gange.

### **Retrofit Advisor**

Die Ergebnisse fließen ein in einen elektronischen Sanierungsratgeber, den „Retrofit Advisor“. Eine Testversion dazu wurde in einem anderen Forschungsprogramm bereits fertig gestellt.

### **Demonstrations-/Pilotprojekte**

In jedem der beteiligten Länder war ursprünglich die Realisierung und Auswertung zumindest eines Demonstrationsvorhabens vorgesehen. In Österreich wurden einige Projekte durch die AEE Intec umgesetzt, darunter die Sanierung einer mehrgeschoßigen Wohnhausanlage in Graz, Dieselweg, mittels vorfabrizierter gap-Solarfassade. In den anderen Ländern wird vermutlich nur in Schweden ein größeres Demonstrationsvorhaben realisiert, allerdings erst nach Projektende fertiggestellt.

In der Schweiz ist ein weiteres Demonstrationsvorhaben – die Sanierung einer Siedlung mit fünf Gebäuden in Zürich Glatt – vorgesehen. Die Planung ist bereits abgeschlossen. Mit den Umbaumaßnahmen wird vermutlich 2011 begonnen werden.

Projektlaufzeit: 2006 – 2010

### Informationen / Literatur

Gottwald, R. / Knabl, T. (2007): 3D-Messtechnik bei der energieeffizienten Sanierung von Altbauten unter besonderer Berücksichtigung des Laserscannings. In: Schriftenreihe des DVW (Hrsg.), Terrestrisches Laserscanning (TLS 2007). Augsburg ([http://www.fhnw.ch/habg/ivgi/forschung/files-ccem/laserscanning\\_dw-seminar07.pdf](http://www.fhnw.ch/habg/ivgi/forschung/files-ccem/laserscanning_dw-seminar07.pdf))

Gottwald, Reinhard, et al. (2010): CCEM-Retrofit: Teilprojekt A1 '3D-Messtechnik', Technischer Schlussbericht, Fachhochschule Nordwestschweiz, 2010

Kobler, L. René / Binz, Armin / Steinke, Gregor (2010): Nachhaltige Wohnbaurerneuerung. Schlussbericht der Module A3, A4 im CCEM Forschungsprojekt „Vorfabrizierte Fassaden- und Dachmodule“. (<http://www.fhnw.ch/habg/iebau/afue/gruppe-bau/advanced-retrofit-nachhaltige-wohnbauerneuerungen>)

Schwehr, Peter (2002): Ein entwurfsbezogenes Orientierungssystem. Dissertation, Universität Stuttgart, Fakultät für Architektur und Stadtplanung

Schwehr, Peter / Fischer, Robert (2007): Nachhaltige Wohnbaurerneuerung Sanierungsstrategie Siedlung Elfenau. Typologische Analyse - Zwischenbericht 1. HTA Luzern, CCTP

Schwehr, Peter / Fischer, Robert (2010): Building Typology and Morphology of Swiss Multi-Family Homes 1919 – 1990. IEA ECBCS Annex 50 Projektbericht.

Zimmermann, Mark / Schwehr, Peter / Fischer, Robert (2007): Lösungsansätze für die bewohnte Baustelle – IEA ANNEX 50. In: Erneuerbare Energie. Zeitschrift für eine nachhaltige Energiezukunft, Nr. 4-2007, 20 - 23

Zimmermann, Mark (2007): Prefabricated systems for low energy renovation of residential buildings, IEA ECBCS Annex 50, EMPA (<http://www.empa-ren.ch/A50.htm>)

Zimmermann, Mark; et al. (2010): Retrofit Advisor: Ratgeber für Renovation und Ersatzbau von

Mehrfamilienhäusern, EMPA (Testversion: [www.empa-ren.ch/ccem-retrofit.htm](http://www.empa-ren.ch/ccem-retrofit.htm) )

IEA Annex 50  
[www.empa-ren.ch/A50.htm](http://www.empa-ren.ch/A50.htm)  
[www.fhnw.ch/iebau](http://www.fhnw.ch/iebau)  
[www.hslu.ch/cctp](http://www.hslu.ch/cctp)

#### Kontakt / Projektleitung

Empa – Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt  
Departement Sustainable Buildings  
Mark Zimmermann  
CH-8600 Dübendorf, Ueberlandstrasse 129  
0041 44 823 41 78  
[mark.zimmermann@empa.ch](mailto:mark.zimmermann@empa.ch)  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

#### Nationale Forschungspartner

##### *Gebäudetypologie*

Hochschule Luzern – Technik & Architektur (HSLU),  
Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP)  
Peter Schwehr, Robert Fischer  
[peter.schwehr@hslu.ch](mailto:peter.schwehr@hslu.ch); [robert.fischer@hslu.ch](mailto:robert.fischer@hslu.ch)  
[www.hslu.ch/cctp](http://www.hslu.ch/cctp)

##### *Vorfabrizierte Fassaden- und Dachmodule*

FH Nordwestschweiz (FHNW), Institut Energie am Bau (IEBau)  
René L. Kobler  
[iebau.habg@fhnw.ch](mailto:iebau.habg@fhnw.ch); [rene.kobler@fhnw.ch](mailto:rene.kobler@fhnw.ch)  
[www.fhnw.ch/habg/iebau](http://www.fhnw.ch/habg/iebau)

##### *3-D Vermessung*

FH Nordwestschweiz (FHNW), Institut Vermessung und Geoinformation  
Reinhard Gottwald  
[reinhard.gottwald@fhnw.ch](mailto:reinhard.gottwald@fhnw.ch)  
[www.fhnw.ch/habg/ivgi](http://www.fhnw.ch/habg/ivgi)

#### Weitere nationale Forschungspartner

- ETH Lausanne, Laboratoire d'Energie Solaire et de Physique du Bâtiment (LESO-PB)
- ETH Zürich, Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)
- Paul Scherrer Institut (PSI)
- Universität Bern, Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ)

#### Internationale Projektpartner

##### *Austria*

AEE - Institute for Sustainable Technologies (AEE-Intec)

##### *Czech Republic*

ENVIROS / Brno University of Technology

##### *France*

Saint-Gobain Insulation, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment CSTB,  
Arcelor Research Centre Liege/University of Liège (Belgium)

##### *Portugal*

University of Minho / Porto University

##### *Sweden*

Lunds tekniska högskola / Christer Nordström Architects

##### *The Netherlands*

Energy Research Centre of the Netherlands

##### *Switzerland*

Empa / HSLU / FHNW

# Pilotprojekt Mehrfamilienhaus-Erneuerung Zürich-Höngg

## Projektbeschreibung Überblick

Gebäudetyp: Mehrfamilienwohnhaus

Adresse / Standort: CH-8049 Zürich Höngg, Segantinstrasse 200

Baujahr / Errichtung: 1954

Baukonstruktion Bestand: Mauerwerksbau

Modernisierung / Sanierung: 2009, Holz-Fertig-Elementbauweise

Das Gebäude wurde mit vorgefertigten Elementen gedämmt sowie energetisch- und haustechnisch erneuert. Gleichzeitig wurden die Wohnräume vergrössert, grosszügige Balkone vorgesetzt und durch Aufstockung eine neue Attikawohnung mit großer Terrasse in Holz-Fertig-Elementbauweise realisiert. Baumaßnahmen:

- Auf der Südseite wurden die Fenster vergrößert indem die Sandsteineinfassung entfernt wurde.
- Der bestehenden Mauerwerksfassade wurde eine vorgefertigte 25 cm starke Holzkonstruktion mit Aussenputz vorgesetzt. In die geschosshohen Elemente sind Zuluftkanäle der kontrollierten Lüftung sowie 3-fach verglaste Fenster mit Flügeln und Sonnenschutz bereits integriert.
- 12,5 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektoranlage, Wärmepumpe mit Duplex Erdsonde für Heizung und Warmwasser (Lüftungskanäle der Komfortlüftung mit WRG in der Fassade integriert), 16,1 kWp Photovoltaikanlage

Zertifizierungen, Preise:

MINERGIE®-P-zertifiziert, Plus-Heizenergie-Haus, Schweizer Solarpreis 2010

Pilotprojekt der IEA-International Energy Agency, Task 37 - Advanced Housing Renovation with Solar & Conservation; Pilotprojekt Bundesamt für Energie, Annex 50: Vorfabrikation und Standardisierung in der Renovation“

### Produkt

Holz-Fertig-Elementbauweise

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Peter Rieben, Sara & Markus Rieben

ArchitektInnen / Projektleiter:

*Architektur:* Kämpfen für Architektur, Beat Kämpfen

*Energiekonzept / Haustechnik:* Naef Energietechnik, René Naef

*Fassaden- und Dachmodule:* René Kobler, FHNW (Systemgedanke)

Weiterentwicklung des Systemgedankens durch Architekturbüro Kämpfen für Architektur

*Holzbauingenieur:* timbatec GmbH, Andreas Burgherr

*3-D Vermessung:* Reinhard Gottwald, FHNW

*Gebäudetypologie und Renovationskonzept:* Peter Schwehr, Robert Fischer, HSLU

*Retrofit Advisor:* Mark Zimmermann, Empa

### Infos / Literatur

Architektur Beat Kämpfen

www.kaempfen.com

### Kontakt

Kämpfen für Architektur, Beat Kämpfen

CH-8048 Zürich, Badenerstrasse 571

0041 (0) 44 344 46 20

info@kaempfen.com

www.kaempfen.com

Naef Energietechnik, René Naef

CH-8032 Zürich, Jupiterstrasse 26

0041 (0) 44 380 36 88

naef@naef-energie.ch

www.naef-energie.ch

Timbatec GmbH, Andreas Burgherr (Holzbauingenieur)  
 CH-8006 Zürich, Weinbergstrasse 41  
 0041(0)44 260 30 30  
 zuerich@timbatec.ch  
 www.timbatec.ch

Bächi Holzbau AG (Holzbau)  
 CH-8424 Embrach, Rietweg 7  
 0041 – (0) 44 270 80 80  
 info@baechi.ch  
 www.baechi.ch

## Projektbeschreibung Bestand

### Allgemeine Beschreibung

Das ursprüngliche Gebäude ist 1954 erbaut worden. In den darauffolgenden Jahren wurden nur geringfügige Sanierungen und Veränderungen am Haus vorgenommen. Die Rohbaukonstruktion war in einem guten Zustand. Allerdings entsprechen Installationen, Heizung, Fenster und Verglasungen nicht mehr einem heutigen Standard.

### Baukonstruktion Bestand

Mauerwerksbau

### Haustechnik Bestand

Ölheizung

### FOTOS



**Mehrfamilienhaus Zürich Höngg:** Bestandsgebäude und nach der Sanierung.  
 Fotos © Kämpfen für Architektur, Beat Kämpfen

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Kosten / m<sup>2</sup>

Baukosten	1.960.000,- CHF / 1.488.230,83 Euro
Bauwerkskosten	1.910.000,- CHF / 1.450.265,76 Euro
Fördergelder	133.000,- CHF / 100.987,09 Euro

Materialkosten Fassadenpaneel	410.000,- CHF / 311.313,59 Euro <sup>*</sup>
-------------------------------	--

<sup>\*</sup>) mit Montage in Holz, inkl. Balkone

### Gestalterische Möglichkeiten

Fassadenpaneele können farblich gestaltet oder mit verschiedenen Oberflächen ausgeführt werden



## Konstruktion

### Elementgrößen

Fassadenelemente	12 x 2,70 m
Elementdicke	25 cm
Panneelhöhe maximal	2,70 m
Panneelbreite maximal	12 m
Panneelhöhe minimal	2,70 m
Fertigungstoleranz	2-3mm
Montagezeit (Firmen / Gewerke die liefern und montieren)	3 Wochen

### Vorfertigung

Elemente mit eingelegten Lüftungskanälen und teilweise mit Fenstern (Nicht überall Fenster zwecks Gefahr von Beschädigung des Glases bei Transport und Einbau)

Flächen [m <sup>2</sup> ]	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Energiebezugsfläche (EBF)	523	657
Geschossfläche (GF)		786

Energiebedarf / CO <sub>2</sub> Bilanz	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Jährlicher Energiebedarf [kWh/a]	68.984	47.370
CO <sub>2</sub> Bilanz [kg/CO <sub>2</sub> a]	36.900	16.000

Energetische Kenndaten	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Energiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	80,0	16,4
Energiebedarf El. WP & Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	3,4	7,21
Energiebedarf Warmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	20,8	20,8
Energiebedarf Elektrizität Haushalt [kWh/m <sup>2</sup> a]	27,7	27,7
Energiebedarf Gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	131,9	72,1
Energiekennzahl [kWh/m <sup>2</sup> a]		30
Kubatur nach SIA 416 [m <sup>3</sup> ]		2160

Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]		U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]
Baukonstruktion	Schichten / Dicke [cm]	

<b>Außenwand</b>	<b>24</b>	<b>0,18</b>
Innenputz	1	
Mauerwerk, Backstein	32	
Aussenputz	2	
Wärmedämmung, Zellulosefaser	2	
Wärmedämmung, Zellulosefaser /Holzständer	18	
Holzfaserplatte	4	
Aussenputz	1	
<b>Sonstige Bauteile</b>		
<b>Fenster</b>	<b>(3.fach verglast/0,6)</b>	<b>0,85</b>
<b>Dach / Estrich</b>	<b>40</b>	<b>0,11</b>
Dreischichtplatte	2,7	
Wärmedämmung/Holzrippen	36	
Dreischichtplatte	2,7	
Konterlattung (Hinterlüftung)	6	
Dreischichtplatte	2,7	
Bitumendachbahn	1	
Wurzelschicht	0,7	
Substrat Begrünung	6	
<b>Boden</b>	<b>15 / 22</b>	<b>0,18 / 0,22</b>

### Lüftung

Lüftungsanlage 1:

Komfortlüftungsanlage ZUL/ABL

Firma: Cesovent Minair 1200 HP

Luftmenge: 1200

Wärmerückgewinnung: Gegenstrom-Plattenwärmetauscher, vollautomatischem Bypass 100 % mit 2 integrierten Klappantrieben

Wirkungsgrad: 90%

Filterklasse: F7/F4 (Zuluft/Abluft)

Lüftungsanlage 2:

Komfort-Lüftungsgerät

Firma: Cesovent Renovent 300B

Luftmenge: 300

Wärmerückgewinnung: Gegenstromwärmetauscher mit Bypass für Sommermonate

Wirkungsgrad: 94%

Filterklasse: G3

Das gesamte Verteilsystem wird an der Fassade geführt (Lindab-Isol-Kanalsystem mit Teleskopverbindungen bei den Elementstößen und in die Fassade integriert).

### Heizung und Warmwasser

16,21 kWp große Photovoltaikanlage, vollflächig in das Flachdach des Attikageschoßes integriert  
12m<sup>2</sup> Röhrenkollektoren als heizungsunterstützende Solaranlage auf dem Dach

### Luftdichtheit

Blower-Door-Test erfolgt

n<sub>50,st</sub>: Grenzwert: ≤ 1.50 [h<sup>-1</sup>] Messwert: 0.50 [h<sup>-1</sup>]

### Energiegewinnung

Solarthermie	12,5 m <sup>2</sup>	6,7 kWh/m <sup>2</sup> a	4.204 kWh/a
PV-Solar	115,0 m <sup>2</sup>	21,3 kWh/m <sup>2</sup> a	13.265 kWh/a

### *Energieversorgung gesamt*

Gesamtenergiebedarf	100 %	47.370 kWh/a
davon Eigen-Energieversorgung	37,0 %	17.469 kWh/a
davon Fremdenergiezufuhr	63,0 %	29.901 kWh/a

### Schallschutz Rw [dB]

k. A.

### Brandschutz F (30, 90)

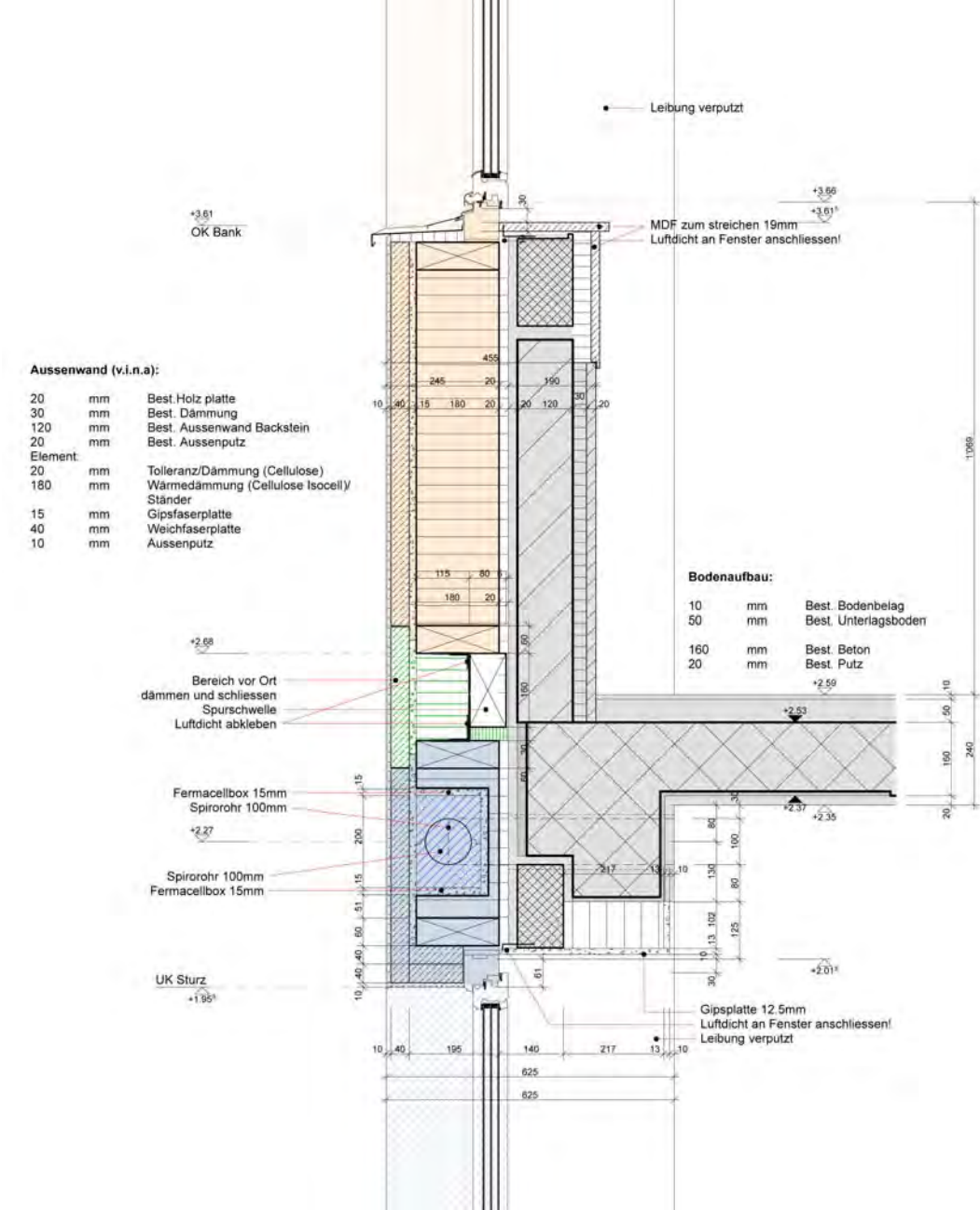
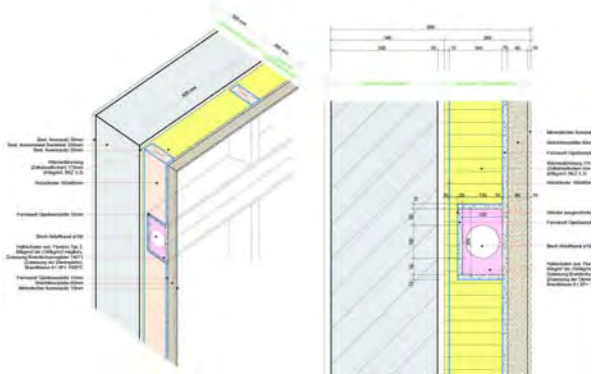
Keine Nachweise erforderlich da zweigeschossiger Bau, Lüftungskanäle sind in der Fassade brandsicher abgeschottet

FOTOS

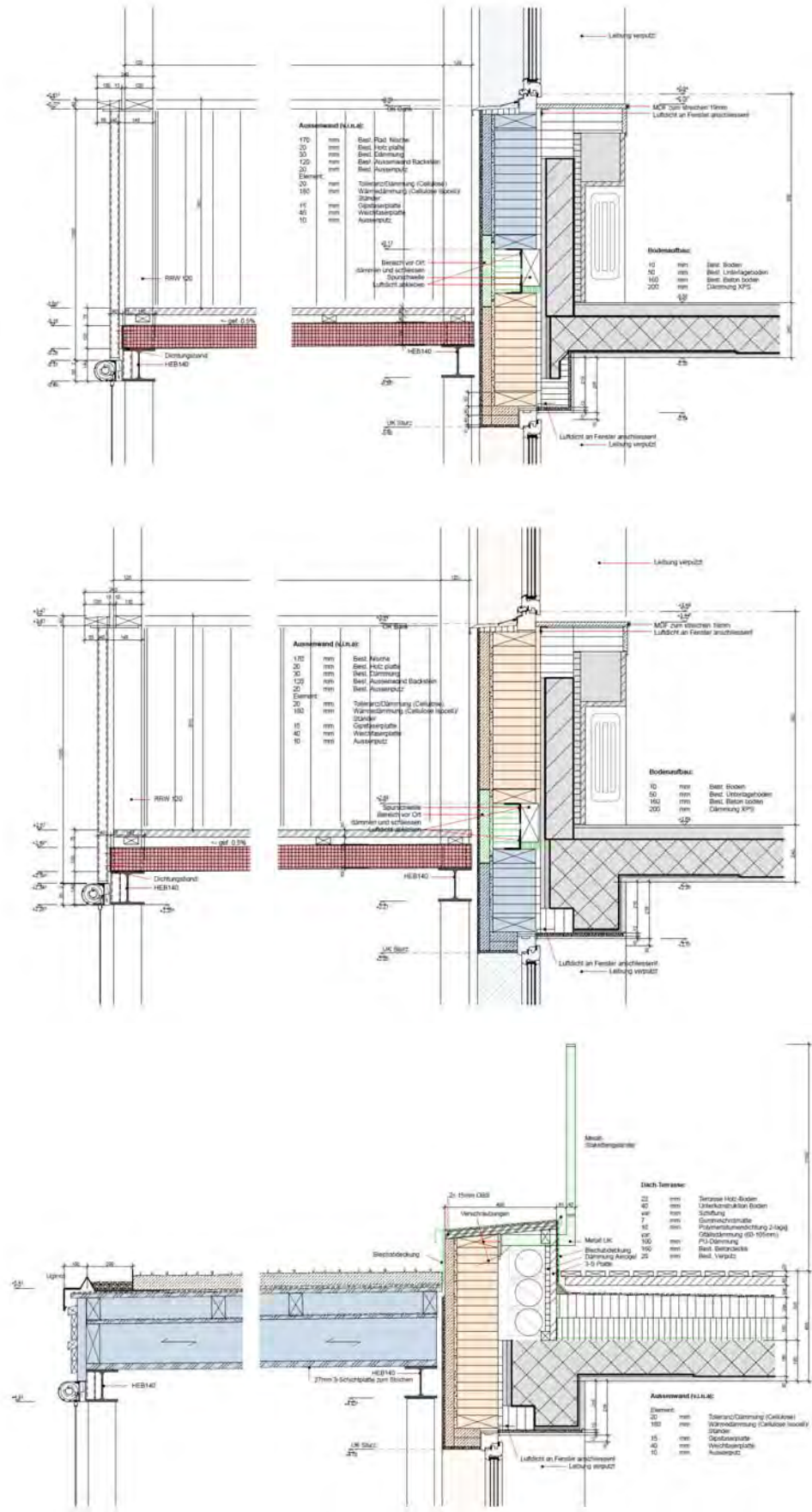


**Mehrfamilienhaus Zürich Höngg:** Fassadenpaneele mit Feuerschutz-Lüftungskanal, eingebaute Lüftungsrohre mit Dämmung, Montage, Verbindung der Teleskop-Lüftungsrohre, Lüftungskanäle Südostfassade, Lüftungskanäle Nordostfassade.  
Fotos, Grafiken © Kämpfen für Architektur, Beat Kämpfen

FOTOS



Mehrfamilienhaus Zürich Höngg, Details: Wandaufbau Systemschnitt, Fassadenschnitt OG. Grafik © Kämpfen für Architektur, Beat Kämpfen



Mehrfamilienhaus Zürich Höngg, Details: Fassadenschnitt Wand-Terrasse EG, OG, DG. Grafiken © Kämpfen für Architektur, Beat Kämpfen

## Weitere Pilotprojekte (Auswahl)

### **Pilotprojekt Magnusstrasse 23, Zürich**

Passivhausstandard im Umbau  
Umbau 2001

„Das im Jahr 1894 erbaute Mehrfamilienhaus war vor dem Umbau in einem schlechten Zustand und musste einer Gesamtsanierung unterzogen werden. Die Fassaden sind mit einer Aussenwärmehämmung energetisch verbessert worden. Der alte Dachstuhl wurde durch einen Holzelementbau ersetzt. Das Gebäude bietet heute Wohnkomfort auf fünf Etagen.

#### *Umbauziele:*

qualitativ hochwertigen Wohnraum schaffen  
erreichen des Passivhausstandards im Umbau  
Senken des Energieverbrauches um den Faktor 10  
Verwenden von ökologischen Materialien (z.B. Birnbaumparkett aus Lotharholz)

#### *Haustechnik:*

Gebäudehülle mit bis zu 40cm Wärmehämmung  
Solarkollektoren für das Warmwasser  
Luft-Wasser-Wärmepumpe  
Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung  
Das Pilot- und Demonstrationsprojekt wurde vom Bundesamt für Energie unterstützt und in einer Erfolgskontrolle ausgewertet.“ ([http://www.viriden-partner.ch/umbau\\_sanierung/mehrfamilienhaeuser.cgi?nr=91&page=1&p=3](http://www.viriden-partner.ch/umbau_sanierung/mehrfamilienhaeuser.cgi?nr=91&page=1&p=3))

#### Architektur:

Viridén + Partner AG  
CH-8004 Zürich Zweierstrasse 35  
0041 (0) 43 456 80 80  
mail@viriden-partner.ch  
www.viriden-partner.ch

### **Pilotprojekt Bohlstrasse 37, Zug**

Architekten Miloni & Partner  
Reto Miloni  
5212 Hausen  
www.miloni.ch/  
Holzbau Renggli, Luzern  
<http://www.renggli-haus.ch/news.html/2008-09-08/396>

### **Pilotprojekt Graz Dieselweg**

(siehe Detaildokumentation VIII gap solution)

## Weitere Forschungsprojekte (Auswahl)

### **CCEM Retrofit - Advanced Low Energy Renovation of Buildings**

Forschungsthema / Produkt: Nachhaltige Wohnbauerneuerung von Mehrfamilienhäusern und Wohnsiedlungen mit weitgehend vorgefertigten, hochisolierenden Wand- und Dachmodulen.

Infos

<http://www.empa-ren.ch/ccem-retrofit.htm>

Kontakt / Projektleitung

Empa – Materials Science & Technology

Mark Zimmermann

CH-8600 Dübendorf, Ueberlandstrasse 129

0041 44 823 41 78

[mark.zimmermann@empa.ch](mailto:mark.zimmermann@empa.ch)

[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

### **Passivhaussanierung im sozialen Wohnbau – Entwicklung eines Planungstools (E-Retrofit kit)**

Forschungsthema / Produkt: Entwicklung eines internetbasierten Planungstools für Passivhaussanierungen – Zielgruppe Wohnungsbaugesellschaften – Überarbeitung des tools nach Test und Evaluierung in Fallstudien. Österreich weitere Wissensverbreitung durch Fallstudien und Informationsveranstaltungen.

Infos

[www.energieinstitut.at/retrofit/](http://www.energieinstitut.at/retrofit/)

Kontakt / Projektleitung

Energieinstitut Vorarlberg

A-6850 Dornbirn Stadtstrasse 33

Martin Ploß

0043 (0) 5572 31 202 - 0

[martin.ploss@energieinstitut.at](mailto:martin.ploss@energieinstitut.at)

[www.energieinstitut.at](http://www.energieinstitut.at)

### **ROSH - Retrofitting of Social Housing**

Forschungsthema / Produkt: ROSH – ist ein europäisches Kooperationsprojekt. Schwerpunkt ist die Entwicklung und Förderung integrierter Konzepte für energieeffiziente und nachhaltige Modernisierung im sozialen Wohnungsbau in den Partnerregionen. Im Rahmen des Projekts ROSH werden Modernisierungslösungen und Hilfsmittel für Mehrfamilienhäuser oder Appartementgebäude für Personen mit niedrigem Einkommen entwickelt; wobei eine einheitliche europäische Definition des Begriffs sozialer Wohnungsbau (social housing) nicht existiert.

Infos

[www.rosh-project.eu](http://www.rosh-project.eu)

Kontakt / Projektleitung:

AEE - Institute for Sustainable Technologies (AEE INTEC)

A -8200 Gleisdorf, Feldgasse 19

Sonja Geier

0043 (0) 3112 5886

[s.geier@aee.at](mailto:s.geier@aee.at)

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at)

## VII „Aktive Gebäudehülle“ – Porenlüftungsfassade kombiniert mit Solarkollektorfassade

### B&O Parkgelände Bad Aibling – Umbau der ehemaligen Mangfallkaserne

#### Projektbeschreibung Überblick

Gebäudetyp: Studentenwohnheim; ehemaliges Kasernengebäude 354 A – B  
Im Rahmen des BMWi-Förderkonzepts Eneff:Stadt gefördertes Modellvorhaben.

Adresse / Standort: D-83043 Bad Aibling, B&O Parkgelände, Deutschland  
Siedlungsgebiet eines ehemaligen Militärstützpunkts als künftiges Quartier mit Mischnutzung Wohnen, Gewerbe und Dienstleistungen, Fremdenverkehr.

Baujahr / Errichtung: 1930er Jahre

Siedlung und Planungsgebiet:

„Für die energieeffiziente Konversion eines aufgelassenen ehemaligen amerikanischen Militärstützpunkts im Bad Aiblinger Stadtteil Mietraching mit einer Gesamtfläche von 70 Hektar und rund 70.000 m<sup>2</sup> Wohn- und Nutzfläche wurde ein Energiekonzept entwickelt. Die meisten Wohngebäude stammen aus den 1930er Jahren, da der Stützpunkt 1936 ursprünglich als deutscher Fliegerhorst errichtet worden war. Für den nördlichen Teilbereich des Geländes mit 15 größeren Wohn- und Nichtwohngebäuden soll eine Netto-Nullenergiebilanz erreicht werden – den Bilanzrahmen der EnEV vorausgesetzt. Das Konzept sieht vor, auf der Bedarfsseite unterschiedliche Sanierungsstandards umzusetzen, vom EnEV-Neubaustandard bis annähernd zum Passivhausstandard.“ (<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt>, 09.09.2010)

Baukonstruktion Bestand: Mauerwerk (Hochlochziegel beidseitig verputzt)

Modernisierung / Sanierung: 2007

„Bei dem Umbau der ehemaligen Mangfallkaserne in Bad Aibling wurde zum ersten Mal ein Fassadensystem angewendet, das eine Porenlüftungsfassade mit einer Solarkollektorfassade kombiniert. Erster Einsatzort ist für das neue Fassadensystem das ehemalige Kasernengelände in Bad Aibling, auf dem das frühere Mannschaftsgebäude zu einem Studentenwohnheim umgebaut wird. Bei der Sanierung werden vorgefertigte Elemente aus Glas und Holz auf die Putzfassade des Gebäudes montiert. Kern der Fassadenelemente ist ein poröses Dämmmaterial aus Hobelspänen zwischen zwei gelochten Hartfaserplatten. Dieses Dämmmaterial ermöglicht im Zusammenhang mit Kernbohrungen durch die massive Außenwand und einem Lüftungsgerät mit Wärmetauscher eine so genannte Porenlüftung, die das Gebäudeinnere gleichmäßig mit frischer Luft versorgt. Mit dem zweiteiligen Fassadensystem, an dem auch die Hochschule Biberach sowie das Zentrum für angewandte Energieforschung in Garching mitgearbeitet haben, kann der Primärenergiebedarf eines viergeschossigen Wohnhauses aus den 50er Jahren um rund 80 Prozent reduziert werden. Weiterer positiver Aspekt für die Öko-Bilanz ist, dass die Fassadenelemente einschließlich der Dämmung weitgehend aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz bestehen. Das System ist nicht nur für Sanierungen, sondern auch für Neubauten geeignet.“

([http://www.detail.de/artikel\\_mangfallkaserne-bad-aibling-arthur-schankula\\_24877\\_De.htm](http://www.detail.de/artikel_mangfallkaserne-bad-aibling-arthur-schankula_24877_De.htm), 18.05.2010)

#### Produkt

Die System-Elemente können in Hinsicht auf die gewünschte Funktion in drei Ausführungsstufen gefertigt werden:

##### 1. Dämmfassade (Passivfassade)

„Bei der Passivfassade handelt es sich um die Basisversion, auf der die Lüftungsfassade und die Kollektorfassade aufbauen. Die Dämmung der Außenwand, die Erneuerung von Fassadenbekleidung und Fenstern erfolgt in einem Arbeitsgang durch den Einbau von geschosshohen Elementen. Die Breite der Elemente entspricht der einzelnen, dahinter liegenden Nutzungseinheit und variiert



meistens im Bereich zwischen sieben und acht Metern bei einer maximalen Elementlänge von zwölf Metern. Aufgrund von Bauleranzen des Bestandsbaus können Hohlräume hinter der dem neuen Modul vorhanden sein, die mit weichen Dämmwollmatten auszufüllen sind. Zusätzlich ist aus thermischen Gründen an den Rändern und zwischen den einzelnen Elementen für einen luftdichten Anschluss zu sorgen. Anforderungen an Schall- und Brandschutz machen es notwendig, den Spalt um die Fenster mit geeigneten Materialien zu schließen.“ (Schankula 2010, 763)

Das Oberflächenmaterial ist frei wählbar: Holzschalungen, diverse Plattenmaterialien und auch Putz sind möglich. Durch die Vorfertigung der kompletten Elemente im Werk und die Montage ohne Gerüst wird ein schneller Bauablauf garantiert.

(siehe Detailprojekt I, Holzfertigelemente mit integrierter Flächenheizung)

#### Aufbau / Konzept Dämmfassade

Fassadenbekleidung beliebig

Deckplatte 3 mm

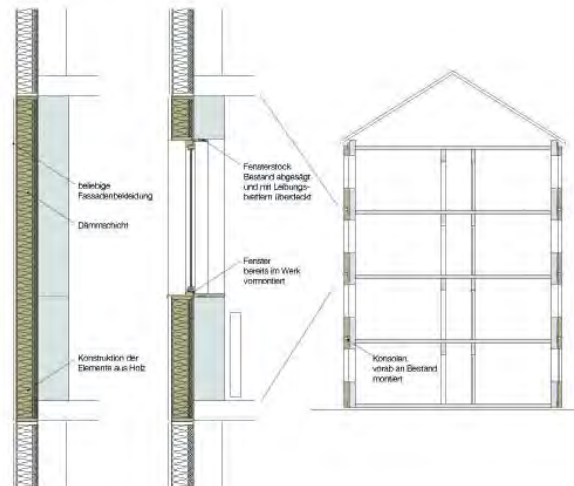
Holzständer 60/160 mm dazwischen Wärmedämmung Hobelspäne 160 mm

Deckplatte 3 mm

Montageabstand zum Bestand 40 mm gedämmt

#### Details Fassadenschnitt

- Fensterstock Bestand abgesägt und mit Laibungsbrettern bedeckt
- Fenster im Werk an Holzelemente vormontiert
- Konsolen an Bestand vormontiert



## 2. Lüftungsfassade:

„Die Lüftungsfassade baut auf der Passiv-Fassade auf, sie ist jedoch ergänzt um eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Pro Element ist ein Lüftungsgerät mit Wärmetauscher integriert, der bei einem möglichst in Raummittle liegenden Fenster positioniert ist. Das Gerät liegt seitlich des Fensters und kann daher einfach gewartet werden. In der Laibung wird die Frischluft angesaugt, im Wärmetauscher temperiert, in einen unten im Element liegenden Kanal verteilt und durch je eine Kernbohrung hinter dem Heizkörper als Zuluft in die Räume eingeblasen. Die Abluft wird über je eine Kernbohrung im Mauerwerk aus den Räumen abgesaugt und dem Lüftungsgerät zugeführt. Nach dem Entzug der Wärme im Wärmetauscher verlässt die Luft das Gerät über die Fensterlaibung. Im Sommer wird die Anlage abgeschaltet, soweit die Fensterlüftung unproblematisch ist. Bei Räumen, die von Allergikern genutzt werden, ist ein ganzjähriger Betrieb möglich.“ (Schankula 2010, 763)

„Als Heizfläche wird innen eine Heizleiste montiert, die mit niedrigen Vorlauftemperaturen auskommt und über die Erwärmung der Außenwand einen hohen Strahlungsanteil besitzt. Dies bietet einen guten Wohnkomfort und führt zu einer hohen Behaglichkeit. Zudem wird die Zuluft, die im Bereich der Heizleiste eingebracht wird, auf diese Weise auch im Winter auf angenehme Temperaturen erwärmt, bevor sie sich im Raum verteilt. Da alle Heizleitungen schon werkseitig in die Fassadenelemente integriert werden, ist auf der Baustelle nur noch der Anschluss der Heizflächen nötig.“

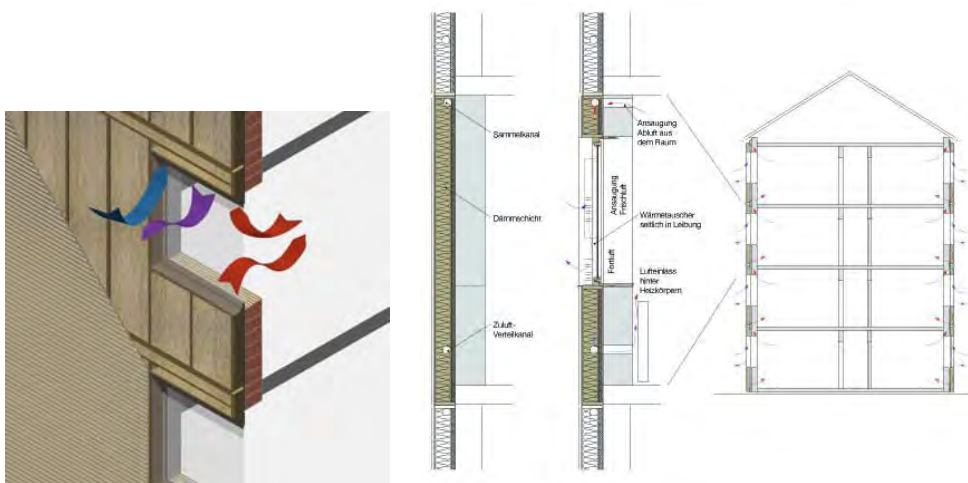
(<http://www.aktive-huelle.de>, 19.05.2010)

### Aufbau / Konzept Lüftungsfassade

- Fassadenbekleidung beliebig
- Deckplatte 3 mm
- Holzständer 60/160 mm dazwischen Wärmedämmung Hobelspäne 160 mm
- Deckplatte 3 mm
- Montageabstand zum Bestand 40 mm gedämmt

### Details Fassadenschnitt

- Sammelkanal Abluft im Holzelement
- Verteilerkanal für vortemperierte Zuluft im Holzelement
- Ansaugung Frischluft über die Laibung
- Wärmetauscher seitlich in der Laibung
- Auslass Fortluft in der Laibung
- Einlass vortemperierte Zuluft durch Kernbohrung im Bestand hinter Heizkörpern
- Ansaugung Abluft durch Kernbohrung im Bestand



### 3. Kollektorfassade:

„Die Kollektorfassade basiert auf der Funktionsweise der Lüftungsfassade, die Frischluft wird jedoch nicht durch die Abluft vortemperiert, sondern solar. Diese vortemperierte Luft strömt nicht in die Räume, sondern erwärmt über einen Wärmetauscher die Frischluft, die über einen getrennten Einlass einströmt. Die Vorsatzschale der Holzelemente besteht aus einer transparenten hinterlüfteten Glasscheibe als äußerer Witterungsschutz. Der Rand des 20 mm tiefen Luftraums dahinter ist an drei Seiten abgedichtet bis auf einen schmalen Schlitz im unteren Bereich, durch den die Außenluft einströmt. Zur Wärmedämmung und -speicherung dient eine 160 mm dicke, beidseitig mit einer perforierten Holzfaserverplatte beplankte Schicht aus Hobelspänen. Zwischen diesem Dämmpaneel und der Altbauwand befindet sich ein weiterer dreiseitig geschlossener Hohlraum, dessen oberer Rand mit einem Sammelkanal verbunden ist, in dem ein Lüftungsgerät Unterdruck erzeugt. Dieser Unterdruck saugt die hinter der Glasscheibe solar erwärmte Luft durch die Hobelspan-Dämmung hindurch an und führt sie über den Sammelkanal dem Wärmetauscher zu. Hier gibt die »Vorwärmflut« ihre Wärme an die durch den zweiten Ventilator angesaugte Frischluft ab, die über den Verteilerkanal und Kernbohrungen hinter den Heizkörpern in die Wohnräume strömt. Die abgekühlte »Vorwärmflut« wird in der Fensterlaibung nach außen abgegeben.

Hinter dem Glas entstehen an sonnigen Wintertagen Temperaturen von bis zu 60 °C. Im Sammelkanal hinter der Dämmung betragen sie noch ca. 30 °C, die Luft hat also etwa die Hälfte ihrer Wärmeenergie an die Hobelspäne im Holzelement und an die massive Wand des Baubestandes abgegeben. Die Zuluft strömt hinter dem Wärmetauscher mit ca. 25 °C in die Räume. Je nach Jahreszeit steht die in Dämmung und massiver Wand gespeicherte Wärme zur Temperierung der Luft in den späten Nachmittags- oder erst in den frühen Abendstunden zur Verfügung.“ (Schankula 2010, 764)

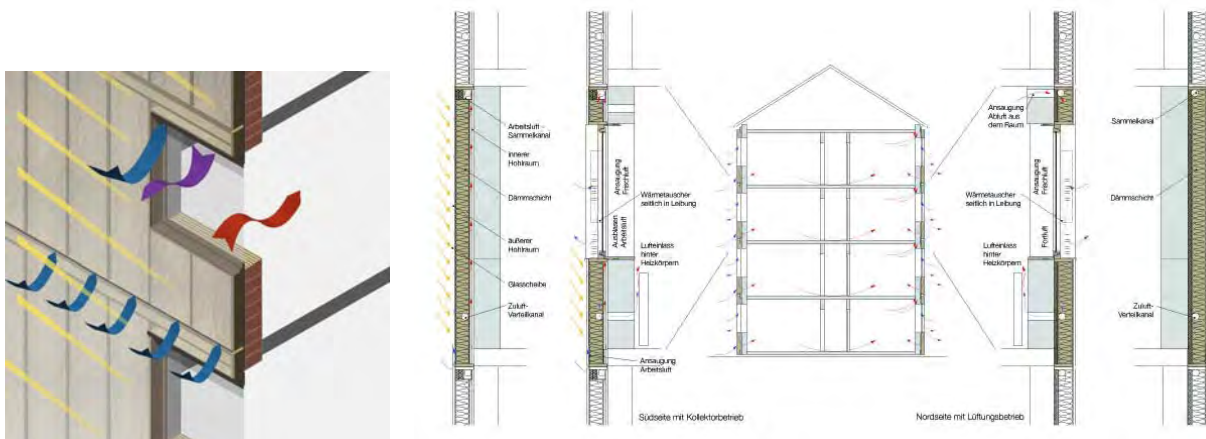
In Bad Aibling wurden zwei Testfassaden mit Porenlüftung und Kollektor (Südseite und Nordseite) am Gebäude 354 montiert.

### Aufbau / Konzept Kollektorfassade

- Glasscheibe ESG 6mm,
- Hinterlüftung zur solaren Vortemperierung der Arbeitsluft 20 mm
- Hartfaserplatte zur Durchlüftung gelocht 3 mm
- Holzständer 60/160 mm,
- dazwischen Wärmedämmung und Speichermasse Hobelspäne 160 mm
- Hartfaserplatte zur Durchlüftung gelocht 3 mm
- Sammelspalt für solar vortemperierte Arbeitsluft 15mm
- Hartfaserplatte 3mm
- Montageabstand zum Bestand 30 mm

### Details Fassadenschnitt

- Einlass Arbeitsluft in Solarkollektor
- Sammelkanal solar vortemperierte Arbeitsluft
- Wärmetauscher seitlich in der Laibung
- Ansaugung Frischluft über die Laibung
- Auslass Fortluft in der Laibung
- Verteilerkanal für vortemperierte Zuluft
- Einlass vortemperierte Zuluft hinter Heizkörpern
- Holzelement Typ Lüftungsfassade



**Aktive Gebäudehülle:** Schema Dämmfassade, Lüftungsfassade, Kollektorfassade  
 Grafik / Foto © Schankula Architekten

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: B&O Wohnungswirtschaft GmbH & Co KG München

ArchitektInnen / Projektleiter:

Architektur: Arthur Schankula, Sebastian Pint: SCHANKULA- Architekten, München

Gesamtkonzept, Projektsteuerung: RK-Stuttgart Architekten und Ingenieure

Holzbau: Firma Holzbau Baufritz, Erkheim

Evaluierung: Hochschule Rosenheim

### Infos

EnEffStadt: Von der Militärbrache zur Nullenergiestadt – Kurzbericht Stand Dezember 2009. Dr.-Ing. Alfred Kerschberger, RK-Stuttgart Architektur + Energy Design, (<http://www.rk-stuttgart.de/index.php?id=48>, 09.09.2010)

Konversion. Von der Militärbrache zur Nullenergiestadt. Das B&O – Parkgelände Bad Aibling auf dem Weg in die Zukunft (EnEffStadt Modellvorhaben). Schlussbericht Phase 1: Konzeption, Berichtsstand April 2010. B&O Wohnungswirtschaft GmbH & Co KG, RK-Stuttgart Architektur + Energy Design (<http://www.rk-stuttgart.de/index.php?id=48>, 09.09.2010)

Schankula, Arthur / Pint, Sebastian: Entwicklung einer solaren Kollektorfassade und Umsetzung des Modellvorhabens Kollektorfassade / Porenlüftungsfassade. Bericht zum Förderprojekt, Teilbericht 1 - Entwicklungsarbeit vom 10. Dezember 2008 - 10. Juni 2009. München 2009

Schankula, Arthur / Pint, Sebastian: Entwicklung einer solaren Kollektorfassade und Umsetzung des Modellvorhabens Kollektorfassade / Porenlüftungsfassade. Bericht zum Förderprojekt, Teilbericht 2 - Entwicklungsarbeit vom 10. Juni 2009 - 10. Dezember 2009. München 2010

Schankula, Arthur: Systemfassade aus Holzpaneelen – energetische Sanierung von Geschossbauten. In: DETAIL 7+8/2010. Zeitschrift für Architektur und Baudetail, München. 762 - 768

Aktive Gebäudehülle  
<http://www.aktive-huelle.de/>

DETAIL  
[http://www.detail.de/artikel\\_mangfallkaserne-bad-aibling-arthur-schankula\\_24877\\_De.htm](http://www.detail.de/artikel_mangfallkaserne-bad-aibling-arthur-schankula_24877_De.htm)

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) / IDW - 23.10.2009  
<http://www.materialsgate.de/mnews/4960/Innen+por%C3%B6s+au%C3%9Fen+aus+Glas+Mit+neuer+Fassade+Energie+gespart.html>

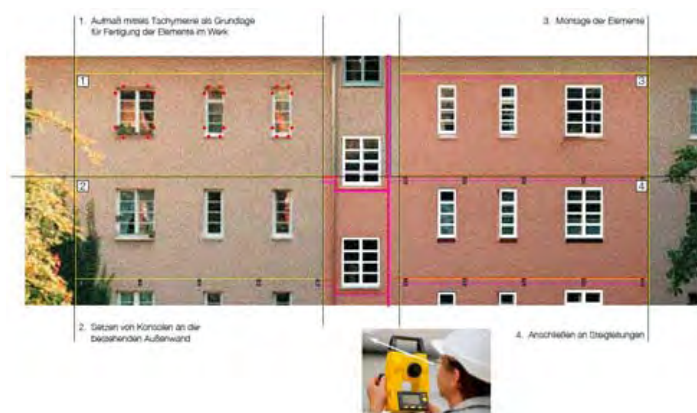
EnEff:Stadt - Forschung für die energieeffiziente Stadt  
<http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/von-der-militaerbrache-zur-nullenergiestadt/>

#### Kontakt

SCHANKULA- Architekten / Diplomingenieure  
D-80797 München Infanteriestraße 19/6  
0049 (0) 89 - 288055-21  
[info@schankula.com](mailto:info@schankula.com)  
[www.schankula.com](http://www.schankula.com)

RK-Stuttgart Architekten und Ingenieure  
D-70186 Stuttgart, Pflasteräckerstraße 88  
0049-(0)-711-2851613  
[rk-stuttgart@t-online.de](mailto:rk-stuttgart@t-online.de)  
[www.rk-stuttgart.de](http://www.rk-stuttgart.de)

#### FOTOS



**Aktive Gebäudehülle**, Funktionsschema und Montageablauf  
Grafik / Foto © Schankula Architekten

## Projektbeschreibung Bestand

### Allgemeine Beschreibung

**Lage:** Mittlerer Bauteil einer Anlage von drei hintereinander liegenden L-förmigen Gebäuden; Nord-Süd orientierter zweigeschossiger Haupttrakt mit Unterkellerung (Bauteil A) und eingeschossiger ostwest-orientierter rechtwinkliger nicht unterkellertes Anbau (Bauteil B); „L-Form“ nach Süd-Ost geöffnet.

**Nutzung:** Hauptgebäude Wohnnutzung oder Gemeinschaftsunterkunft, Nebengebäude gemeinschaftlicher Aufenthaltsraum.

**Dachkonstruktion:** beide Bauteile mit Satteldach und nicht ausgebaut; Anbau mit flacherem unzugänglichen Satteldach; Dachgeschoß des Hauptgebäudes mit einer „Sargdeckel“-Dachkonstruktion aus Beton, die vor Zerstörung durch Bombenangriffe schützen sollte;

**Bautypologie:** ehemaliges Kasernengebäude; Erschliessung durch zwei breite innenliegende Treppenhäuser und mittig angeordnete breite Gänge; keine Balkone.

### Baukonstruktion Bestand

#### Außenwände Bestand U-Wert 1,37 W/m<sup>2</sup>K

Außenputz	1,5 cm
HLZ-Mauerwerk	30 cm
Innenputz	1,5 cm

#### Oberste Geschossdecke U-Wert 1,24 W/m<sup>2</sup>K

Estrich	5 cm
Trittschalldämmung	2,5 cm
Betondecke	18 cm

#### Kellerdecke / Bodenplatte U-Wert 0,987 W/m<sup>2</sup>K

Belag	0,5 cm
Estrich	4 cm
Trittschalldämmung	2 cm
Betondecke	18 cm

#### Fenster Uw-Wert 3,20 W/m<sup>2</sup>K

Aluminiumrahmen-Fenster mit Isolierverglasung, in den 1980er-Jahren eingebaut; thermisch noch nicht getrennt.

### Haustechnik Bestand

Das Gebäude ist an ein Nahwärmenetz angeschlossen. Die Nahwärme wurde in einem zentral gelegenen Heizhaus mit drei Ölkesseln erzeugt, sowohl Heizung als auch Warmwasser wurde über das Nahwärmenetz bereit gestellt. Im Keller des Gebäudes befindet sich ein Heizungsraum mit der Übergabestation zur Beheizung und zur Warmwasserbereitung. Der Anschlusswert vor der Sanierung: 450 kW, die Nahwärmeleitungen verlaufen an der Kellerdecke.

### FOTOS



**Bad Aibling:** Lageplan, Bestandsgebäude.  
Fotos © B&O Wohnungswirtschaft, RK-Stuttgart

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Porenlüftungsfassade

„Die »aktive Gebäudehülle« ist ein Fassadensystem, das auf der Basis natürlicher Baustoffe bei geringer Wandstärke die hocheffizienten Dämmung und die Versorgung der dahinterliegenden Räume mit gefilterter Außenluft leistet.“ (<http://www.aktive-huelle.de>, 19.05.2010)

Die für den hygienischen Luftwechsel notwendige Zuluft des Lüftungssystems wird durch das poröse Material der außen aufgetragenen Dämmschicht geleitet und dabei die Abwärme der Außenwand zur Vorwärmung der Zuluft genutzt. Die luftdurchströmte Dämmschicht wirkt dabei wie ein Wärmetauscher, der die Wärmeverluste der Hülle zum größten Teil an die Frischluft abgibt und damit zurückgewinnt. Auf diese Weise kann die Dämmwirkung von eher geringwertigen Dämmstoffen – z.B. 10 cm Hobelspänen – soweit verbessert werden, dass der U-Wert von konventionellen Wärmedämm-Verbundsystemen mit etwa 14-16 cm Dämmung deutlich übertroffen wird. Je nach Bedarf können Zuluftgeräte und Wärmetauscher integriert sein. Um die massiven Aussenwände des Bestands anzuwärmen ist auch die Integration einer Flächenheizung in den Wandaufbau möglich. Bei günstiger Ausrichtung des Gebäudes kann das Fassadensystem zur Kollektorfassade erweitert werden. Porenlüftungseffekt: durch die Lochung der HDF-Platten wird die Durchströmung der porösen Dämmschicht mit Luft ermöglicht, die Konstruktion wurde auch mit Rauch und Nebel getestet.

### Porenlüftungs-Solarkollektorfassade

In Bad Aibling wurde die Porenlüftungsfassade mit einer Solarkollektorfassade kombiniert. Anstelle einer opaken Platte ist eine Einfachglasscheibe eingebaut, welche die Sonnenstrahlung durchlässt und so die Zuluft durch die Sonneneinstrahlung erwärmt. Eine dahinterliegende HDF-Platte fungiert als Absorber, sodass ein Luftkollektor entsteht. Durch das flächige durchströmen der Dämmschicht wird die überschüssige Wärme in den Hobelspänen beziehungsweise in der Dämmung und in der Massivwand gespeichert und kann von dort in den späten Nachmittags- oder Abendstunden an den Raum abgegeben werden.

Im Unterschied zur Porenlüftungsfassade wird bei der Kollektorfassade die Luftführung nicht direkt als Zuluft in den Raum eingblasen sondern über einen Wärmetauscher geführt. So kann höheren Anforderungen an die Hygiene bei Lüftungsanlagen im Wohnungsbau entsprochen werden.

Gleichzeitig kann über den eingebauten Wärmetauscher eine dezentrale Wärmerückgewinnung aus der Abluft des Innenraums betrieben werden.

### FOTOS

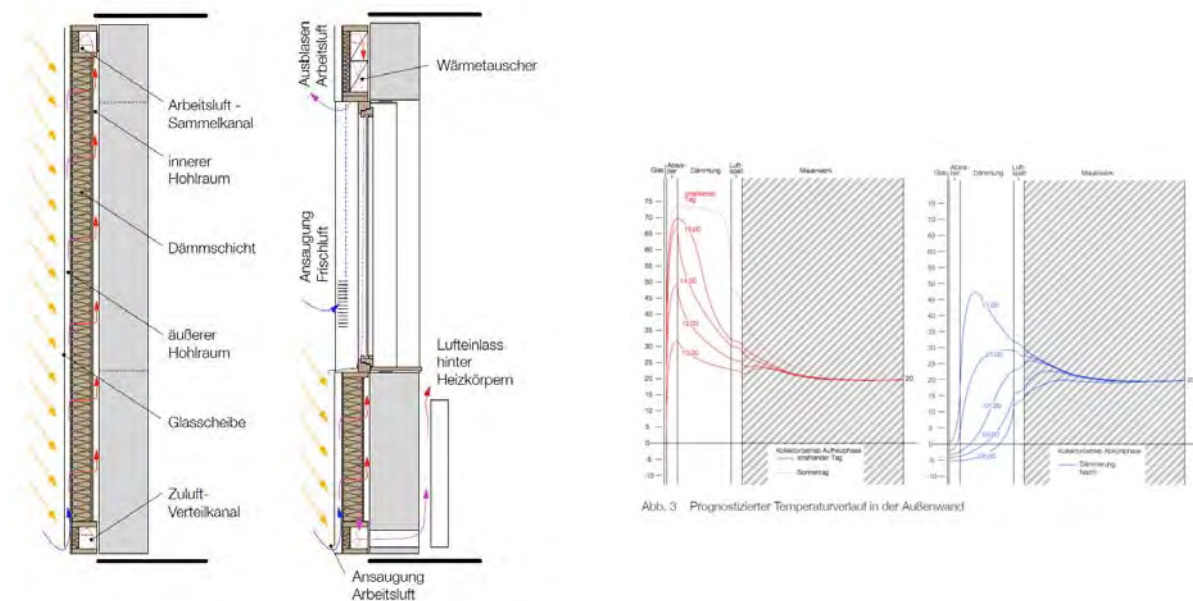


Abb. 1 Funktionsschema der Kollektorfassade

**Bad Aibling:** Funktionsschema der Kollektorfassade, Prognostizierter Temperaturverlauf in der Außenwand.  
Fotos © Schankula Architekten

### Bauteilvermessung

Händische Vermessung mittels Maßband, Zollstock und Rotationslaser; für weitere Projekte wird eine 3D-Scanner Vermessung angestrebt.

### Gestalterische Möglichkeiten

Im Projekt wurden verschiedene gestalterische Möglichkeiten überlegt:

*Profilglas* anstelle von Floatglas (starker Spiegeleffekt, modernes, technisches Aussehen): Vorteile: verschiedene Oberflächenstrukturen, kaum Spiegelungen, Strukturierung der Fassade, einfache Befestigung mittels U-Schiene, preislich günstiger.

*Farbliche Gestaltung der äußeren Hartfaserplatte*: generell sind Farbanstriche in allen Farben möglich, allerdings sinkt bei helleren Farben aufgrund der hohen Lichtreflexion der Wirkungsgrad des Kollektors (evtl. ausgleichbar durch innenseitige Wärmeschutzbeschichtung).

*Farbiger Vlies- oder Filzüberzug* auf der äußeren Hartfaserplatte: zusätzlicher Vorteil der Vergrößerung der Absorberfläche.

Die Gestaltungsvarianten werden anhand der Testfassade messtechnisch untersucht.

### Kosten / m<sup>2</sup>

Produkt ist noch in Entwicklung

### Konstruktion

#### **Aufbau und Funktionsweise**

„Die Dämmung der Fassadenelemente besteht aus einer Schicht von 12 cm Hobelspänen, die beidseitig durch gelochte Hartfaserplatten (HDF) gehalten wird. Außen entsteht durch das Vorsetzen einer Glasscheibe ein Luftspalt, in dem sich die äußere Hartfaserplatte und damit die unten eindringende Luft durch solare Einstrahlung erwärmt. Mit Hilfe eines Ventilators wird diese Arbeitsluft flächig durch die Dämmschicht gesaugt, gelangt innen zwischen Dämmschicht und Außenwand des Bestands in einen Spalt und wird oben in einem Kanal gesammelt. Dieser Kanal führt die vorgewärmte Luft dem Wärmetauscher zu, wo Sie ihre Energie an einen separat angesaugten Zuluftstrom abgibt, bevor sie wieder ins Freie geblasen wird. Die über den Wärmetauscher erwärmte Zuluft wird so mit einer angenehmen Temperatur unter den Fenstern in die dahinterliegenden Räume eingebracht. Bei guter Besonnung und einem entsprechenden Energieeintrag erwärmt sich jedoch auch die gesamte Außenwand, so dass ein großer Teil des Energiebedarfs der dahinterliegenden Räume allein durch die solaren Gewinne gedeckt werden kann. Für die Zeit, in der die Sonneneinstrahlung hierfür nicht ausreicht, könnte eine (Sockel-) Leistenheizung vorgesehen werden, die die Oberflächentemperatur der Außenwand anhebt.“ (Schankula/Pint 2009, 5)

#### **Luftführung und Zuluftbaustein**

„Im Unterschied zur Porenlüftungsfassade mussten zwei getrennte Luftsysteme aufgebaut werden: Im Arbeitsluft-Kreislauf soll die Außenluft im Absorber erwärmt werden und die Dämmung durchdringen. Nachdem sie über einen Wärmetauscher ihre Energie abgegeben hat, wird sie wieder nach außen ausgeblasen. Im Frischluftkreislauf wird die Außenluft unmittelbar am Wärmetauscher angesaugt, nimmt dort die Energie der Arbeitsluft auf und wird schließlich über Kanäle dem Innenraum zugeführt. In beiden Luftsystemen ist der Einsatz eines Luftfilters nötig: Bei der Arbeitsluft gilt es, den Wärmetauscher vor Verschmutzung zu schützen, bei der Frischluft muss gewährleistet werden, dass immer eine optimale Luftqualität für den Innenraum zur Verfügung steht.“ (Schankula/Pint 2009, 14)

Zur Auslegung von Ventilator und Wärmetauscher wurde im Hinblick auf erste Testelemente Abmessungen des Fassadenelements von ca. 8 x 3 m angenommen.

Ventilatoren, Wärmetauscher und Filter wurden zu einem kompakten Zuluftbaustein zusammenfasst, der den Einbau der technischen Komponenten als standardisiertes, fertiges Element ermöglicht. Der Prototyp des Zuluftbausteins mit Abmessungen von ca. 35 x 80 x 12 cm wird in die Dämmschicht der Fassadensanierungselemente eingebaut. Als beste Lösung für die Anbringung der Zuluftbausteine wurde die Position neben dem Fenster ermittelt.

## FOTOS



**Bad Aibling:** Prototyp des Zuluftbausteins.  
Fotos © Schankula Architekten

### Planung und Fertigung der Fassadenelemente

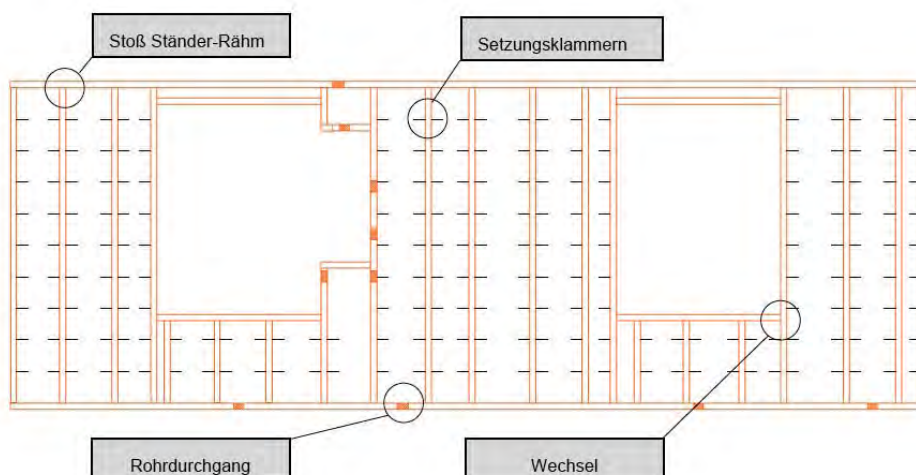
„Wichtig bei der Detailplanung und Produktion der Elemente war das Erarbeiten einer Vorgehensweise, die eine wirtschaftliche Serienproduktion ermöglicht und nicht nur zur Herstellung der Prototypen taugt. Neben der Verwendung von wirtschaftlichen Rastermaßen und der Planung in sich wiederholenden Standardelementen war die Abstimmung auf den firmenspezifischen Produktionsablauf hier von großer Bedeutung.“ (Schankula/Pint 2010, 4)

### Grundkonstruktion

„Die Grundkonstruktion wird gebildet aus stehenden Kanthölzern sowie einem Rähm und einer Schwelle aus Kantholz. Zusätzlich sind Wechsel im Bereich der Fenster und für die Aussparung zum Einbau des Zuluftbausteins nötig. Durch die zu integrierenden vorhandenen Fensteröffnungen im Altbau kommt es in diesem Bereich zu Abweichungen im Rastermaß der Ständer. Da die Ständer auch als Unterkonstruktion für die spätere Befestigung der Glashalteleisten benötigt werden, werden sie zudem so angeordnet, dass die gestalterisch gewünschten Scheibenformate möglich sind. Aufgrund der Verwendung von Hobelspänen als Dämmstoff ist zudem die Anbringung von „Setzungsclammern“ an den Stehern nötig, die vor dem Zusammensetzen der Ständer eingeschossen werden, um Abrutschen des später eingebrachten Dämmstoffs zu verhindern.“ (Schankula/Pint 2010, 5)

Sammelkanal (oben) und Frischluftkanal (unten) werden aus zwei horizontalen Kanthölzern und je eine Holzwerkstoffplatte innen und außen gebildet. Die innere Platte ist mit Aussparungen versehen, die das Einströmen von Luft ermöglichen.

## FOTOS





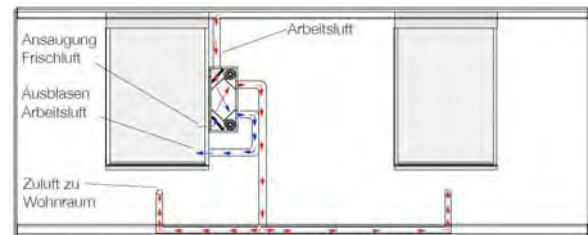


**Bad Aibling:** Grundkonstruktion Fassadenelemente Südseite, Produktion der Grundkonstruktion.  
Fotos © Schankula Architekten

### *Einbau der Luftleitungen*

„Alle Luftleitungen, außer Sammel- und Verteilkanal, werden aus Kunststoffrohren gebildet. Hierfür wurden in den Konstruktionshölzern vorher Bohrungen vorbereitet, so dass die Leitungen problemlos eingeschoben werden können. Diese werden dann an der Hartfaserplatte fixiert, so dass sie nach außen mit Dämmung überdeckt werden können.“ (Schankula/Pint 2010, 7)

### FOTOS



**Bad Aibling:** Fassadenelement mit montierten Lüftungsleitungen, Luftführung in den Testelementen.  
Fotos © Schankula Architekten

### *Dämmung und Zuluftbaustein*

Die Einbringung der Dämmung aus Hobelspäne erfolgt vollautomatisch mit Hilfe einer Späne-Stopfmaschine. Danach wird das Fassadenelement außen mit einer gelochte Hartfaserplatte geschlossen. Die Befestigung erfolgt aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus mittels Klammern. Nachdem die Klammern außen sichtbar bleiben wäre eine Weiterentwicklung der Befestigungsmethode zu überlegen.

Der Zuluftbaustein wird in die dafür vorgesehenen Aussparungen montiert und die vorher eingebauten Leitungen werden angeschlossen. Der Raum um den Zuluftbaustein wird ausgedämmt.

### *Glasfassade*

Für die Verglasung der Testelemente wurde eine Einfachverglasung mit unbeschichtetem Floatglas verwendet. Die Montage erfolgte mittels Druckverglasungssystem im Werk. Seitlich und oberhalb der Kollektorelemente wurden nicht von Luft durchströmte passive Elemente eingebaut, um Wärmeverluste an den Rändern zu vermindern.

### *Messtechnik*

Zur Messtechnischen Überwachung wurden Messfühler in die Elemente integriert. Der Einbau erfolgte bereits im Werk.

### **Montage / Befestigung**

Um die Beeinträchtigung der Nutzer gering zu halten sollten alle Maßnahmen ohne Gerüst durchgeführt werden können.

### Tragkonstruktion

Für die Tragkonstruktion wurden mehrere Möglichkeiten untersucht. Auf der Grundlage statischer Berechnungen wurde schließlich eine Konsole entwickelt, die eine einfache Montage mittels Kran ermöglicht.

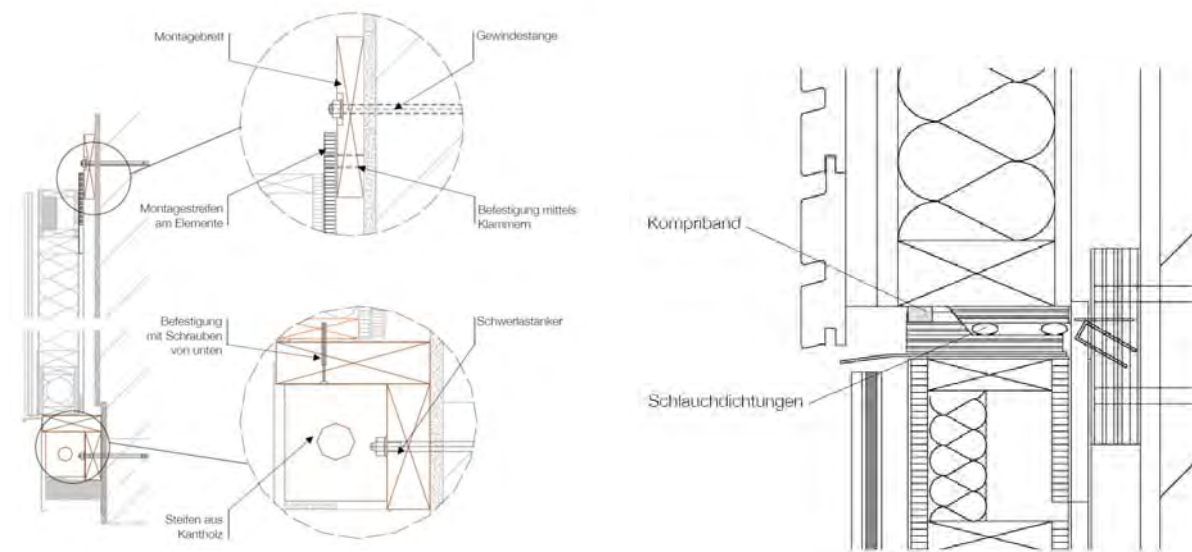
„Als Auflager für die Elemente wird am Bestand eine Konsole aus Kanthölzern montiert, auf die dann die Elemente aufgesetzt werden. Im oberen Bereich der Elemente wird am Bestand ein Brett montiert, an dem dann wiederum die Elemente mittels Klammern befestigt werden, so dass deren Kippen verhindert wird. Die aufwendige Anbringung von exakt gesetzten Dübeln entfällt dabei. Die vorher gesetzten Holzteile müssen lediglich in ihrer Lage so einjustiert werden, dass die Unebenheiten im Bestandsmauerwerk ausgeglichen werden und die Elemente auf diese Weise außenbündig zu liegen kommen.

Die oben angeordneten passiven Elemente werden dann auf die Kollektorelemente aufgesetzt und oben wieder an einem dort vorher montierten Brett mit Klammern befestigt. Durch ineinandergreifende Holzleisten, die an der Oberseite der unteren Elemente und an der Unterseite der oberen Elemente angebracht sind, wird die Oberfläche der Elemente automatisch richtig ausgerichtet.

Auf die gleiche Weise soll auch die Montage von Kollektorelementen in mehreren übereinander liegenden Geschossen bei künftigen Projekten durchgeführt werden.

Bei der Montage in diesem System entsteht ein Spalt zwischen dem Element und der bestehenden Außenwand. Bereits bei den ersten Testständen zeigte sich, dass dieser hinsichtlich der Wärmeübertragung von der warmen Luft im Sammelspalt auf die Massivwand kein Problem darstellt. Bei den passiven Elementen wird der Montagespalt jedoch ausgedämmt, um hier die Dämmwirkung noch zu verbessern. Hierzu wird Schafwolle an der Innenseite der Elemente angebracht, die sich dann bei der Montage an die Unebenheiten der Massivwand angepasst hat und den Zwischenraum vollständig ausfüllt.“ (Schankula/Pint 2010, 11-12)

### FOTOS



**Bad Aibling:** Tragkonstruktion, Abdichtung der Fugen an den Elementstößen.  
Grafik © Schankula Architekten

### Fensteranschlüsse

Nachdem bei der Testfassade die bestehenden Fenster erhalten bleiben sollten, mussten in der Laibung wind- und wasserdichte Anschlüsse mittels Folie hergestellt werden. Zukünftig wäre ein Austausch der Fenster und der Einbau bereits im zu bevorzugen.

### Elementstöße

„An den Elementstößen ist eine Wind- und Regendichtigkeit von großer Bedeutung. Da ein Schließen der Fugen nach der Montage der Elemente mit einem großen Aufwand verbunden ist, kommen hier Schlauchdichtungen zum Einsatz: Die Gummischläuche werden schon im Werk mit Klammern an den Elementen befestigt und bei der Montage so zusammengedrückt, dass sie die Fugen verschließen. Zudem wird ein Komproband mit eingelegt.“ (Schankula/Pint 2010, 13)

FOTOS

Montageablauf



**Bad Aibling, Montageablauf:** Montage der Unterkonstruktion, Unterkonstruktion / Kernbohrungen / Messtechnik, Montage der Fassadenelemente, Einführung der Zuluftleitungen, Montage der passiven Elemente, fertig montierte Testelemente Südseite.  
Fotos © Schankula Architekten

**Elementgrößen**

Elementdicke 20 – 30 cm (je nach Oberfläche: Kollektorfassade 30 cm / Putzfassade 20 cm)  
Elementgröße geschoßhohe Elemente, maximal 3,00 x 12 m (je nach Transportmöglichkeit)

Flächen [m <sup>2</sup> ]		vor der Sanierung	nach der Sanierung
Bruttogeschossfläche (BGF)	A:	2.426,50	2.426,50
	B:	356,40	356,40
Beheizte Nettogeschossfläche (NGF)	A:	1.941,20	1.941,20
	B:	211,08	211,08

Energetische Kenndaten	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Bisher noch kein Gesamtprojekt realisiert, ein Pilotprojekt ist geplant		

Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]		
Baukonstruktion / Schichten	Dicke [cm]	U-Werte [W/m <sup>2</sup> K]

<b>Aussenwand+Fassadenpaneel (Ufp)</b>		(k.A)*
Glasscheibe ESG	0,6	
Hinterlüftung zur solaren Vortemperierung der Arbeitsluft	2,0	
Hartfaserplatte zur Durchlüftung gelocht	0,3	
Holzständer 60/160 mm, dazwischen Wärmedämmung und Speichermasse Hobelspäne	16,0	
Hartfaserplatte zur Durchlüftung gelocht	0,3	
Sammelspalt für solar vortemperierte Arbeitsluft	1,5	
Hartfaserplatte	0,3	
Montageabstand zum Bestand	3,0	
<i>Bestandsmauerwerk mit Innen- und Aussenputz</i>	43	

\*) nur Testfassade, Referenzprojekt ist geplant

### Lüftung

Siehe Konzept Porenlüftungsfassade

### Heizung und Warmwasser

Nahwärmenetz

### Energiegewinnung

Bisher noch keine geprüften Werte, erste Simulationen sind vorhanden

### Schallschutz Rw [dB]

„Aufgrund des Aufbaus der Fassade aus getrennten Elementen, die an den Rändern luftdicht ausgebildet sind, werden die einzelnen Nutzungseinheiten in Bezug auf die Schallübertragung (Körper- und Luftschallschutz) gut gegeneinander abgeschottet, sodass die Außenschale insgesamt in Bezug auf den Schallschutz gegenüber der konventionell hinterlüfteten Fassade als besser zu beurteilen ist. Der Zuluftöffnung, welche die einzige »Schwachstelle« darstellt, sind das Lüftungsgerät mit Filter und die Dämmebene selbst vorgeschaltet.“ (<http://www.aktive-huelle.de>, 16.12.2010)

### Brandschutz F (30, 90)

„Analog zum Schallschutz können bei Bedarf auf Grund der Elementierung der Fassade die einzelnen Nutzungseinheiten in Bezug auf die Feuerübertragung gegeneinander mittels brandhemmendem Plattenmaterial abgeschottet werden.“ (<http://www.aktive-huelle.de>, 16.12.2010)

### Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

#### **Vorteile**

- „Die Vorsatzschale stellt eine langlebige Konstruktion aus Holz dar, welche durch die Erwärmung der kalten Außenluft im Element trocken gehalten wird. Auch in den Räumen sind Feuchteschäden ausgeschlossen.

- Die Verwendung von Holz als wesentliches Material (Schnittholz / Hobelspäne) führt dazu, dass die Produktion der Paneele wenig fossile Energie erfordert und zur so genannten CO<sub>2</sub>-Senke beiträgt.
- Decken und Innenwände bleiben frei von Luftkanälen.
- Das Belüftungssystem und die Temperierung der Außenwand tragen zu einer erheblichen Verbesserung des Raumklimas bei. Die Belüftung erfolgt zugfrei und verhindert die Konzentration hygienisch bedenklicher Wohngifte.
- Die Beheizung mit einem hohen Anteil Strahlungswärme vermeidet Beschwerden an Nasen- und Mundschleimhäuten.
- Die Wohnungen werden bei geschlossenen Fenstern mit Frischluft versorgt, wodurch ein wirksamer Lärmschutz erreicht wird, der besonders an verkehrsreichen Straßen unerlässlich ist.“ (Schankula 2010, 763)

### **Sonstige**

- Bei der Materialauswahl wurden nachwachsende Rohstoffe bevorzugt. Für die luftdurchströmte Wärmedämmung wurden Naturfaserplatten aus Hanfgewebe eingesetzt.
- Durch Ansaugen der Frischluft über die Poren der Außendämmung können Transmissionswärmeverluste zurückgewonnen werden.
- Geringerer technischer Aufwand der integrierten dezentralen Wärmerückgewinnung, im Vergleich zur zentralen Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpe, alle technischen Komponenten sind bereits im Fassadenelement integriert, es müssen keine zusätzlichen Geräte oder Leitungen im Gebäudeinneren montiert werden.

## VIII GAP-SOLAR (gap-solution)-Fassade

(Esa-Solarfassade / Gap-Solar / Gap-Solution)

### Produkte

#### gap ISO:lution

##### *Solar-Wabenfassade - Die Gebäudehülle*

„gap ISOLution verbindet Design mit Funktionalität auf höchster Ebene. Die gap-Lösung ist eine Form der Glasfassade, die neben der modernen und zeitlosen Optik auch einzigartige energetische und ökologische Eigenschaften vereint. gap solution nutzt natürliche physikalische Gegebenheiten für bislang unerreichte, messbare Resultate. Die robuste, stabile Wabenkonstruktion aus natürlichen Rohstoffen erschließt komplexe Vorteile.

Lichtenergie für den WINTER.

Das niedrig stehende Sonnenlicht dringt tief in die Wabe ein und erwärmt sie. Diese autonome Klimazone reduziert den Wärmeverlust auf beinahe Null und schaltet Wärmebrücken aus.

Schutz und Ausgleich im SOMMER.

In der warmen Jahreszeit wird ein großer Teil der Strahlung reflektiert, die Wabe verschattet sich selbst. So entstehen im Inneren angenehme Temperaturen ohne stromfressende Klimaanlage. Die Verbesserung des U-Wertes durch das Einsetzen der gap-paneele liegt je nach Ausrichtung bei bis zu 90% und mehr.

#### gap AIR:solution

##### *Fassadenintegrierte solar unterstützte Frischluftzufuhr*

Das Kernelement der patentierten Solarlüftung bildet ein in die Wandelemente integrierter, Speicher-Absorber mit integriertem Wärmetauscher. Die nötigen transparenten vorderen Dämmschichten einerseits sowie die Dämmung zur Wand sind orientierungsabhängig. Die Effektivität der Solarlüftung liegt deutlich über herkömmlichen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung.

Der Speicher-Absorber wird als Fertigteile geliefert und direkt in die Holzwand integriert, seine Anschlüsse werden durch vorher gebohrte Kernbohrungen in das Gebäudeinnere geführt.

Da dieses System, dezentral am Ort des Verbrauches sitzt, entfallen lange Lüftungsleitungen. Damit sinken die Wartungskosten und Verteilverluste.

Dieses System bezieht seine Energie nicht durch die konventionelle passive Wärmerückgewinnung, sondern aktiv aus der Energie der Sonne, was bedeutet, dass die Heizperiode auf ein Drittel reduziert wird!

#### gap WATER:solution

##### *Die Fassadensolaranlage*

Fassadenintegrierte solar Warmwassererzeugung

Das Kernelement der patentierten Solaranlage bildet ein in die Wandelemente integrierter, Speicher-Absorber mit integriertem Wasser-Wärmetauscher. Die nötigen transparenten vorderen Dämmschichten einerseits sowie die Dämmung zur Wand sind orientierungsabhängig.

Der Speicher-Absorber wird als Fertigteile geliefert und direkt in die Holzwand integriert, seine Anschlüsse werden durch vorher gebohrte Kernbohrungen in das Gebäudeinnere geführt.

Da das System, dezentral am Ort des Verbrauches sitzt, entfallen lange Versorgungsleitungen und damit die Versorgungsverluste, die bisher bis zu 60% der Energie verschwendet haben.

#### gap PIPE:solution

##### *Verlustfreie Warmwasserverteilung*

Die patentierte Lösung beruht auf der Erkenntnis, dass das gesamte Brauchwasser (Warmwasser + Kaltwasser) zusammengemischt eine Temperatur von ca. 21-23 Grad besitzt. Also jene Temperatur, die das Gebäude und seine Bauteile selbst besitzt.

Weiters integriert ist auch hier, die Methode, dass im Gebäude erzeugte Energie rückgewonnen werden soll. Mit der aus dem Abwasser rückgewonnenen Energie kann das Frischwasser vorgewärmt werden. Eine weitere Wärmequelle (Solar, Wärmepumpe, etc.) soll dieses Wasser auf eine Zieltemperatur von 20 Grad bringen. Dieses „energiegeladene“ Wasser kann dann verlustfrei über beliebige Leitungslängen zum Verbrauch transportiert werden.

Am Ort des Verbrauches splittet eine Mini-Anlage mittels Wärmepumpe, das 20 grädige Wasser wieder in Kaltwasser mit 10 Grad und Warmwasser mit 50 Grad auf. Dieses System eignet sich ideal für Sanierungen, wo auf ein Bestandsleitungsnetz zurückgegriffen werden muss, oder überall dort, wo große Leitungslängen für enorme Verluste sorgen. Energiefresser, wie die Behaglichkeitslösung „Warmwasserzirkulation“ können gänzlich entfallen.“ (<http://www.gap-solution.at/produkte>, 22.05.2010)

## Gap-Solar-Wabenfassade (gap-solution)- DETAIL

(Quelle: gap-Fassaden, Technische Unterlagen)

### Allgemeine Beschreibung

Kernstück des gap-paneels ist die Solarwabe. Diese ist in eine umlaufende Rahmenkonstruktion integriert. Den äußersten Bestandteil des Paneels bildet die Verglasung. Dahinter befinden sich ein leicht belüfteter Luftspalt vor der Solarwabe, die auf einer Trägerplatte aufgebracht ist. Zusätzliches Dämmmaterial kann dahinter in das Paneel integriert werden.

### Kosten / m<sup>2</sup>

Fassadenpaneel ca. EUR 300 / m<sup>2</sup>

### Gestalterische Möglichkeiten

Lackierung ist in allen RAL-Farbtönen möglich

### Funktion:

*Winter:* Das niedrig stehende Sonnenlicht dringt tief in die Wabe ein und erwärmt sie. Diese autonome Klimazone reduziert den Wärmeverlust auf beinahe Null und schaltet Wärmebrücken aus.  
*Sommer:* In der warmen Jahreszeit wird ein großer Teil der Strahlung reflektiert, die Wabe verschattet sich selbst. So entstehen im Inneren angenehme Temperaturen ohne stromfressende Klimaanlage.“ Die Verbesserung des U- Werts durch die Verwendung der gap-paneele liegt je nach Ausrichtung bei bis zu 90 Prozent und mehr.

### Konstruktion / Sanierungsfall

(Konstruktionsbeispiel Graz Dieselweg)

#### **Gap-Paneel**

ESG Floatglas	6 mm
Luftspalt	29 mm
Solarwabe B1, Farbton lt. RAL	30 mm
Paneelrückwand	15 mm

#### **Holzriegelwand**

Holzweichfaserplatte	15 mm
Holzrahmenkonstruktion mit Zellulosedämmung	120 mm
OSB-Platte	18 mm

#### **Ausgleichsschicht**

Dämmung bauseitig angebracht / Steinwolle	100 mm
---	--------

#### **Bestand**

Aussenputz	
Hochlochziegel	300 mm
Innenputz	

#### **Vorfertigungsgrad**

Die gap-Fassade wird fertig montiert in großflächigen Wandelementen inklusive Passivhausfenstern und Kanalführung für die dezentralen Lüftungsgeräte angeliefert.

#### **Elementgrößen**

Paneelhöhe maximal	3,05 m
Paneelbreite maximal	12,50 m
Paneelhöhe minimal	0,35 m

Paneelbreite minimal	0,35 m
Maximalverhältnis (Höhe:Breite)	6:1
Fertigungstoleranz	+/- 2 mm
<b>Gewicht:</b> ca. 35 kg/m <sup>2</sup>	

### Montage

Die Elemente werden von unten nach oben montiert. Als Unterkonstruktion vor Montage des ersten Elementes müssen je nach Statik erforderliche Konsolen zur Abtragung des Eigengewichtes der Elemente angebracht werden.

Die Windlasten werden über die Holzpfeiler-Unterkonstruktion abgetragen. Die Befestigung des gap-paneels an der Holzriegelwand erfolgt mittels vertikalen Klemmleisten. Diese können sichtbar oder unsichtbar befestigt werden. Es ist erforderlich, horizontal eine entsprechende Abdeckleiste zu Belüftungszwecken sowie Schutz vor Regenwasser einzubauen.

### Berechnungsmodus

Die für die Berechnung heranzuziehenden Werte basieren auf den Messungen und Gutachten des Fraunhofer-Institutes für Solare Energiesysteme (ISE).

Referenzen: Prüfberichte Nr. MA03-WJP-0605-E03, MA03-WJP-0509-E05, MA03-WJP-0510-E06 und MA03- WJP-0904-E05

Der g-Wert ermittelt sich wie folgt :

$$gg = U_g / U_{FP} * g_{FP}$$

gg = g-Wert des Gesamtaufbaus  
 Ug = U-Wert des Gesamtaufbaus  
 UFP = U-Wert des Gesamtaufbaus  
 GFP = gn,B = g-Wert des Gesamtaufbaus

wobei sich der Ug-Wert aus den Lambda Werten und Schichtdicken ermittelt. Für die Berechnung werden folgende Bauteilkennwerte herangezogen:

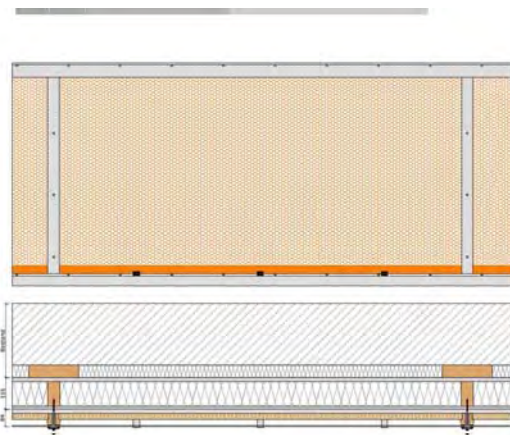
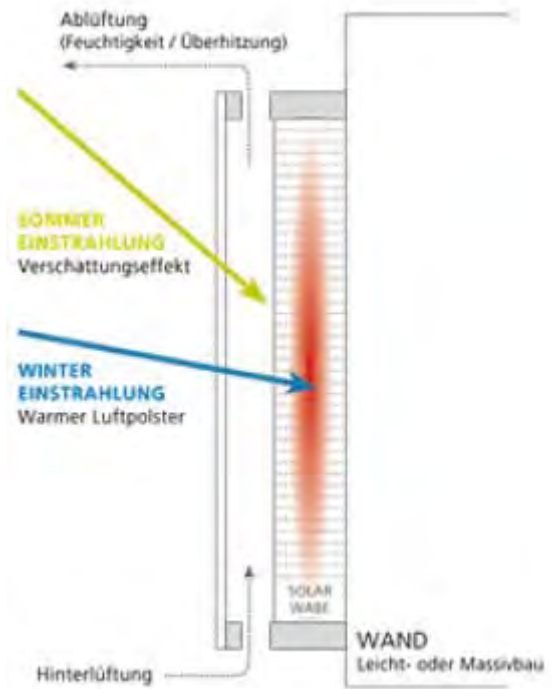
Bauteilkennwerte [m <sup>2</sup> K/W]	Dicke [mm]	gn,B [-]	gh,B [-]	Rb
Helle Farbe	84	0,20	0,13	0,77
Dunkle Farbe	84	0,23	0,15	0,77



FOTOS



Bestand (Mauerwerk)  
 Unterkonstruktion mit  
 Ausgleichsdämmung  
 Holzriegelwand  
 gap-paneel  
 Befestigungsteile



Bestand (Mauerwerk)  
 Ausgleichsschicht  
 Holzriegelwand  
 gap-Paneel



**Gap-Solar Fassadenpaneel:** Wandaufbau, Funktionsschema, Bauteilschichten und Wanddetail.  
 Grafiken, Fotos © gar-solution

# Referenzprojekt Passivhaussanierung Markartstrasse, Linz

## Projektbeschreibung Überblick

Gebäudetyp: Mehrgeschossiger Wohnbau

Adresse / Standort: Markartstrasse, Linz

Baujahr / Errichtung: 1957

Baukonstruktion Bestand: Schüttnbeton, Stahlbeton

Modernisierung / Sanierung: 2006

Vorgefertigte hinterlüftete Gap-Solarfassade, verstärkte Dach- und Kellergeschossdeckendämmung, Vergrößerung der bestehenden Balkone samt Parameterdämmung, Verglasung mit Passivhausfenstern samt integriertem Sonnenschutz, neue Dacheindeckung, kontrollierte Wohnraum-Be- und Entlüftung mit Einzelraumlüfter

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: GIWOG Gemeinnützige Industrie-Wohnungs-AG, Linz

ArchitektInnen / Projektleiter: Arch+More, DI Ingrid Domenig-Meisinger

Solarfassade: gap-solution

Produkt: GAP-Solarfassade

### Infos

Domenig-Meisinger, I. / Willensdorfer, A. / Krauss B. / Aschauer J. / Lang. G.: Erstes Mehrfamilien-Passivhaus im Altbau. Berichte aus Energie und Umweltforschung 21/2007.

Haus der Zukunft

<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3872>

### Kontakt

GIWOG Gemeinnützige Industrie-Wohnungs-AG

Bmst. Ing. Alfred Willensdorfer

Welser Straße 41, A-4060 Leonding

0043 (50) 8888 0

[a.willensdorfer@giwog.at](mailto:a.willensdorfer@giwog.at)

[www.giwog.at](http://www.giwog.at)

### FOTOS



**Passivhaussanierung Linz Markartstrasse:** Bestandsgebäude und nach der Sanierung.

Fotos © gap-solution, giwog

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

Flächen / CO <sub>2</sub>	vor der Sanierung	nach der Sanierung
Beheizte Fläche [m <sup>2</sup> ]	2.755,68	3.106,11
CO <sub>2</sub> -Ausstoß pro Jahr [CO <sub>2</sub> /a]	160.000 kg	14.000
Einsparungen CO <sub>2</sub> -Ausstoß/ Jahr [CO <sub>2</sub> /a]		146.000 kg

<u>Energetische Kenndaten</u>	<u>vor der Sanierung</u>	<u>nach der Sanierung</u>
Heizwärmebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]	ca. 179,0	14,4
Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	ca. 118,0	11,3
Heizwärmebedarf Gesamt [kWh/a]	ca. 500.000	45.000
Heizenergieeinsparung [kWh/a]		455.000

<u>Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]</u>		
<u>Baukonstruktion</u>	<u>Schichten / Dicke [cm]</u>	<u>U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]</u>

<b>Außenwand + Fassadenpaneel</b> (Aufbau siehe Konstruktion Sanierungsfall)	<b>0,082</b>
---	--------------

\*(mit Solareintrag)

### **Sonstige Bauteile**

<b>Fenster</b>	<b>0,86</b>
<b>Dach</b>	<b>0,094</b>
<b>Kellerdecke / Bodenplatte</b>	<b>0,21</b>

### Lüftung

Einzelraumlüfter mit Wärmerückgewinnung (WRG 73 Prozent)

### Heizung und Warmwasser

Vorhandener Anschluss der Fernwärme wird beibehalten

### Luftdichtheit

k. A.

### Energiegewinnung

k. A.

<u>Schallschutz</u>	<u>Rw [dB]</u>
<b>Leichtbau</b>	
Holzriegelwand 16cm mit Mineralwolle, e=62,5	44
+ gap-paneel	50
+ Vorsatzschale (inkl. gap-paneel)	59
<b>Massivbau</b>	
Hochlochziegel 38cm, beidseitig verputzt	49
+ gap-paneel	67

### Brandschutz F (30, 90)

Die Solarwabe erfüllt die Brandschutzklasse B-s2, d0 lt. EN 13501-1, B1 lt. ÖNORM B3800-1, B1 lt. DIN 4102 und BK 5.1 in der Schweiz. Über der brandhemmenden Schutzschicht wird die Lackierung aufgetragen.

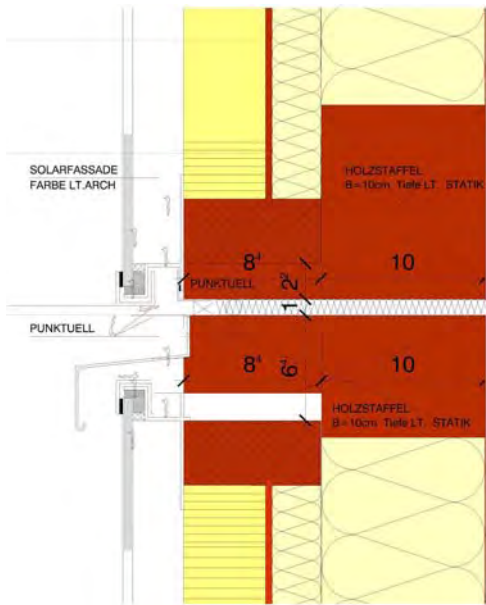
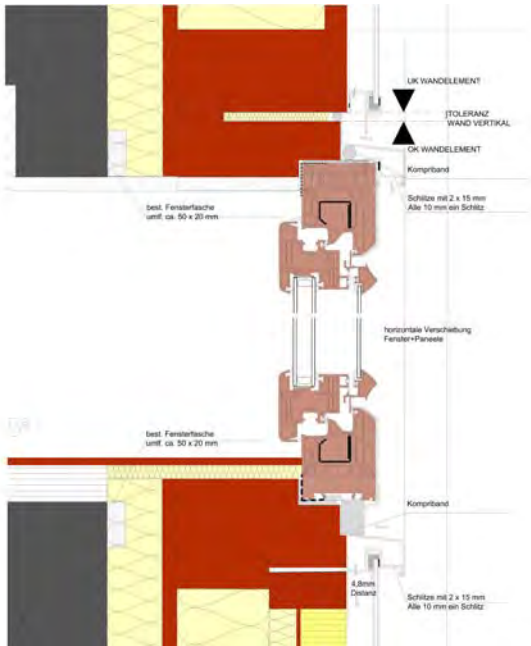
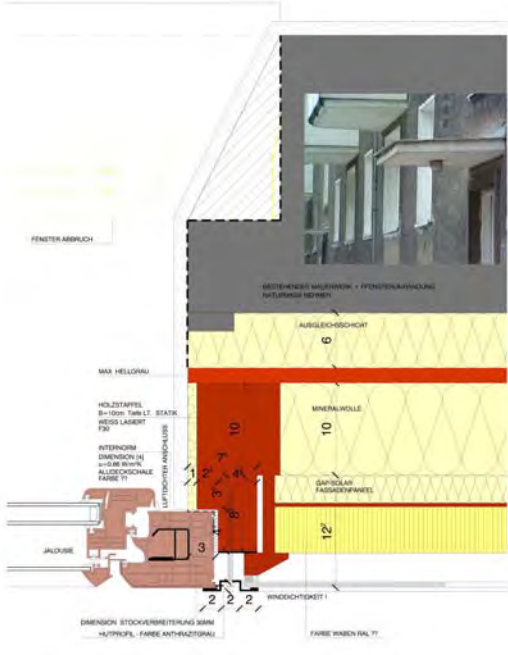
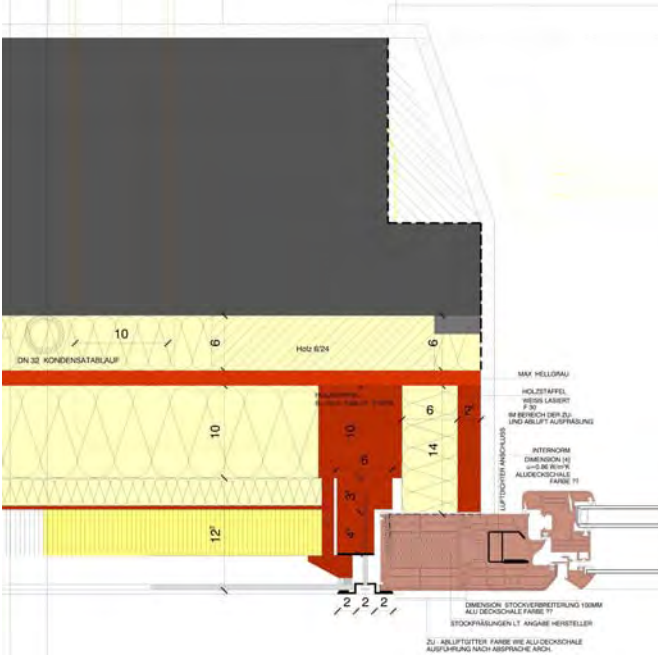
### Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

k. A.

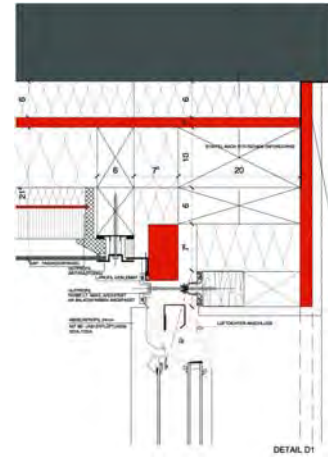
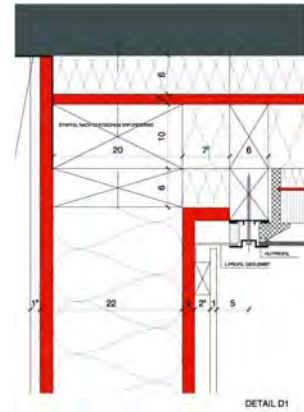
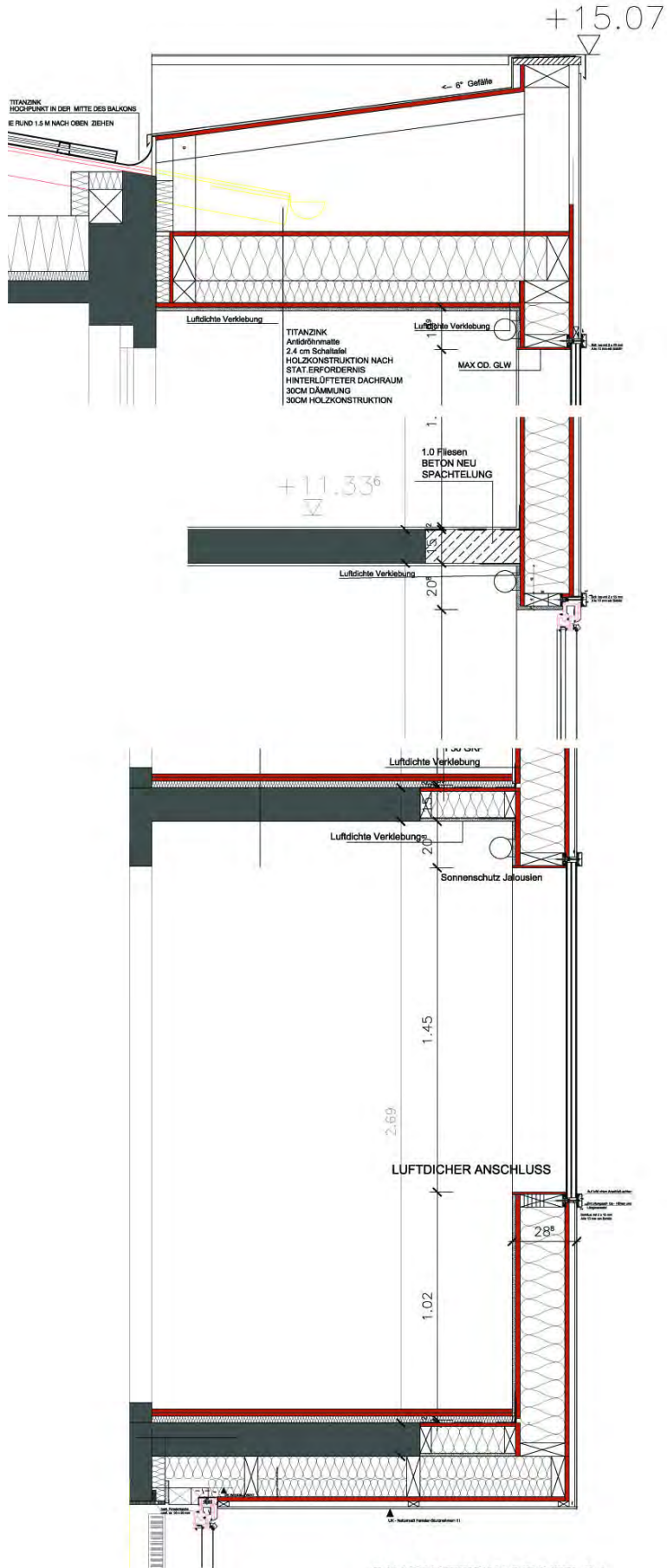
### Hersteller / Kontakt

gap-solution gmbh  
4060 Linz/Leonding, Welser Str. 37  
0043/70/681030  
office@gap-solution.at  
www.gap-solution.at

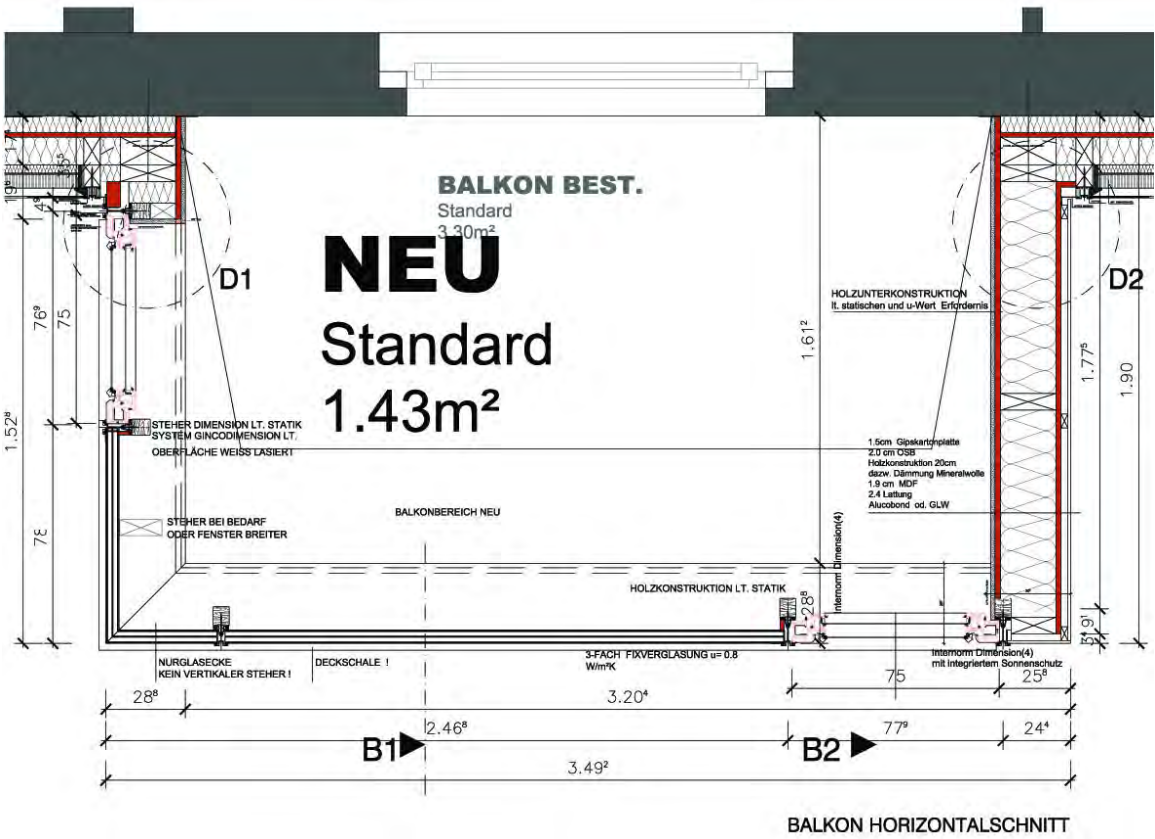
FOTOS



Passivhausanierung Linz Markartstrasse: Fassadenelement, Fensteranschluss horizontal und vertikal, Elementstoss Fassade. Fotos, Grafiken © giwog, arch+more



BALKON VERTIKALSCHNITT B 1



Passivhaussanierung Linz Markartstrasse: Fassadenschnitt Balkon horizontal und vertikal, Details. Fotos, Grafiken © giwog, arch+more

## Weitere Referenzprojekte Österreich (Auswahl)

### **Revitalisierung Wohnanlage Dieselweg, Graz-Liebenau**

Gebäudetyp: Mehrgeschoßiger Wohnbau, soziale Wohnsiedlung

Adresse / Standort: Dieselweg, Graz

Baujahr / Errichtung: 1950er-1970er

Baukonstruktion Bestand: Mauerwerksbau (Hochlochziegel)

Modernisierung / Sanierung: 2008-2009

Einsatz einer Solarfassade, Raumwärme- und Warmwasserversorgung mit hohem solaren Deckungsgrad in Kombination mit einer neuen Pufferspeichertechnologie, Heizungs- und Warmwasser Zuleitungs- bzw. Verteilsystem über die Fassade (zwecks minimaler Mieterbeeinflussung), großflächiges Klimawandkonzept über die Außenhülle (Bauteilaktivierung), Konzept zur Steuerung, Fernwartung und Controlling über das Internet, höchstmögliche Vorfertigung aller gelieferten Komponenten.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: GIWOG Gemeinnützige Industrie-Wohnungs-AG, Linz

ArchitektInnen / Projektleiter: hohensinn architektur

Solarfassade: gap-solution

Produkt: GAP-Solarfassade

Infos

[www.gap-solution.at](http://www.gap-solution.at)

Kontakt

GIWOG Gemeinnützige Industrie-Wohnungs-AG

Bmst. Ing. Alfred Willensdorfer

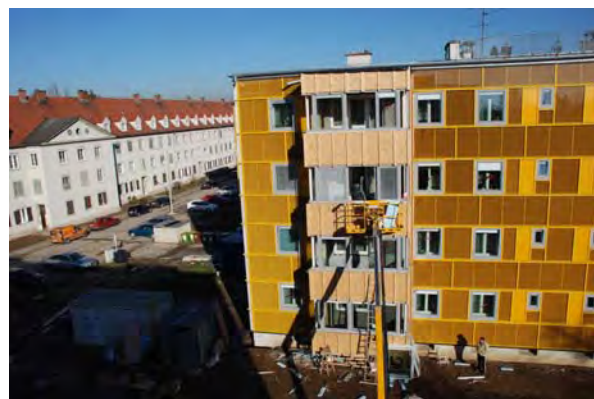
Welser Straße 41, A-4060 Leonding

0043 (50) 8888 0

[a.willensdorfer@giwog.at](mailto:a.willensdorfer@giwog.at)

[www.giwog.at](http://www.giwog.at)

#### FOTOS



**Revitalisierung Wohnanlage Dieselweg, Graz-Liebenau:** Bestandsgebäude und nach der Sanierung, Montage der Fassadenelemente. Fotos © giwog

## Referenzprojekte International (Auswahl)

### Solarfassade Erfurt

Gebäudetyp: Bürobau

Adresse / Standort: D-99084 Erfurt, Leipziger Straße 71

Baujahr / Errichtung: 1970er-Jahre

Baukonstruktion Bestand: Plattenbau

Modernisierung / Sanierung: 2002

„Bei der Generalsanierung des ostdeutschen Plattenbaues aus den 70er Jahren wurde die bestehende asbestverseuchte Außenwandkonstruktion durch eine Holz-Element-wandkonstruktion mit ESA-Solarfassade und Eternit-Pelicolor-bändern ersetzt. Die ca. 4000 m<sup>2</sup>-Fassade wurde in rund 100 Einzelementen in ca. 4 Wochen vollständig montiert. Die komplett vorgefertigten Elemente beinhalteten vor der Montage bereits Fenster, Innenfensterbänke, Sichtoberflächen OSB, die außenseitige Glas- und Eternitfassade sowie die Jalousien einschließlich Verkabelung.“

(<http://www.obermayr.at>, 19.05.2010)

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: LEG Thüringen mbH, Erfurt

ArchitektInnen / Projektleiter: LEG Thüringen mbH, Abt. Hochbau, Erfurt

Fassade / Holzbau: Obermayr Holzkonstruktionen GmbH, Schwanenstadt

Solarfassade: ESA Energie Systeme Aschauer Vertriebs GmbH (gap-solar)

Produkt: „Das System ist eine spezielle Form der Wärmedämmung, die Sonnenstrahlung in Wärme umwandelt. Kernstück der Fassade ist eine Wabe aus Zellulose. Die Sonneneinstrahlung dringt durch die außenliegende Verglasung in die Wabe ein und wird dort in Wärme umgewandelt. Der Karton kann aus Altpapier gewonnen werden und benötigt dadurch einen sehr geringen Energieaufwand bei der Produktion. In der Solarwabe kann so in der kalten Jahreszeit eine durchschnittliche Temperatur von 18 Grad Celsius gehalten werden. Der Wärmeverlust der Wand kann durch die Nutzung der Sonnenwärme auf rund ein Zehntel reduziert werden.“

(<http://www.presstext.at/news/000621025/700-schilling-jahres-heizkosten-durch-esa-solarfassaden>, 19.05.2010)

#### Infos

Dämmen mit Licht – gap-solar. In: SKIN (Architektur und Bauforum) 01/Juni2004, 66f

ESA-Solarfassade

<http://www.ndparking.com/esa-solarfassade.at>

#### Kontakt

gap-solution gmbh

A-4060 Linz/Leonding, Welser Str. 37

0043/70/681030

office@gap-solution.at

[www.gap-solution.at](http://www.gap-solution.at)

#### FOTOS



**Erfurt, Büroumbau mit ESA-Solarfassade.**

Foto © LEG Thüringen



## Morges, Sanierung eines Gebäudes im Stadtzentrum

Gebäudetyp: Wohnbau,

Adresse / Standort: Schweiz: Morges, Rue des Fosses 6

### FOTOS



**Wohngebäude in Morges, Schweiz:** Bestand und nach der Sanierung  
Fotos © gap-solution

## Lübeck, Trave Schulzentrum, Sanierung

Gebäudetyp: Schulgebäude

Adresse / Standort: Deutschland, Lübeck

### FOTOS



**Schulzentrum Trave, Lübeck:** Montage der Fassadenelemente und nach der Sanierung  
Fotos © gap-solution

## IX Lichtaktive Glas-Holzfassade - Lucido® Solar

### Produkt

#### Lichtaktive Glas-Holzfassade: Fassade aus Solarglas und Holz

„Das System der solaren Wärmedämmung namens Lucido wurde vom Büro Fent Solare Architektur in Wil entwickelt. Das auf die Speicherung solarer Wärmeenergie spezialisierte Wandsystem besteht aus einem leicht strukturierten Solarglas, einem Luftspalt, einer hölzernen Lamellenstruktur und einer Schicht Massivholz. Die Holzlamellen funktionieren als Absorber, während das Massivholz den Massenspeicher bildet. Das Tageslicht trifft auf die Lamellen des Absorbers, die Sonnenenergie wird von der Fassade gespeichert und zum Teil in das Haus-innere abgegeben. Die mit Energie geladene Wand hat eine grosse Isolationskraft und hält den Energieverlust des Gebäudes sehr tief. Der Aufbau ermöglicht sehr dünne Fassaden von 220 bis 340mm Stärke bei gleichzeitiger grosser energetischer Wirkung. Die Fassade ist in verschiedenen Farben erhältlich und prägt als spielerisches Element den architektonischen Charakter eines Hauses entscheidend mit. Das System ist dank dem erwünschten Speichereffekt, der ansprechenden Ästhetik sowie der einfachen Fertigung und Montage erfolgreich auf dem Schweizer Baumarkt: Seit 1999 wird es bei Wohn- und Geschäftsbauten, Turnhallen, Praxen oder Siedlungen eingesetzt. «Das Lucido-System eignet sich auch sehr für Sanierungen. Wir haben 2005 damit begonnen, heute sind ein gutes halbes Dutzend Bauten realisiert worden. Mit einem minimalen Aufbau von 6 cm Wärmedämmung hat man eine Fassade, die gleich gut ist, wie wenn man 30 cm oder noch mehr dämmt», berichtet der Erfinder des Systems, Giuseppe Fent.“  
(<http://www.coviss.ch/index.cfm?s=beitrag&beitragID=116&hmlID=13&um1ID=6&contentID=13>, 19.05.2010)

#### Funktion:

„Lucido® gewinnt Sonnenenergie, welche eine wärmende und isolierende Wirkung auf das Gebäude hat. Es ist eine Gebäudehülle, die nach dem Prinzip des Treibhauses funktioniert. Die Sonnenstrahlen durchdringen das Solarglas und treffen auf die Holzlamellen. Die Wärme der Sonnenstrahlen wird zuerst vom Holz absorbiert. Langsam erwärmt sich dann die ganze Wand. Nach 4 bis 12 Stunden hat die Wärme die Wand durchdrungen und gelangt gegen Abend ins Innere des Gebäudes. Lucido® wirkt in der Nacht als wärmende und isolierende Hülle für das Haus. Die ganze Nacht hindurch wird die während des Tages gespeicherte Energie abgegeben, am Morgen dann hat es wieder Licht und der Zyklus beginnt von neuem. Dank dem isolierenden und wärmenden Effekt von Lucido®, reduziert sich den Energieverlust auf praktisch null.“ ([http://www.lucido-solar.com/ger\\_lucido.htm](http://www.lucido-solar.com/ger_lucido.htm), 19.05.2010)

#### Konstruktion: Wand-/ Systemaufbau:

Das Lucido® System ist ein solares Wärmedämmsystem aus Solarglas und Holz.

„Der Aufbau, von Aussen nach Innen, sieht wie folgt aus:

**1) Solarglas:** Der äussere Abschluss bildet ein 4 mm (typisch) Solarglas von hoher Qualität um einen möglichst hohen Lichttransmissionsgrad zu haben. Dieser erzeugt eine Luftpufferzone dahinter und schützt zusätzlich den Holzabsorber vor Verwitterung.

**2) Luftspalt:** Ein 16 mm (typisch) Luftspalt mit Öffnungen oben und unten des Absorbers erlauben der Fassade zu »atmen«. Der thermische Auftrieb der Luft ist je nach Sonneneinstrahlung und Temperatur verschieden gross. Die Hinterlüftung verhindert zudem die permanente Bildung von Kondensat.

**3) Absorber | Speicher:** Charakteristisches Kernstück der Solarfassade ist der horizontal gegliederte Absorber aus feinen Holzlamellen. Der Absorber wird aus massivem, FSC – zertifiziertem Tannen- oder Lärchenholz gehobelt. Er ist 40 mm stark und wird aus keilgezinkten, rift-halbriften Holzbohlen gefertigt, welche 12cm hoch sind und in Längen von 5m oder 6m-Latten produziert werden. Die einzelnen Absorber-Bohlen werden mit Nut und Kamm verbunden und in die Tragstruktur der Fassade geschraubt. Der Absorber ist ein architektonisches Gestaltungsmittel. Das Design der Fassade besteht aus naturbelassenem Holz, wird lasiert oder deckend eingefärbt. Es ist kein Holzschutz erforderlich. Das Holz wird nicht grau, weil es durch die Glassfassade vor Verwitterung geschützt ist.

**4-8) Glashalterungen:** Die Gläser werden mit Glashalterungen mechanisch gehalten. Das Halterungssystem besteht aus einer Kombination von Aluleisten und Dichtungen (TPE). Für eine -

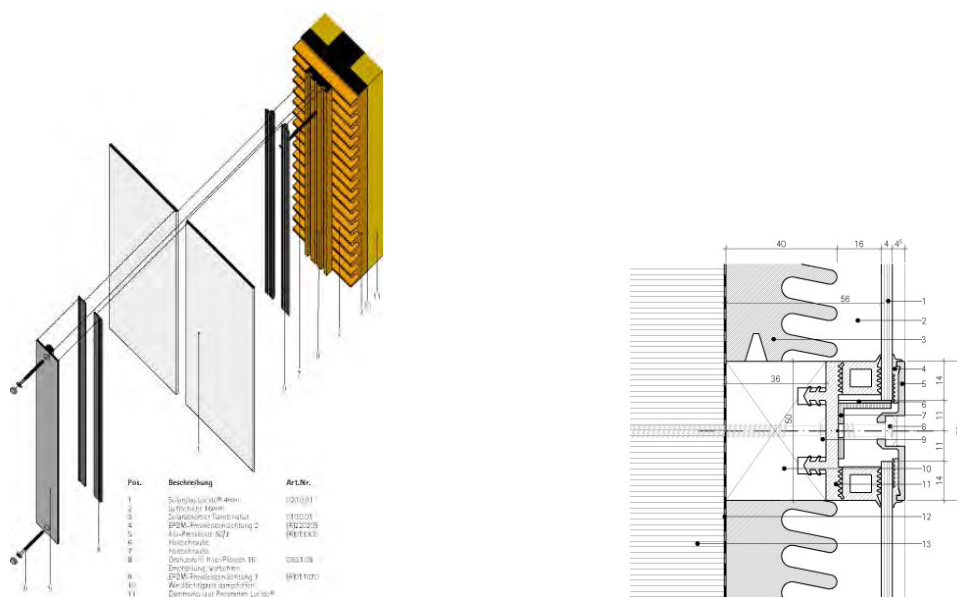
auch über die ganze Lebensdauer der Fassade – ausreichende Energiegewinnung ist es wichtig, dass die Gläser für Reparaturen und Unterhaltszwecke einzeln demontiert werden können.

**10, 11) Winddichtigkeit und Dämmung:** Das System muss mit einem Windpapier hinterlegt sein und muss auch eine minimale Dämmung aufweisen. Die Dämmung ist ein Teil des Systems um seine Funktionsweise zu garantieren. Diese ist jedoch wesentlich schlanker als bei einer konventionell gedämmten Fassade. Die ganze Konstruktion ist dampffoffen, somit wird keine Dampfbremse eingebaut.“ (Nelson / Fent 2009, 10f)

Pos.	Beschreibung
1	Solarglas Lucido® 4 mm
2	Luftschicht 16mm
3	Solarabsorber Tanne natur
4	EPDM-Pressleistendichtung 2
5	Alu-Pressleiste 50/3
6	Holzschraube
7	Holzschraube
8	Grundprofil Holz-Pfosten 16 (Empfehlung: vorbohren)
9	EPDM-Pressleistendichtung 3
10	Winddichtigkeit dampffoffen
11	Dämmung laut Programm Lucido®

Pos.	Beschreibung
1	Solarglas Lucido® 4 mm
2	Luftschicht 16mm
3	Solarabsorber Tanne natur
4	EPDM-Pressleistendichtung 2
5	Alu-Pressleiste 50/3
6	Klotzbeilage
7	Glasauflager Aluwinkel
8	Holzschraube
9	Holzschraube
10	Grundprofil Holz-Riegel
11	Gummiprofil
12	Winddichtigkeit dampffoffen
13	Dämmung

FOTOS



**Lucido® Solar:** Isometrie, Systemschnitt und Funktion der Fassade.  
Grafiken © Lucido®

**Absorber:** Der Lucido® - Absorber aus Massivholz ist das Kernstück des Systems. „Die spezielle Geometrie der Holzlamellen und die Speicherkapazität des Holzkerns, sowie die Schnittfläche des Luftkanals sind so berechnet und optimiert, dass sie im Winter sowie auch im Sommer gegen Extremtemperaturen eine entgegengesetzte Pufferwirkung haben. Durch die abgewinkelten Lamellen ergibt sich ein differenziertes Absorptionsverhalten zwischen den kalten Wintertagen und den warmen Sommertagen.“

**Winter**

Die Strahlen der tief stehenden Sonne dringen durch das Solarglas in die Holzlamellenstruktur ein und werden absorbiert. Die Lamellenstruktur erzeugt eine vielfach größere Absorptions-Oberfläche.

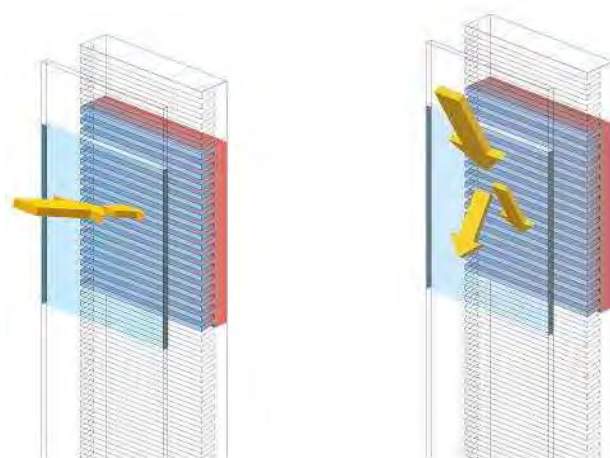
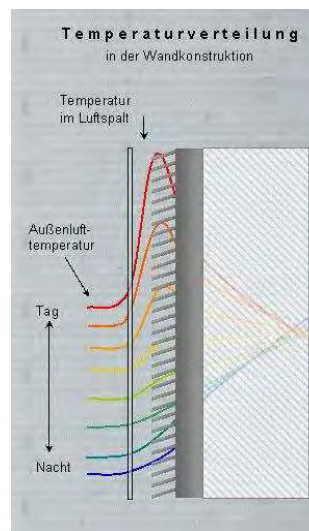
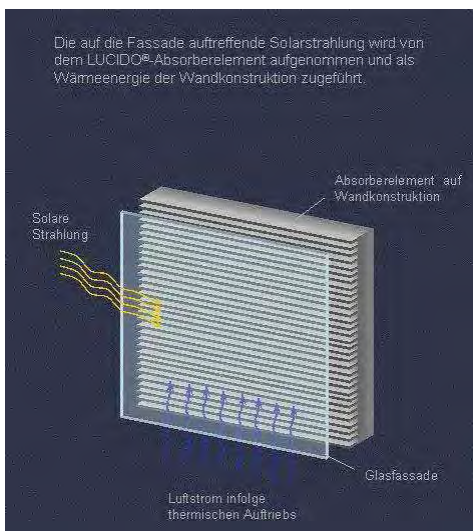
**Sommer**

Die steile Sonneneinstrahlung im Sommer wird teils reflektiert und teils absorbiert. Durch die horizontalen Holzlamellen wird eine gegenseitige Verschattung bewirkt und eine Überhitzung der Wand stark vermindert.

**Elementgrößen**

Die Elemente sind abgestimmt auf die maximale Größe der Glasplatten bis 2 x 3 m möglich.

**FOTOS**



**Lucido® Solar:** Funktion der Fassade, Temperaturverteilung, Funktion Winter: Die flache Wintereinstrahlung dringt tief in die Lamellenstruktur ein, Funktion Sommer: steile Sommereinstrahlung wird teils reflektiert und teils absorbiert

Grafiken © Buchner 2004, Lucido®

## Bauphysik / Statik

### **Solargläser**

„Das Solarglas bildet die Systemgrenze und ist ein fast eisenfreies (< 5‰), leicht strukturiertes Gussglas, das durch seine hohe Transparenz fast die gesamte Sonnenenergie auf den Absorber überträgt. Die gleichen Gläser werden für Photovoltaik genutzt. Aus ästhetisch physikalischen Gründen werden visuell vollkommen weisse Gussgläser mit einer feinen Prisma- oder Silkstruktur auf der einen Glasseite verwendet. Die strukturierte (prismierte) Seite der Gläser wird beim Einbau aussen angeordnet. Ein gläserner Ausdruck wird so vermieden und der Absorber kommt besser zur Geltung. Der Schmutz ist dabei weniger sichtbar und kann auch gut abgewaschen werden. Die neusten Gläser haben eine strahlungsaktive Mikrostruktur im Glas.“ (Nelson / Fent 2009, 15)

Als Solarglas wird ein 4mm starkes, leicht strukturiertes und eisenarmes Gussglas verwendet, das mit einem g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) von 92 % die Sonnenenergie möglichst gut durchlässt. Die leicht strukturierte Oberfläche reduziert die Reflexion der Sonneneinstrahlung.

Das Solarglas wird nach dem Zuschnitt gehärtet, um höheren mechanische Beanspruchungen standzuhalten. „Die Solargläser können grössere Dimensionen aufweisen, nämlich 200 x 300cm, als eine Standard Berechnung (80 x 250cm) für ein solches Glas erlauben würde, denn ein grosses Solarglas steht bei hohen Winddruckverhältnissen an den Absorber an und erfährt deshalb nicht dieselbe Spannung um zu einem Bruch zu führen. Darum sind die Glasdimensionsgrenzen primär durch die Sogberechnung gesetzt.“ (Nelson / Fent 2009, 15f)

### *Verschmutzung*

„Berechnungen haben ergeben, dass ein theoretischer Lichttransmissionsverlust von 30% durch Verschmutzung in den Wintermonaten lediglich eine U-Wert-Verschlechterung von 0.01 W/m<sup>2</sup>K ausmacht. Demzufolge weist das System, bei normaler Verschmutzung und Reinigung durch Regen, auch nach 20 Jahren nur unwesentliche Leistungseinbussen auf.“ (Nelson / Fent 2009, 16)

*Solarglas g-Wert*      92 %  
(leicht strukturiertes, eisenarmes Gussglas)

### **Absorber Wärmespeicherung**

„Grundsätzlich sind verschiedene Materialien für den Absorber anwendbar. Versuche wurden mit Keramik und Holzabsorbern gemacht, Holz mit verschiedener Masse und Struktur. Aus Gründen der ausgewogenen Werte zwischen Wärmeleitung- und Speicherung, aber auch aus Gründen der Nachhaltigkeit, erwies sich Holz als das ideale Absorbermaterial. Verschiedene Holzarten haben verschiedene Speichermassen. Ein Holzabsorber aus Tannenholz, kann tagsüber ca. 65Wh/m<sup>2</sup> aufnehmen, wenn er durch Strahlung auf durchschnittlich 20 Grad über Aussentemperatur aufgewärmt wird. Ein Absorberelement aus Tannenrippen und Eichenholzspeicher, kann dahingegen 150Wh/m<sup>2</sup> aufnehmen. Das Potential besteht also mit gezielter Abstimmung der Speichermasse durch die Anwendung verschiedener Holzarten und –Dicken das System gemäss der klimatischen Situation weiter zu optimieren. Ein Gegenbeispiel zeigt: Eine 0.3 W/m<sup>2</sup>K opak, gedämmte Wand verliert im Januar ca. 6W/m<sup>2</sup>. In der 16 Stunden langen Winternacht sind das rund 96Wh/m<sup>2</sup>. Die Speichermasse des Absorbers kann nun so ausgelegt werden, dass sie diese Wärmeverluste vollends einschränken könnte. Aus Berechnungs- und Planungsgründen wird dies jedoch in der Praxis noch nicht gemacht. Bei der Holzwahl wird schlussendlich aus Kostengründen meistens Tanne gewählt. Lärchenholz wäre aber aufgrund seiner Masse energetisch zu bevorzugen. Die Farbe des Absorbers hat einen wichtigen Einfluss auf die Leistung des Systems. Auch da gilt, wie generell beim ganzen System, den Winter, wie auch den Sommer, gleichmässig zu berücksichtigen. Deshalb sind Farben, welche einen Schwarz/Weiss-Anteil von etwas über 50% haben sehr gut. Die Farbe des naturbelassenen Lärchenholzes ist dabei ideal.“ (Nelson / Fent 2009, 17)

### **Dampfdiffusion**

„Die Solarfassade wird in der Regel dampffoffen aber wind- und luftdicht ausgeführt. Im Weiteren wird eine sorptionsfähige Wärmedämmung eingebaut. Darunter verstehen sich natürliche Dämmmaterialien wie Holzwolle, Zellulose, Hanf etc. Diese Materialien können Baufeuchte aufnehmen, ohne zu kondensieren. Vor allem bei Bauerneuerungen mit sehr unterschiedlichen und oft nicht idealen Aufbauten ist die Dampffoffenheit eine wichtige Eigenschaft weil die Konstruktion so »fehlertolerant« wird.“ (Nelson / Fent 2009, 17)

### Wärmedämmung / innerer Wandabschluss

„Hinter dem Holzabsorber Speicherelement sind eine Winddichtung und eine konventionelle Wärmedämmung angeordnet. Die Wärmedämmung hat eine ausgleichende Aufgabe für strahlungsarme Tage in der kalten Jahreszeit und als zusätzlicher Schutz gegen die sommerliche Überhitzung. Das Material soll schwer, ca. 60-100kg/m<sup>3</sup> und sorptionsfähig sein, damit eindringender Wasserdampf aufgenommen und mit solarer Erwärmung durch den Speicher wieder nach Aussen diffundieren kann. Die Wärmedämmung soll so zusätzlich als »Reservoir« für Wasserdampf dienen. Die Dämmstärke beträgt ca. 6 bis 14 cm, je nach Himmelsrichtung und klimatischen Verhältnissen. Der innere Wandabschluss ist bei Bauerneuerungen in der Regel bestehend. Bei massivem Mauerwerk dient die Masse als sekundärer Speicher bei Holzbauten ist zu untersuchen, inwieweit die alte Wand bauphysikalisch tauglich ist (Dampfsperren, Undichtigkeiten etc.).“ (Nelson / Fent 2009, 17)

### U-Werte, U-Effektivwerte

„Da die Funktionsweise der Solarfassade von der solaren Strahlung abhängig ist, ist es nicht möglich den Dämmwert durch einen einzigen U-Wert anzugeben. Stattdessen wird das Dämmverhalten durch einen »effektiven« U-Wert beschrieben, der sich dynamisch an die lokalen Klimabedingungen anpasst. Der U-Effektivwert berücksichtigt die Reduktion des Wärmeverlusts durch Solargewinne. Zudem wird dieser U<sub>eff</sub> separat für die vier Fassadenorientierungen berechnet.

Der U-Effektivwert berücksichtigt die Reduktion des Wärmeverlusts durch Solargewinne. Sie bestimmen sich im Prinzip aus der Beziehung

$$U_{\text{eff}} = U^* \cdot (1 - f_r \cdot g^* \cdot e^* \cdot I_{\text{solar}} / \Delta T), \text{ in } W/(m^2K)$$

mit Verschattungs-/Verschmutzungsfaktor  $f_r$

Gesamtenergiedurchlassgrad Lucido®-Element  $g = 0.63$

Aussenwiderstand  $R_e = 0.22 \text{ m}^2K/W$  (Absorber-Aussenluft)

Solareinstrahlung  $I_{\text{solar}}$ ;  $W/m^2$  (Monatsmittelwert)

Temperaturdifferenz  $\Delta T$ , °C (Monatsmittelwert).“ (Nelson / Fent 2009, 18)

An der EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, CH-8600 Dübendorf) durchgeführte Messungen bestätigen die Wirkungsweise der Solarfassade und die gute Übereinstimmung mit der vereinfachten Berechnungsmethode: „Messungen, vereinfachte und genauere Berechnungen ergeben ein konsistentes Bild. Durch die Lucido-Fassade wird der mittlere Wärmeverlust einer Aussenwand während der Heizperiode durch Solargewinne reduziert, erwartungsgemäss am deutlichsten in Südorientierung. Diese Gewinne können in der Heizperiode meist voll genutzt werden (kleiner Beträge, langsame Änderung der Wärmeabgabe, Phasenverschiebung gegen den Abend). Die Berücksichtigung der Gewinne durch einen Standort- und orientierungsabhängigen U<sub>effektiv</sub>? Wert (=Verlustminderung) kommt somit der realen Situation nahe. Die getrennte Berechnung des Solargewinns durch die Fassade und dessen Berücksichtigung in der Summe aller Wärmegewinne, die durch einen Ausnutzungsgrad  $\eta$  gemäss SIA 380/1 bzw. EN 832 abgemindert wird, ist für diesen Bauteil zutreffend.“ (EMPA-Prüfbericht Nr. 880`054-2 Abteilung Bauphysik, 27. August 2005)

### Wärmedurchgangskoeffizient / U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

Baukonstruktion                      Schichten / Dicke [cm]                      U-Werte [W/m<sup>2</sup>K]

<b>Wandaufbau leicht S-/O-/W-Fassade</b>	[U <sub>statisch</sub> ]	<b>0,33</b>
	[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April, Süd-Fassade]	0,04
	[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April, Ost-/ West-Fassade]	0,11

(von innen nach außen)	
Innenverkleidung	1,0
Gipsfaserplatte (luftdicht)	1,5
Zellulose-Dämmung	12,0
Gipsfaserplatte (winddicht)	1,5
Lucido®-Absorber	4,0
Luftspalt / Glashelterung	1,6
Solarglas	0,4
<b>Gesamt</b>	<b>22,0</b>

<b>Wandaufbau leicht N-Fassade</b>		[U <sub>statisch</sub> ]	<b>0,26</b>
		[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April]	0,13
Zusätzliche Zellulose-Dämmung	4,0		
<b>Gesamt</b>	<b>26,0</b>		

<b>Wandaufbau massiv S-/O-/W-Fassade</b>		[U <sub>statisch</sub> ]	<b>0,28</b>
		[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April, Süd-Fassade]	0,04
		[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April, Ost-/ West-Fassade]	0,10
(von innen nach außen)			
Innenputz	0,01		
Bachstein (luftdicht)	15,0		
Steinwolle	12,0		
Gipsfaserplatte (winddicht)	1,5		
Lucido®-Absorber	4,0		
Luftspalt / Glashelterung	1,6		
Solarglas	0,4		
<b>Gesamt</b>	<b>34,6</b>		

<b>Wandaufbau massiv N-Fassade</b>		[U <sub>statisch</sub> ]	<b>0,22</b>
		[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April]	0,11
Zusätzliche Steinwolle-Dämmung	4,0		
<b>Gesamt</b>	<b>38,6</b>		

### Wärmeschutz der Solarfassade Lucido®

„Die Solarfassade ist mit einer konventionelle, 120 bis 160 mm starken Wärmedämmung versehen, wodurch ein »statischer« U-Wert von 0,22 0,33 W/(m<sup>2</sup>K) erzielt wird. Im Gegensatz zum Passivhaus- bzw. Minergie-P-Konzept (U-Wert = 0,15 W/(m<sup>2</sup>K)), ist bei einem Lucido® – Haus in der Regel eine Heizung vorgesehen. Es ist jedoch zu beachten, dass die »effektiven« U-Werte der Lucido® – Fassade zum Teil deutlich unter dem Grenzwert von 0,15 W/(m<sup>2</sup>K) liegen.

Die grösste Solarpufferwirkung erzielt die Fassade ab Anfang Februar bis April und von Oktober bis Ende November. Aber auch in den Monaten Dezember und Januar, wenn das solarangebot sehr bescheiden ist, kann der »statische« U-Wert um bis zu 33 % verbessert werden. In dieser Zeit profitiert hauptsächlich die Südfassade von den Wärmegewinnen.“

Wärmeschutzkoeffizienten einer Lucido® – Wand bilanziert über die Periode von Oktober bis April für verschiedene Klimaregionen.

Ort	[U <sub>statisch</sub> W/m <sup>2</sup> K]	[U <sub>eff.</sub> , Okt. – April W/m <sup>2</sup> K]			
		Süden	Norden	Osten	Westen
Zürich	0,30	0,07	0,17	0,12	0,12
Stockholm	0,30	0,10	0,20	0,16	0,16
Wien	0,30	0,03	0,16	0,10	0,10
Rom	0,30	-0,54	-0,02	-0,26	-0,27

### Bauphysikalische Eigenschaften

		Süd-/Ost-/West-Fassade		Nord-Fassade	
		Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau
Masse	[kg/m <sup>2</sup> ]	76	195	80	199
Spez. Wärmekapazität	[kJ/(m <sup>2</sup> ·K)]	95	215	95	215
Wärmeleitfähigkeit	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0,05	0,05	0,05	0,05
Schalldämmwert	[db]	42-43	52-54	43-44	52-55

## Wärmebrücken

Wärmebrücken wurden von der Prüfstelle EMPA berechnet (Prüfbericht Nr. 449'172, 2008).

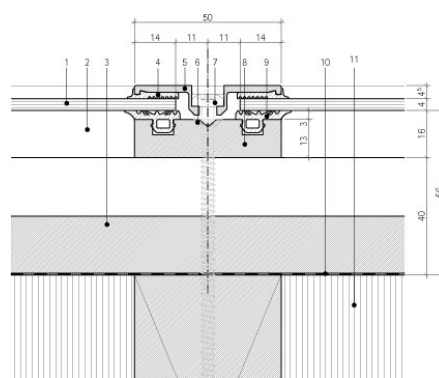
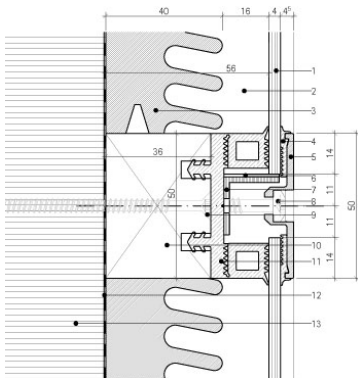
### $\psi_{\text{Pfosten}} = 0.0203 \text{ W/mK}$

- 1 Solarglas Lucido® 4 mm
- 2 Luftschicht 16mm
- 3 Holzabsorber
- 4 EPDM-Pressleistendichtung 2
- 5 Alu-Pressleiste 50/3
- 6 Klotzbeilage
- 7 Glasaufleger Aluwinkel
- 8 Holzschraube
- 9 Holzschraube
- 10 Grundprofil Holz-Riegel
- 11 Gummiprofil
- 12 Windpapier
- 13 Dämmung

### $\psi_{\text{Riegel}} = 0.0001 \text{ W/mK}$

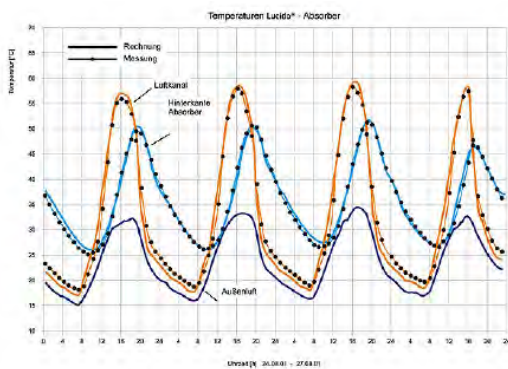
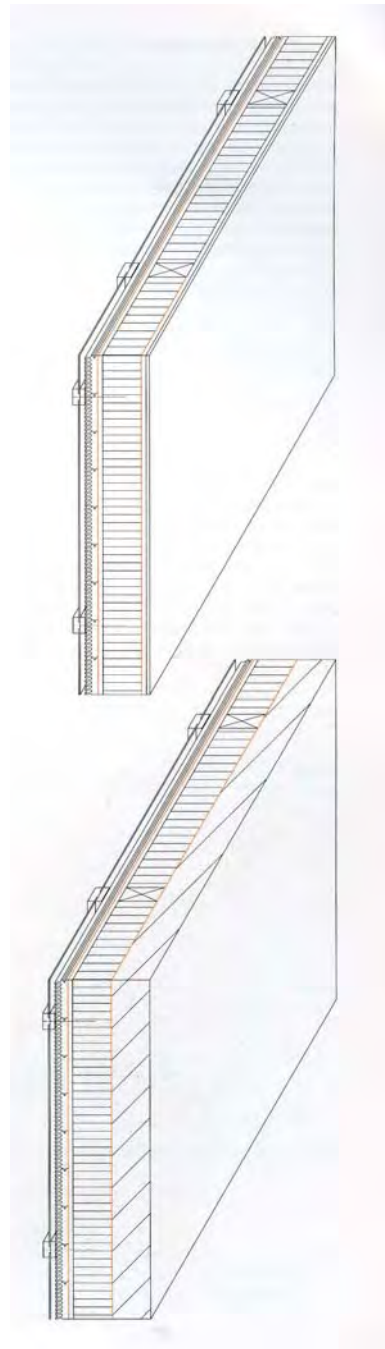
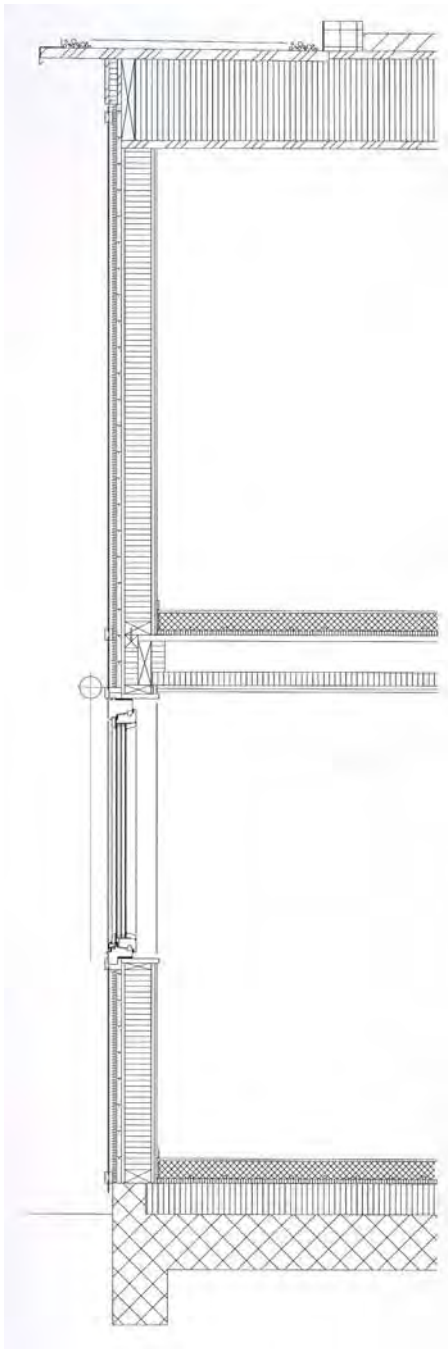
- 1 Solarglas Lucido® 4 mm
- 2 Luftschicht 16mm
- 3 Holzabsorber
- 4 EPDM-Pressleistendichtung 2
- 5 Alu-Pressleiste 50/3
- 6 Holzschraube
- 7 Holzschraube
- 8 Grundprofil Holz-Pfosten 16  
(Empfehlung: vorbohren)
- 9 EPDM-Pressleistendichtung 3
- 10 Windpapier
- 11 Dämmung

## FOTOS



**Lucido® Solar:** Wärmebrückenberechnung Pfosten und Riegel, Funktion und Wandaufbau.  
Grafiken © Lucido®





**Lucido® Solar:** Fassadenschnitt Leichtbau, Axonometrie Leichtbauwand, Axonometrie Massivbauwand, Temperaturverlauf Lucido® Absorber. Grafiken © Lucido®

Energiegewinnung

(Siehe Wärmeschutz der Solarfassade Lucido, Referenzprojekt Sanierung EKZ Hubzelg, Romanshorn)

Schallschutz Rw [dB]**Leichtbau**

Süd-/Ost-/West-Fassade	42-43
Nord-Fassade	43-44

**Massivbau**

Süd-/Ost-/West-Fassade	52-54
Nord-Fassade	52-55

Brandschutz F (30, 90)

k. A.

Kosten / m<sup>2</sup>

EUR 400,- bis 500,- / m<sup>2</sup> (inkl. Dämmung und Unterkonstruktion)

Gestalterische Möglichkeiten

Der Holzabsorber (Lärche oder Tanne) kann naturbelassen oder eingefärbt verwendet werden. Es sind verschiedene Farben möglich, allerdings sollte die gewählte Farbe einen Schwarzanteil von mindestens 50 % haben um eine möglichst gute Absorption zu erreichen. Bei der Holzwahl wird aus Kostengründen meistens Tanne gewählt. Lächenholz wäre aber aufgrund seiner Masse und Langlebigkeit zu bevorzugen.

Die Glashalterung kann aus Holz, Aluminium oder Chromstahl gewählt werden. Auch Glasfassaden mit Silikonfuge oder Gummiprofilen sind auf Anfrage realisierbar.

Ökologische Bewertung / Umweltindikatoren / Bewertung allgemein

„Es werden hauptsächlich nur ökologisch, natürliche Rohmaterialien (Glas, Holz und Aluminium) benutzt, die alle eine lange Lebensdauer haben und mit geringer Grauen Energie hergestellt wurden. Die Systemkomponenten werden mit mechanischen Halterungen einzeln montiert, was den Rückbau in die Bestandteile für den Unterhalt vereinfacht. Die Demontage aller Gläser für eine Generalreinigung und zum auswechseln der Dichtungen wird auf alle 20 bis 30 Jahren empfohlen. Die Glashülle ist sonst unterhaltsarm. Verschmutzungen am Glas werden meistens vom Regen wieder weggespült und stärkere Verschmutzungen können mit herkömmlichen Mitteln einfach gereinigt werden. Die Komponentenkonstruktion lässt sich gut mit existierenden oder anderen opaken Dämmsystemen verbinden. Grosse Flächen sind besonders geeignet, die eine regelmässige Fenstereinteilung haben. Sämtliche Komponenten können entweder problemlos in den Materialkreislauf zurückgeführt werden, oder zur Energiegewinnung schadstofffrei verbrannt werden. Die Lucido® Komponenten lassen einfach auswechseln und mit Neuentwicklungen aufwerten.“ (Nelson / Fent 2009, 27)

Der Massivholzabsorber wird von einer Schweizer Holzbaufirma mit FSC-Holz (Forest Stewardship Council) hergestellt. Das FSC-Label garantiert, dass Holz aus umwelt- und sozialverträglich bewirtschafteten wäldern stammt.

Realisierte Projekte

Seit 1999 wurde das System bei mehr als 40 Gebäuden sowohl im Neubau als auch in der Sanierung erfolgreich eingesetzt. Darunter Ein- und Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, Fabriken, Schulhäuser, Kindergärten, eine Turnhalle und ein Altersheim. Einige dieser Projekte wurden mit Architektur- und Solarpreisen ausgezeichnet.

Referenzliste: [http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Lucido\\_Referenzenliste.pdf](http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Lucido_Referenzenliste.pdf)

## Infos / Literatur

Lichtaktive Glas-Holzfassade. Vier Stadthäuser in Winterthur, Schweiz. In: DETAIL 3/1999, Zeitschrift für Architektur und Baudetail, 391

Nelson, Eric / Fent, Giuseppe: IEA SHC Task 37: Solarfassade für Wohnbau – Erneuerungen mit tiefstem Energieverbrauch - die bauphysikalischen, energetischen und architektonischen Potentiale. Bundesamt für Energie BFE. Schlussbericht, September 2009  
(<http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/index.html?lang=de&publication=10372>)

LUCIDO Solar

### *Informationsbroschüren Download*

<http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Lucido3b.pdf>

[http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Broschuere\\_Architekt.pdf](http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Broschuere_Architekt.pdf)

[http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Lucido\\_Referenzenliste.pdf](http://www.lucido-solar.com/Broschueren/Lucido_Referenzenliste.pdf)

### *Diverse Publikationen*

[http://www.lucido-solar.com/ger\\_bucher.htm](http://www.lucido-solar.com/ger_bucher.htm)

Realisierte Projekte: [http://www.lucido-solar.com/ger\\_portfolio.htm](http://www.lucido-solar.com/ger_portfolio.htm)

## Referenzprojekte (Auswahl)

### **Sanierung RFH Bleisch, Flawil SG**

Gebäudetyp: Mehrfamilienwohnhaus

Adresse / Standort: Flawil SG, Schweiz

Modernisierung / Sanierung:

Massnahmen:

- Nord- und Westseite: Zusatzdämmung mit einer Eternitfassade
- Südseite: Lucido® Fassade mit zusätzlich 4 cm Schafwolle Dämmung
- Innenwände wurden zusätzlich mit 6 cm Schafswolle gedämmt
- PV Anlage auf dem Dach
- Anbau von einem WC/Bad

#### **Produkt**

Lucido® Fassade auf der Südwand. Die Wahl der Lucido® Fassade wurde aus bautechnischen Gründen und aus Kostengründen auf die Südfassade beschränkt. Durch die schlanke Wandkonstruktion des Lucido® Systems konnte der Fassadenvorsprung zum Nachbarn gering gehalten werden (5-6 cm).

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: privat

ArchitektInnen / Projektleiter: Lucido Solar AG, Giuseppe Fent

#### Kontakt

Lucido Solar AG,  
CH-9500 Will, Rudenzburg  
[info@lucido-solar.com](mailto:info@lucido-solar.com),  
[www.lucido-solar.com](http://www.lucido-solar.com)

FOTOS



Lucido® Solar: Sanierung RFH Bleisch, Flawil SG. Fotos © Lucido®

## Sanierung EKZ Hubzelg, Romanshorn

Gebäudetyp: Einkaufszentrum

Adresse / Standort: Bahnhofstrasse 54a, 8590 Romanshorn, Schweiz

Baujahr / Sanierung: 2008

Baukonstruktion Bestand: Beton

Sanierung: Lucido® Fassade

„Auf die Beton-Hülle wurde eine rund zehn Zentimeter dicke Dämmung angebracht. Darauf die eingeschnittenen «Lucido»-Holztafeln und diese wurden schliesslich mit Sicherheitsglas abgedeckt. «Hinter dem Glas in den Holzrillen zirkuliert die Wärme, die auch nur bei geringster Sonneneinstrahlung entsteht», erklärt Alfred Frommenweiler, der für die Migros zuständig ist für Haustechnik und Ökologie. «Diese Solarfassade ist so also nicht nur isolierend, sondern wird quasi aktiv bewirtschaftet.» Ausschlaggebend für diese Lösung sei aber auch die graue Energiebilanz gewesen. «Wir verwenden Holz aus der Region und Glas ist ein Material aus natürlichen Rohstoffen, das wiederverwertet werden kann.» (Tagblatt Online, 15. November 2008; <http://www.tagblatt.ch/ostschweiz/thurgau/romanshorn/wetter/art212,1105500>; 11.03.2011)

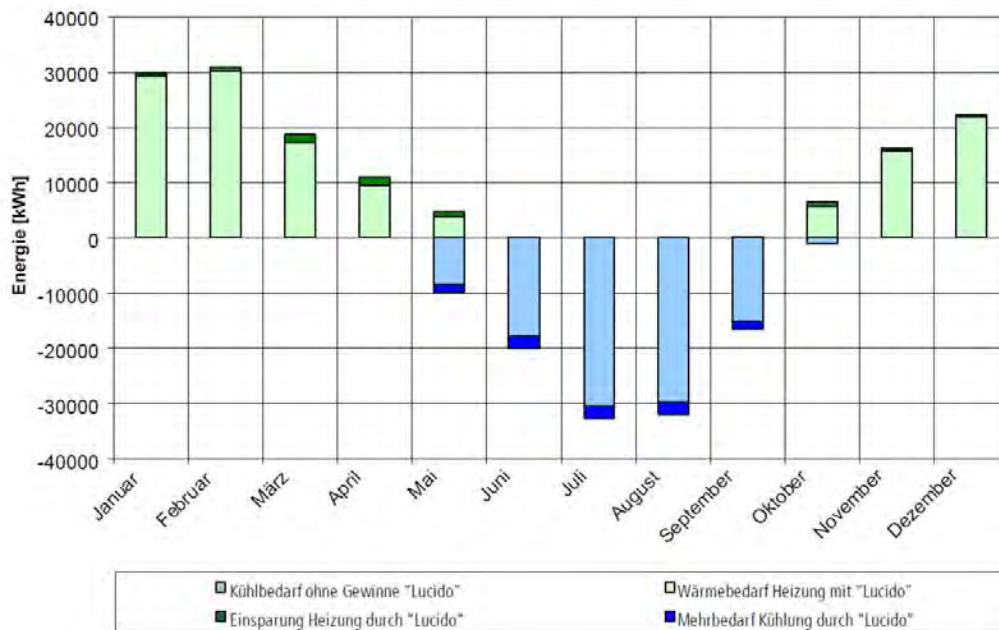
ArchitektInnen / Projektleiter: Lucido Solar AG, Giuseppe Fent

Wärmegewinne „Lucido Fassade“

„Die Wärmegewinne der „Lucido“ Fassade wurden gemäss den Eigenschaften und den Messungen der EMPA der Berechnung vorgegeben. Im Winter können die solaren Gewinne zur Unterstützung der Raumheizung verwendet werden. Im Sommer ist trotz des Prismenglases und den Holzlamellen ebenfalls mit solaren Erträgen zu rechnen. Die „Lucido“-Fassade führt zu einem nutzbaren Wärmegewinn von 6.8 MWh (3% des Wärmebedarfs) und einem erhöhten Kühlbedarf von 9.1 MWh (7.5% des Klimakältebedarfs).“ (REUSS Engenieering: Thermische Simulationsberechnung Sanierung EKZ Hubzelg, Romanshorn, August 2007)

ENERGIEGEWINN LUCIDO FASSADE - AUSWERTUNG							
Quellen:		ENBI 380/1 Version 6.1 Ausgabe 31.8.07 LUCIDO® Berechnungen vom 17.8.2007					
<b>Fassadenflächen</b>							
		Gesamt Fläche	Fläche Lucido® (in m2)				
			NE	NW	SE	SW	total
Bauteil 1	Fassade 1976 (30)	337,5	61,5	202,9	73,1	-	
Bauteil 2	Fassade 1976 (20)	546,2	223,7	-	322,5	-	
Bauteil 4	Fassade 1993 (10)	326,7	63,8	71,9	66,9	124,1	
Bauteil 5	Fassade 1993	682,6	99,0	73,3	55,1	455,2	

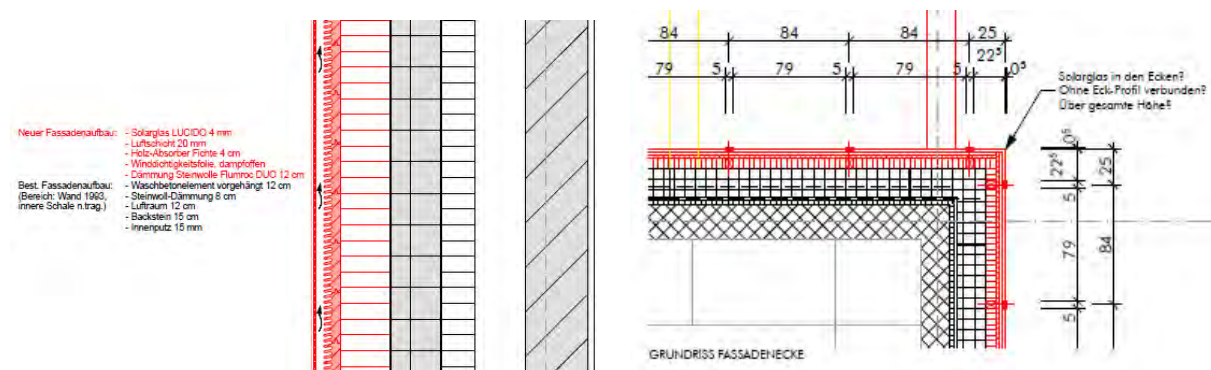
(1)	1.893,0	448,0	348,1	517,6	579,3	1.893,0
EBF	15027,8 m2					
HGT	3668					
Stunden	24					
<b>1. Energieverlust über die Heizperiode konventionell * gedämmte Minergie Wand</b> * Best. Fassade gedämmt auf U= 0.18W/m2K mit Streckmetall abgedeckt						
Wärmeverlust	29996 kWh/a					
<b>2. Energieverlust mit LUCIDO® Fassade</b>						
Wärmeverlust	11654 kWh/a					
<b>3. Energiegewinn durch LUCIDO® Fassade (Bilanz zwischen 1. und 2.)</b>						
Diff. Wärmeverluste	18342 kWh/a					



**Lucido® Solar, Sanierung EKZ Hubzelg:** Endenergiebedarf für Wärme und Kälte sowie Einfluss der „Lucido“-Fassade

Grafik © REUSS Engineering

FOTOS





## Solarsiedlung Zielstrasse in Winterthur (NEUBAU)

Gebäudetyp: Hausgruppe aus vier freistehenden Einfamilienhäusern

Adresse / Standort: Zielstrasse, Winterthur, Schweiz

Baujahr / Errichtung: 1998/99

Baukonstruktion: Lucido® Fassade

### Produkt

Fassadenkonstruktion: „Kernstück der Fassadenkonstruktion sind horizontal eingeschitzte Massivholzplatten, in deren Nuten durch Sonnenenergie die stehende Luftschicht erwärmt wird. Der massive Teil dieser blockverleimten Platten nimmt die Wärme auf, speichert sie und gibt sie zeitverzögert an den Innenraum ab. Je nach Anteil diffuser und direkter Solarstrahlung werden in Abstimmung auf die unterschiedlichen Himmelsrichtungen der Winkel und die Form der Einschnitte variiert. ...“ (DETAIL 3/1999, 391)

ArchitektInnen / Projektleiter: Lucido Solar AG, Giuseppe Fent

### FOTOS



**Lucido® Solar:** Solarsiedlung Zielstrasse in Winterthur (NEUBAU). Fotos © Lucido®

## Solarsiedlung Hofberg 1-3 in Will (NEUBAU)

Gebäudetyp: Mehrfamilienwohnhäuser (ausgezeichnet mit dem schweizerischen Solarpreis 2006)

Adresse / Standort: Hofberg, 9500 Will, Schweiz

Baujahr / Errichtung: 2004 bis 2006

Baukonstruktion Bestand: Lucido® Fassade

Zertifizierung Label Minergie-P, 05.01.2009

Heizung 100% Wärmepumpe Erdwärmesonde

Warmwasser 100% Wärmepumpe Erdwärmesonde

Neubau Wohnen MFH (647m<sup>2</sup>)

ArchitektInnen / Projektleiter: Lucido Solar AG, Giuseppe Fent

### Infos

<http://www.minergie.ch/buildings/de/details.php?gid=SG-010-P>

<http://www.lucido-solar.com/pdf/pdf21.pdf>

### FOTOS



**Lucido® Solar:** Solarsiedlung Hofberg 1-3 in Will (NEUBAU). Fotos © Lucido®

## X BIPV-Module in Dünnschichttechnologie

### Einführung

Die Erzeugung von Strom mittels photovoltaischer Zellen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Um damit allerdings eine energiewirtschaftlich relevante Dimension an Strom zu erzeugen sind optimierte Solarzellen – die höchste Leistung pro eingesetztem Gramm Silizium erreichen – sowie alternative Materialien und Solarzellenkonzepte gefragt. Die konventionellen Silizium-Wafer-Solarzellen, mit einem überwiegenden Marktanteil von mehr als 80 Prozent, haben aus Kostengründen und knapper Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Silizium nur ein begrenztes Entwicklungspotenzial. Mit einem Wirkungsgrad von 15,0 Prozent (polykristalline Solarzellen) bzw. 16,5 Prozent (monokristalline Solarzellen) wird bei üblich im Handel erhältlichen Solarzellen Sonnenlicht in Strom umgewandelt. Höhere Wirkungsgrade bis 20 Prozent und mehr sind bei optimalen Bedingungen und innovativen Produkten im Einzelfall bereits möglich.

Die Effizienz von Solarzellen bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten zu erhöhen setzt stark auf neue Technologien der Materialminimierung. Erfolgversprechende Fortschritte gab es in den letzten Jahren in der Dünnschichttechnologie. Dazu sind bisher drei Produktionstechniken geläufig: amorphe/mikrokristalline Siliziumtechnik, CdTe-basierte Technik und die Kupfer-Indium-Selenid (Sulfid)-Technik, kurz CIS-Technologie. Während Erstere technologisch am weitesten entwickelt sind können bei CIS-Modulen die höchsten Wirkungsgrade erwartet werden. Am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) ist die Produktion von Dünnschichtsolarzellen mit einem Spitzenwirkungsgrad von 20,3 Prozent gelungen. Bei der Dünnschichttechnik sind die photoelektrisch aktiven Schichten nur wenige Millimeter dick. Die Herstellung erfolgt mittels großflächig angewendeter Dünnschichttechnik. Dabei werden dünne Schichten auf ein Trägermaterial wie Glas oder flexible Folien aus Kunststoffen oder Metall aufgebracht. Die damit eröffnete Möglichkeit zur flexiblen Anpassung an vielfältige Formen lässt auch eine verstärkte Anwendung in der Gebäudeintegration erwarten.

Die Photovoltaikfassade bringt sowohl konstruktive als auch wirtschaftliche Synergieeffekte. Module können in eine Pfosten-Riegel-Konstruktion eingesetzt oder als Vorhangschale bei einer massiven Konstruktion angeordnet sein. Nachdem der Wirkungsgrad mit zunehmender Zelltemperatur abfällt sind hinterlüftete Konstruktionen sinnvoller. Bei hoher Sonneneinstrahlung erwärmen sich die Module je nach Einbausituation auf Temperaturen von bis zu 80 °C. Die Leistung reduziert sich mit jedem Grad über der Normtemperatur von 25 °C. Eine gute Hinterlüftung ist daher von Vorteil. Nicht hinterlüftete oder wärme gedämmte Elemente liefern bis zu 10 % weniger Stromertrag als völlig frei durchströmte PV-Module.

### Forschungsprojekte

#### **BIPV-CIS Gebäudeintegrierte PV-Module auf der Basis von CIS-Dünnschichttechnologie**

(Improved Building Integration of PV by using Thin Film Modules in CIS Technology)

Forschungsthema / Produkt: „Innerhalb des Projektes werden gestalterische und konstruktive Fragen zur Gebäudeintegration von Photovoltaikanlagen mit dem Ziel untersucht, die Akzeptanz und Verbreitung solcher Systeme im Neu- und Altbau zu verbessern. Viele der bereits bestehenden Gebäude integrierte Anlagen weisen gestalterische Lösungen auf, die mit dem Gebäude und der Umgebung im Widerspruch stehen. Ein europäischer Überblick über Potentiale und Anforderungen an Gebäude integrierte PV-Komponenten bildet den Ausgangspunkt für die Entwicklung von Modulen, die über das bisherige fensterähnliche Erscheinungsbild hinausgehen. Architekten, Ingenieure und Unternehmen erarbeiten gemeinsam neue Lösungen auf der Basis von Photovoltaik-Modulen in Dünnschichttechnologie für die Konstruktion von Dachziegeln, Überkopferverglasungen und Fassadenelementen, die in die Gebäudehülle eingepasst sind. Die Arbeit umfasst die Fabrikation von Prototypen und Fassadenmustern mit entsprechenden Tests und Bauteilversuchen. Das Ergebnis des Projektes werden gebäudeintegrierte PV-Systeme mit erprobten Fertigungsszenarien sein.“ (<http://tu->



dresden.de/die\_tu\_dresden/fakultaeten/fakultaet\_bauingenieurwesen/bauko/forschung/bipv.  
02.06.2010)

**Projektlaufzeit:** 2004-2007

Infos / Literatur

CIS-Module im Freifeld-Test. In: ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung) Jahresbericht 2006. 27 – 28 ([http://jahresbericht.zsw-bw.de/jb2006/pdf/cis\\_module\\_freifeld\\_test.pdf](http://jahresbericht.zsw-bw.de/jb2006/pdf/cis_module_freifeld_test.pdf), 05.01.2011)

Dünnschicht-Photovoltaik: Technologietransfer am ZSW. In: ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung) Jahresbericht 2006. 14 – 26 ([http://jahresbericht.zsw-bw.de/jb2006/pdf/duennschicht\\_photovoltaik.pdf](http://jahresbericht.zsw-bw.de/jb2006/pdf/duennschicht_photovoltaik.pdf), 05.01.2011)

Geyer D. / Mohring, H.-D. / Schröder, S. / Springer, J. / Rexroth, S. / Schäffler, R.: Influence of the Cover Glass on the Performance and Visual Appearance of Thin Film CIS Modules. In: Proceedings; 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition; Barcelona 2005. 2514 – 2517

Kessler, Friedrich / Scheer, Roland / Köntges, Marc: Neue Chalkopyrit (CIS)-Dünnschicht-Solarzellen – flexibel, leicht, effektiv. In: ForschungsVerbund Sonnenenergie, Themenheft 2003: Photovoltaik – Neue Horizonte. ([http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2003/th2003\\_03\\_04.pdf](http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2003/th2003_03_04.pdf), 05.01.2011)

Weller, B. / Rexroth, S.: Hochschule – Glas und Energie an der Technischen Universität Dresden. In: Glas 5/2005. 76 – 78

Weller, B. / Rexroth, S.: Bauen mit Licht. In: Solares Bauen. Special edition of the magazine Sonnenenergie. 2005. 19 – 26

Weller, B. / Rexroth, S.: Material wirkt – Neue Entwicklungen an der Fassade. In: Detail 11/2005. 1292 – 1298

BIPV-CIS  
<http://bipv-cis.info>

TU Dresden  
[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_bauingenieurwesen/bauko/forschung/bipv](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_bauingenieurwesen/bauko/forschung/bipv)

Kontakt

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)  
Hans-Dieter Mohring / Dieter Geyer et. al  
D-70565 Stuttgart Industriestraße 6  
0049 (0)711 78 70-0  
[hans-dieter.mohring@zsw-bw.de](mailto:hans-dieter.mohring@zsw-bw.de)  
[info@zsw-bw.de](mailto:info@zsw-bw.de)  
<http://www.zsw-bw.de>

Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Baukonstruktion  
Bernhard Weller (Projektleiter) / Susanne Rexroth / Jan Wünsch  
D-01069 Dresden, Mommsenstraße 13  
[rexroth@bauko.bau.tu-dresden.de](mailto:rexroth@bauko.bau.tu-dresden.de)  
<http://tu-dresden.de>

FOTOS

**Gebäudeintegrierte Dünnschicht PV-Module:** Farb- und Oberflächeneffekte, semitransparent laminierte und opake Module.  
Fotos © BIPV-CIS

## **PV.VH-Fassaden – Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaik-elementen**

### Forschungsthema / Produkt:

Im Projekt PV.VH-Fassaden wurde die Photovoltaik-(PV) Dünnschichttechnologie weiter adaptiert für Kompositpaneelen zum Einsatz in vorgehängten, hinterlüfteten (VH) Fassaden. Das Institut für Baukonstruktion der TU-Dresden entwickelte gemeinsam mit den Industriepartnern StoVerotec und Würth Solar ein neuartiges Fassadenbauteil. „Dabei sind PV-Dünnschichtmodule mit einer Trägerplatte aus geschäumtem Recyclingglas vollflächig verklebt und lassen sich mit rückseitigen Tragprofilen in die Unterkonstruktion einhängen. Ihre homogen schwarze, blaue, grüne, rote, gelbe oder weiße Oberfläche ohne sichtbare Befestigung bietet große Anwendungspotenziale in der Architektur, besonders auch für die Sanierung von Altbauten. Individuelle Dämmstoffdicken auf der dahinter liegenden Außenwand gewährleisten den gewünschten Wärmeschutzstandard. (<http://baublog.tu-dresden.de/index.php/2009/09/photovoltaik-systemfassade-forschungsergebnisse-rasch-in-die-praxis-umgesetzt>. 02.06.2010)

Ergänzend dazu erschienen ist ein kompakter Leitfaden über Planung und Wirtschaftlichkeit von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen. (Weller u. a. 2009)

**Projektlaufzeit:** 2006-2008

### Infos / Literatur

Hemmerle, Claudia / Rexroth, Susanne / Weller, Bernhard: Solare Potenziale. Solarenergienutzung – TEIL 1: Photovoltaik zur Stromerzeugung. In: db-deutsche bauzeitung 08/2007, 62 – 67

Weller, Bernhard / Hemmerle, Claudia / Jakubetz Sven / Unnewehr Stefan: Photovoltaik. Technik, Gestaltung, Konstruktion. Edition DETAIL. München 2009

TU Dresden

[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_bauingenieurwesen/bauko/forschung/pv\\_vh](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_bauingenieurwesen/bauko/forschung/pv_vh)

Würth Solar

<http://www.wuerth-solar.de>

### Kontakt

Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Baukonstruktion  
Bernhard Weller (Projektleiter) / Susanne Rexroth  
D-01069 Dresden, Mommsenstraße 13  
0049 (0) 351 463-34845  
Bernhard.Weller@tu-dresden.de; rexroth@bauko.bau.tu-dresden.de  
[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_bauingenieurwesen/bauko](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_bauingenieurwesen/bauko)

Würth Solar GmbH & Co.KG,  
Raymund Schaeffler (Produktmanager)  
D-71672 Marbach am Neckar, Reinhold-Würth-Straße 4  
raymund.schaeffler@we-online.de  
<http://www.wuerth-solar.de>

## CIS -Dünnschicht-Solarzellen- / PV-Fassaden-Module

### **StoVerotec Photovoltaic - ARTLine Invisible (Würth)**

Die konkrete Anwendung der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „PV.VH-Fassaden – Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaik-elementen“ mündete in der Produktion eines Photovoltaik-Fassadensystems. Dieses Fassadensystem wird nun von Würth Solar unter dem Namen „ARTLine Invisible“ und „StoVerotec Photovoltaic“ über die Firma StoVerotec vertrieben.

Die „GeneCIS“-Module der Firma Würth Solar werden auf eine Trägerplatte geklebt die in eine Unterkonstruktion eingehängt wird. Daraus ergibt sich ein homogenes Erscheinungsbild der Gesamtfassade mit nicht sichtbaren Befestigungselementen. Das System kann mit anderen Oberflächen wie Glas-, Naturstein- oder Putzflächen kombiniert werden. Zusätzlich stehen Module in verschiedenen Farben - rot, grün, gelb, blau und weiß - zur Auswahl.

Die Paneele basieren auf der dünn-schichtigen CIS-Technologie. Bei der CIS-Technologie werden Solarmodule hergestellt, deren lichtempfindliche Schicht nur wenige Mikrometer dick ist. Diese Schicht besteht aus den photoelektrisch aktiven Materialien Kupfer, Indium und Selen (CuInSe<sub>2</sub>), die auf einfaches Fensterglas aufgetragen werden. CIS steht als Abkürzung für diese Elemente. Entwickelt wurde die CIS-Dünnschicht-Technologie vom Institut für physikalische Elektronik der Universität Stuttgart und dem Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung (ZSW) in Stuttgart. Die Forschungsergebnisse des ZSW mündeten 2000 in den Aufbau der Pilotfertigung durch die Würth Solar GmbH & Co. KG, einem Gemeinschaftsunternehmen der Würth Gruppe, der EnBW und des ZSW.

Ein wesentlicher Vorteil von CIS-Solarmodulen gegenüber Solarmodulen auf Silizium-Basis ist neben dem Kostenfaktor ihre flexible Anwendung in der Fassade. Derzeit werden die Module getestet. Ein Testobjekt wurde in Reutlingen, Deutschland, errichtet. Darüber hinaus liegen zum momentanen Zeitpunkt noch keine fertigen Prüfzeugnisse oder Zulassungen vor.

### Infos / Kontakt

StoVerotec GmbH  
D-89415 Lauingen/Donau Hanns-Martin-Schleyer-Straße 1  
0049 (0) 9072 990-0  
infoservice.stoverotec@stoeu.com  
[www.stoverotec.de](http://www.stoverotec.de)

Würth Solar GmbH & Co.KG,  
D-71672 Marbach am Neckar, Reinhold-Würth-Straße 4  
0049-(0)791 946 00-0  
wuerth-solar@we-online.de  
<http://www.wuerth-solar.de>

## DETAILS / Technische Daten / Bauteilkennwerte

### Kosten / m<sup>2</sup>

Ca. 1.300.- EUR / m<sup>2</sup>

### Gestalterische Möglichkeiten

Die Fassadenpaneele basieren auf der dünn-schichtigen CIS-Technologie. Sie zeigen eine feine Nadelstreifenoptik und können unterschiedlich eingefärbt werden. Die Module stehen neben schwarz auch in den Farben rot, grün, gelb, blau und weiß zur Auswahl. Wegen der höheren Lichtreflexion muss bei farbigen Gläsern allerdings ein geringerer Wirkungsgrad in Kauf genommen werden. Es gilt: Je dunkler die Farbe, desto höher der Leistungsverlust.

Das System kann mit anderen Oberflächen wie Glas-, Naturstein- oder Putzflächen kombiniert werden.

### Konstruktion

#### **Anwendung**

- Auf allen tragfähigen massiven Verankerungsgründen: Mauerwerk, (Beton, Kalksandstein, Ziegel, Porenbeton), Plattenbau (Dreischichtplatten)
- Eignung für Neubauten und Sanierung
- Ausgleich von Unebenheiten durch flexible Unterkonstruktion

#### **Vorfertigung**

Werkseitig vorgefertigte Module, die Module werden komplett vorbereitet und mit der Trägerplatte verklebt geliefert, auf der Baustelle in die Unterkonstruktion eingehängt und verkabelt.

#### **Montage**

Die Montage erfolgt durch einhängen in die Unterkonstruktion. Die Elemente lassen sich auf die verschiedensten Baumaterialien wie z.B. Beton, Stahl etc. montieren.

#### **Befestigung / Statik**

Agraffenhalterung, verstellbare Aluminium-Unterkonstruktion, einfache, nicht einsehbare elektrische Verkabelung im Lüftungsspalt zwischen den Bauteilen.

#### **Leistung (CIS)**

80 Watt pro Modul

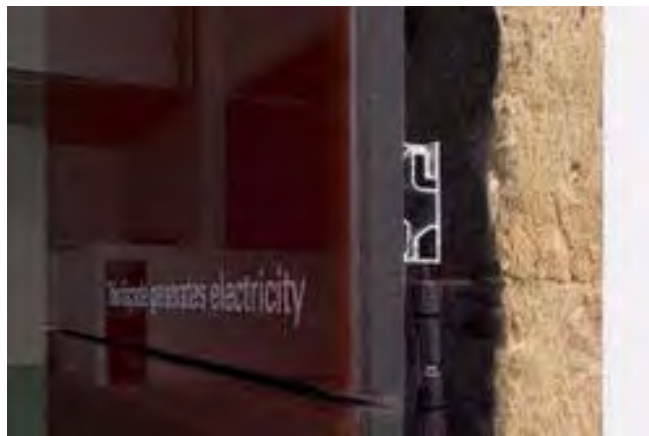
#### **Elementgrößen**

Abmessungen: 600 x 1200 mm, 1200 x 600 mm,  
Dicke des Moduls mit Trägerplatte ca. 33 mm

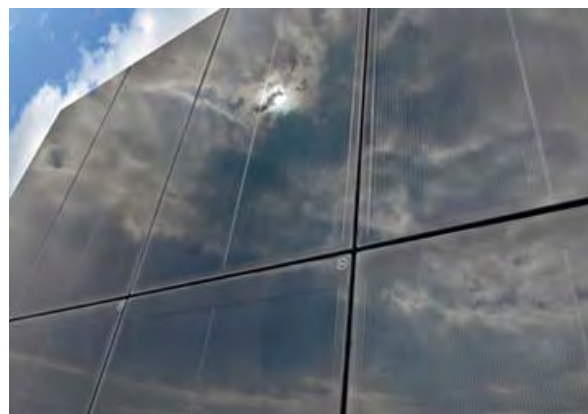
### Wartung

Die Elemente können für Wartungs- und Reparaturarbeiten einzeln ausgetauscht werden. Der Luftspalt zwischen Dämmung und Paneelen erlaubt den einfachen, nicht sichtbaren elektrischen Anschluss an das Stromnetz.

FOTOS



**PV.VH-Fassade**modul: Prototyp eines innovativen Verbundpaneels, Messe-Exponat einer PVVH-Fassade, Schichtenaufbau der PVVH-Fassade. Fotos © TU-Dresden



**StoVerotec Photovoltaic**: Fassadenpaneel Modell, realisierte Testfassade. Grafiken, Fotos © StoVerotec



**StoVerotec Photovoltaic Testobjekt**: Manz Automation AG, Reutlingen/Deutschland, Architekt: HANK + HIRTH Freie Architekten Fotos © Oliver Starke

## Realisierte Projekte (Auswahl)

### Erweiterungsbau München / CIS-Dünnschichtmodule

Gebäudetyp: Bürogebäude und Maisonettewohnung, Umbau und Erweiterung eines Rückgebäudes (Hinterhofgebäude)

Adresse / Standort: D-81371 München, Blütenburgstraße 44

Baujahr / Errichtung: k. A.

Baukonstruktion Bestand: k. A.

Modernisierung / Sanierung: Erweiterung 2004

„Im innerstädtischen Kontext von kleinteiligen Hinterhöfen, Brandwänden und dichten Kommunbebauungen entsteht aus einem alten, auffälligen Gewerbebau ein viergeschossiger Terrassenbau mit einer Bürofläche von 305,0m<sup>2</sup> im EG/1. OG und einer Maisonettewohnung von 185,0 m<sup>2</sup> im 2. OG/3. OG.

Die Ausrichtung des Gebäudes mit seinen Hauptfunktionen nach Süden und Westen ermöglicht eine markante, gegliederte Fassade aus Betonschotten und großflächigen Glaselementen. Die Nordfassade mit geschlossener Brandwand reduziert sich in den oberen Geschossen durch die Nebennutzungen auf schmale Fensterschlitze.

Die Erweiterung des Gebäudes erlaubt es, eine neue, einheitliche Fassadengestaltung zu schaffen. Die Fassadenmaterialien beschränken sich auf Fenster und Sonnenschutzschiebeladenelemente aus Bronze Eloxal Aluminium, Photovoltaikpaneele und lasierte Betonfertigteileplatten.“

([http://www.muenchenarchitektur.com/index.php4?sessionid=28de6e6ab6bd6c5ed8a5e42ee7ff993b&lang=1&p\\_id=7&aACTION=aARTICLE&aID=1789,04.06.2010](http://www.muenchenarchitektur.com/index.php4?sessionid=28de6e6ab6bd6c5ed8a5e42ee7ff993b&lang=1&p_id=7&aACTION=aARTICLE&aID=1789,04.06.2010))

#### Produkt

Sonnenschutzschiebeladenelemente mit CIS-Dünnschichtmodulen; CIS-Dünnschichtmodule fangen besonders gut diffuse Strahlung ein.

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Kulle und Hofstetter

ArchitektInnen / Projektleiter: a+p Architekten

#### Infos

Hemmerle, Claudia / Rexroth Susanne / Weller, Bernhard. Solare Potenziale. solarenergienutzung – TEIL 1: Photovoltaik zur Stromerzeugung. In: db-deutsche bauzeitung 08/2007, 62-67

#### Kontakt

a+p Architekten  
D-81371 München, Kapellenweg 6  
0049 (0) 89 7413 03 – 0  
info@ap-architekten.de  
www.ap-architekten.de

#### FOTOS



**Erweiterungsbau München:** Sonnenschutzschiebeladenelemente mit CIS-Dünnschichtmodulen.  
Foto © a+p Architekten

## Sulfurcell Solartechnik GmbH, Berlin (NEUBAU)

Gebäudetyp: Sulfurcell-Firmensitz

Adresse / Standort: Berlin

Baujahr / Errichtung: 2009

Baukonstruktion Bestand:

### Produkt

PV-Dünnschichtmodule: „Durch die mehrteilige Unterkonstruktion, die an der tragenden Gebäudewand befestigt wird, kann das System jegliche Veränderung der bauphysikalischen Parameter wie Dämmungsdicke und Hinterlüftungsquerschnitt aufnehmen und sogar unebene Untergründe wie bei Sanierungen können ausgeglichen werden.“

Konstruktion: vorgefertigte hinterlüfteter Blechkassetten-Fassade mit rahmenlosen PV-Modulen aufgeklebt (1,25 x 0,65 m großen Module)

ArchitektInnen / Projektleiter: Entwurf: krehl.girke architekten, Konstanz; Fassadenbauunternehmen: Goldbeck-Bau.

### Infos

DETAIL

[http://www.detail.de/artikel\\_sulfurcell-berlin-krehl-girke\\_25307\\_De.htm](http://www.detail.de/artikel_sulfurcell-berlin-krehl-girke_25307_De.htm)

krehl.girke architekten

<http://krehl.girke.de/#/projekte/Solarfabrik-Berlin>

### Kontakt

krehl.girke architekten

D - 78467 Konstanz, Theodor-Heuss-Straße 9

e-mail [info@krehl.girke.de](mailto:info@krehl.girke.de)

<http://krehl.girke.de>

## surPLUShome TU-Darmstadt, Beitrag Uni-Wettbewerb (NEUBAU)

Gebäudetyp: Einraum-Wohnhaus, Siegerbeitrag Solar Decathlon 2009, Washington

Adresse / Standort: Washington

Baujahr / Errichtung: 2009

Baukonstruktion Bestand:

### Fassade

Sonnenschutz: „Die Fassade regelt Lichtbedarf, Wärmebedarf, Kühlbedarf sowie Sicht- und Blendschutz. Zwei Sonnenschutzsysteme liefern dabei unterschiedliche Arten der Verschattung. Das Lamellen-System bietet mit integrierten Photovoltaik-Elementen zur Energieerzeugung gleichzeitig Sonnenschutz (fc-Faktor bis zu 0,02) und Lichtlenkung, denn dank rückseitiger Verspiegelung ist eine dauerhafte Fensterwirkung auch in geschlossenem Zustand gewährleistet. Das im Scheibenzwischenraum integrierte Jalousie-System ist nicht solar-aktiv (fc-Faktor bis zu 0,08).“ (DBZ 01/2010, 86 „Das Kraftwerk. Siegerbeitrag Solar Decathlon 2009, Washington“, 87)

Heiz- und Kühlbedarf durch PCM thermisch optimiert: Gipskartonplatten mit PCM (Paraffinzusatz) an der Innenwand und Kühldecke auf Salz-Hydratbasis (in den Hohlräumen der Deckenkonstruktion);

Gebäudehülle: Maximale solare Energiegewinne,

*Dach:* hocheffiziente monokristalline Photovoltaikmodule (Silizium-Zellen), Wirkungsgrad 18%

### Produkt

Fassade: Dünnschicht CIS-Module, Wirkungsgrad 11%, Nutzung selbst diffuser Strahlung, daher auch auf der Nordfassade sinnvoll

Eigentümer / Hausverwaltung / Auftraggeber: Wettbewerb Solar Decathlon / Technische Universität Darmstadt

ArchitektInnen / Projektleiter: (Studenten)Team Germany, TU-Darmstadt, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Prof. Manfred Hegger

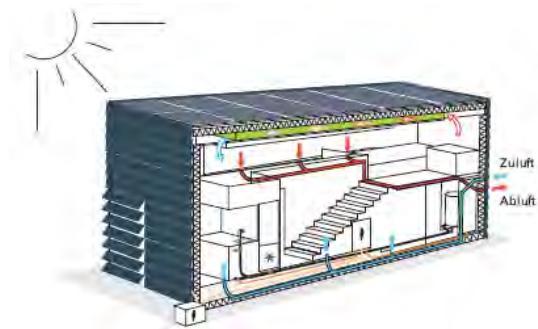
### Infos

Das Kraftwerk. Siegerbeitrag Solar Decathlon 2009, Washington. In: DBZ-Deutsche Bauzeitschrift, Energie spezial 01/2010, 86

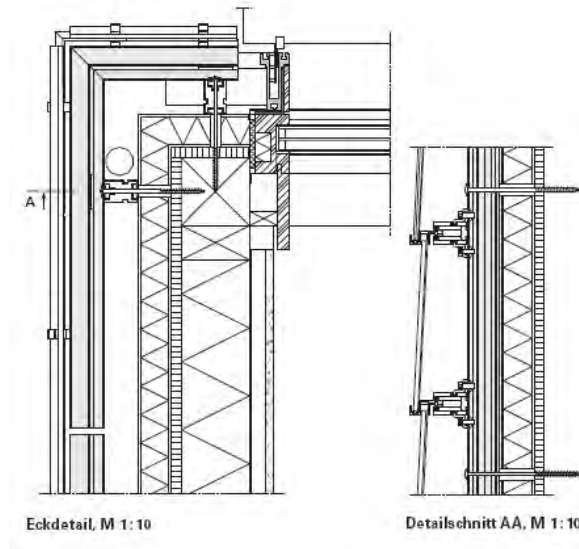
### Kontakt

Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur  
 Entwerfen und Energieeffizientes Bauen  
 D-64287 Darmstadt, El-Lissitzky-Str.1  
 0049-6151 16-6544  
 hegger@ee.tu-darmstadt.de

### FOTOS



Energia-Konzept



**surPLUShome TU-Darmstadt:** Energiekonzept und Detailschnitt, Gesamtansicht.  
 Grafik, Fotos © TU-Darmstadt

## News / Produkte

### **Photovoltaik im Fassadenverbund**

„In einem neuen Fassaden-System werden rahmenlose Photovoltaik-Module mit Aluminiumverbundtafeln kombiniert: Mit *Alucobond photovoltaic* können die PV-Module bündig zu den benachbarten Fassadenplatten montiert, am Rahmen der üblichen Unterkonstruktion befestigt und einfach mit vorgefertigten Steckerkabeln verbunden werden. Durch die verschiedenen Größen und Farben der Aluminiumverbundplatten ergeben sich viele Kombinationsmöglichkeiten von Aluminium und Photovoltaik.

Als PV-Module stehen zwei Varianten zur Verfügung:

Die **monokristallinen Module** sind 1.654 mm x 829 mm groß, haben ein Gewicht von 19,0 kg und verfügen über eine hohe Nennleistung von 195 Wp pro Modul. Sie sind leicht strukturiert und anthrazitfarben.



Die **CIGS Dünnschicht-Module** (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid) sind 1.196 mm x 636 mm groß, haben ein Gewicht von 14,5 kg und verfügen „nur“ über eine Nennleistung 75 Wp pro Modul. Sie bilden jedoch eine schwarze, homogene Oberfläche und passen damit optisch gut zu ihren benachbarten Aluminiumplatten.“ ([http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News\\_37154.html](http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News_37154.html), 04.06.2010)

Hersteller / Anbieter des Systems: Alcan, Singen

Hersteller PV-Module: Hawi Energietechnik, Eggenfelden

## **Dünnschicht-Solarmodul auf Baustahlfolie**

„Dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Baden-Württemberg ist es gelungen, ein funktionstüchtiges flexibles Dünnschicht-Solarmodul auf einer 0,5 mm dünnen Baustahlfolie herzustellen. Das nur 50<sup>2</sup> cm große Minimodul aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) erreichte einen Wirkungsgrad von 8,6 Prozent. Baustahl ist um den Faktor zwei bis drei Mal günstiger als bisherige Trägermaterialien aus Edelstahl oder Polyimidfolien und hat somit ein hohes Kostensenkungspotential.

Der Vorteil von **CIGS- Dünnschichttechnik** liegt in der monolithischen Verschaltung der Einzelzellen zum Modul. Bei der Herstellung wird die Vorderseite der Zelle direkt mit Rückseite der nächsten Zelle in Serienschaltung verbunden und somit die zusätzliche metallische Verbindungen, die bei kristallinen Siliziumsolarzellen nötig sind, vermieden.

Um das Eindringen von Fremdelementen zu verhindern hat das Leibniz-Institut für Neue Materialien (INM) in Saarbrücken in Zusammenarbeit mit der ZSW eine wenige Mikrometer dünne Isolations- und Diffusionsbarriere entwickelt.“ ([http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News\\_37154.html](http://www.baunetzwissen.de/index/Solar-News_37154.html), 04.06.2010)

Hersteller: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart

**plusFASSADEN – TEIL III**  
**Wärmebrückenberechnungen**

IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie  
Thomas Zelger, Felix Heisinger

# Wärmebrückenberechnungen ausgewählter Systeme

## Allgemeines

### Methode

Die Berechnung erfolgt anhand einer 2-dimensionalen Wärmebrückenberechnung gemäß EN ISO 10211 und EN ISO 13370, die Berechnung von Fenstern gemäß ÖNORM EN 10077. Es wird das Programmpaket - AnTherm (c)T.Kornicki - verwendet.

### Annahmen, Kennwerte

Für die Baustoffe wurde mit den folgenden Kennwerten gerechnet:

<u>Baustoff</u>	<u>Wärmeleitfähigkeit [W/mK]</u>
Mineralwolle	0.04
Holz	0.13
OSB-Platte	0.13
Stahlbeton	2.30
Gipsfaserplatte	0,32
Zellulose	0,04
Holzfaserdämmplatte	0,05
Purentit	0,09
Estrichbeton	1,40
Fertigparkett	0,17
Aluminium	200
PU-Schaum	0,05
Sand-Kies Schüttung	0,70
Schafwolle Trittschalldämmung	0,04
Silikon	0,38
Stahl	50
XPS	0,04
Zeolith	0,13
Hartfaserplatte	0,40
Holzspäne	0,05

#### Wärmeübergangswiderstände Wärmebrückenberechnung:

R <sub>Si</sub>	(innen)	0,13 m <sup>2</sup> K/W
R <sub>Si</sub>	(innen Ecken gemäß ÖNORM EN ISO 10077)	0,25 m <sup>2</sup> K/W
R <sub>SE</sub>	(außen)	0,04 m <sup>2</sup> K/W

#### Wärmeübergangswiderstände Berechnung Temperaturfaktor (Schimmelpilzrisiko):

R <sub>Si</sub>	(innen)	0,25 m <sup>2</sup> K/W
R <sub>Si</sub>	(Fenster gemäß ÖNORM B 8110-2)	0,13 m <sup>2</sup> K/W
R <sub>SE</sub>	(außen)	0,04 m <sup>2</sup> K/W

#### Bedingungen für graphische Darstellung:

T <sub>Innen</sub>	20 °C
T <sub>Aussen</sub>	-10 °C
T <sub>Keller</sub>	10 °C

## Funktionale Einheit/U-Wert Berechnung

Um eine durchgehende Vergleichbarkeit zu erlangen, werden die Aufbauten auf den Passivhausstandard angepasst. Wärmedurchlasswiderstände wurden den funktionalen Einheiten gemäß [IBO 2010] entnommen. Die bestehenden Bauteile werden daher in der Wärmebrückenberechnung nur in ihrem konstruktiven Aufbau, allerdings nicht mit den originalen Dämmstärken berücksichtigt.

Es werden die folgenden Wärmedurchlasskoeffizienten ohne Altbestand angesetzt:

Außenwände (ohne Bestand)	U=	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Dächer (ohne Bestand)	U=	0,11 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	U <sub>F</sub> =	0,77 W/m <sup>2</sup> K
	U <sub>G</sub> =	0,70 W/m <sup>2</sup> K
	Psi <sub>Glasrand</sub> =	0,032 W/mK
	U <sub>W</sub> =	0,70 W/m <sup>2</sup> K (Normfenster)

**Anmerkung:** Die gewählten Dämmstärken richten sich nicht nach den erhältlichen Standarddämmstärken. Die Dimensionen der Tragstruktur wurden, wenn nicht anders vermerkt, nicht verändert. Bauteile, die nicht saniert wurden, werden im Bestandsaufbau berücksichtigt (z.B. Kellerdecke Remscheid).

<u>Bauteilschicht</u>	<u>Wärmeleitfähigkeit</u> W/mK	<u>Stärke</u> mm
<b>II Holzrahmenelemente vorgefertigt, Bruckmühl</b>		
<i>Außenwand</i>		
Hohlraum für Bautoleranz Bestand	-	0
Zellulose/TJI Träger I=0.13W/mK, 3.6%	0.04	275
Holzfaserdämmplatte	0.05	50
Gewebespachtel/Dünnputz	1.4	8
Luftschicht	-	0
Fassadenverkleidung (variabel)	-	0

### IV TES EnergyFacade, vorgehängte Holztafelelemente, hinterlüftete Fassade, Last geschossweise abgetragen, Studentenwohnheim „Neue Burse“, Wuppertal

<i>Dach</i>		
Eternit-Platte	-	0
Hinterlüftung / Lattung	-	0
DWD-Platte	0.08	16
Wärmedämmung KVH I=0.13W/mK, 8%	0.04	360
OSB-Platte	0.13	12
Mineralwolle	0.04	20
Stahlbeton (Neubau)	2.3	160
<i>Aussenwand</i>		
Eternit-Platte	-	0
Hinterlüftung / Lattung	-	0
DWD-Platte	0.08	16
Wärmedämmung KVH I=0.13W/mK, 15%	0.04	300
OSB-Platte	0.13	12
Mineralwolle	0.04	20
Stahlbeton Neubau	2.3	160

<u>Bauteilschicht</u>	<u>Wärmeleitfähigkeit</u> W/mK	<u>Stärke</u> mm
<b>V Fassadenpaneele mit Polycarbonat-Mehrstegplatten, vertikale Elemente über mehrere Fassaden, Remscheid</b>		

*Außenwand*

Bestand: nicht berücksichtigt	-	0
Distanzdämmung (abhängig von Untergrund)	-	0
OSB Platte	0.13	18
Dampfsperre	0.23	0.2
Mineralfaserdämmung KVH I=0.13W/mK, 25%	0.04	158
Mineralfaserdämmung KVH I=0.13W/mK, 19%	0.04	230
OSB Platte	0.13	16
Winddichtung	0.23	0.2
Luftschicht		
Polycarbonatplatte		

*Kellerdecke (Angabe U=0.4W/m²K)*

Estrich	1.4	70
EPS	0.04	80
Stahlbeton	2.3	200

<b>VI IEA ANNEX 50, Vertikale Elemente um Fenster, Rest am Bau komplettiert</b>		
---	--	--

*Außenwand*

Bestand: nicht berücksichtigt	-	0
Distanzdämmung (abhängig von Untergrund)	-	0
Fermacell Platte	0,32	15
Mineralfaserdämmung KVH I=0,13W/mK, 10%	0,04	140
Fermacell Platte	0,32	15
Mineralfaserdämmung KVH I=0,13W/mK, 10%	0,04	210
Holzwerkstoffplatte	0,13	15
Luftschicht		
Fassadenverkleidung		

*Dach*

Schutz/Nutzschicht		
OSB Platte im Gefälle		
Hinterlüftung		
Abdichtung		
Holzwerkstoffplatte	0,13	27
Mineralfaserdämmung Steicoträger I=0,13W/mK,3,1%	0,04	380
Holzwerkstoffplatte	0,13	27
abgehängte Decke		

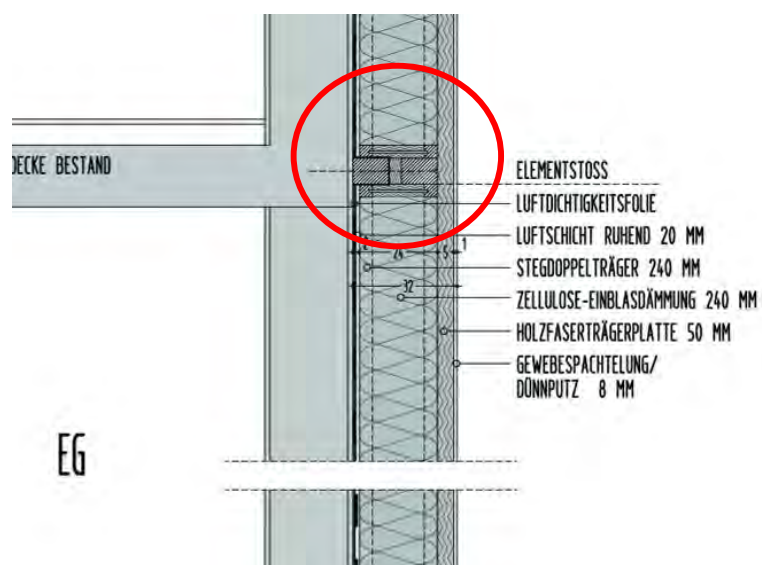
<b>X BIPV-Module in Dünnschichttechnologie</b>		
--	--	--

*Außenwand*

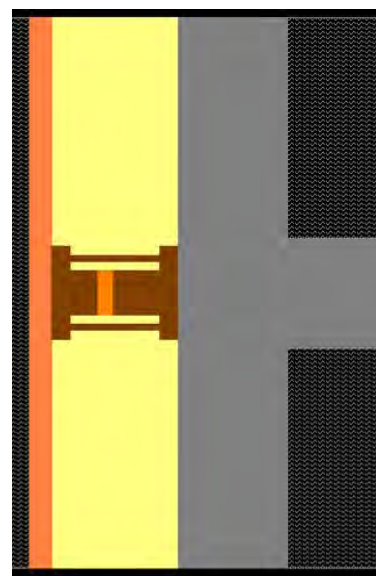
Stahlbeton	2.3	180
Mineralwolle	0.04	320
Winddichtigkeitsschicht	0.5	0.2

## II Holzrahmenelemente vorgefertigt, Bruckmühl

### Vertikalanschluss Elementstoß Geschossdecke



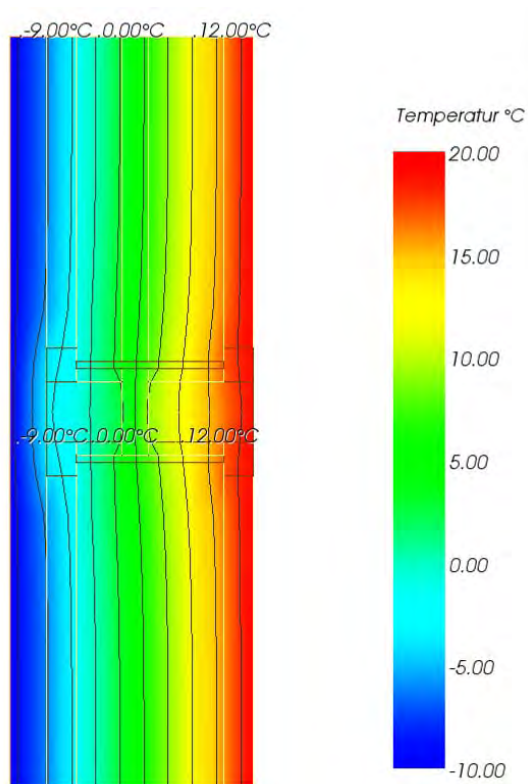
Planausschnitt



Berechnungsmodell

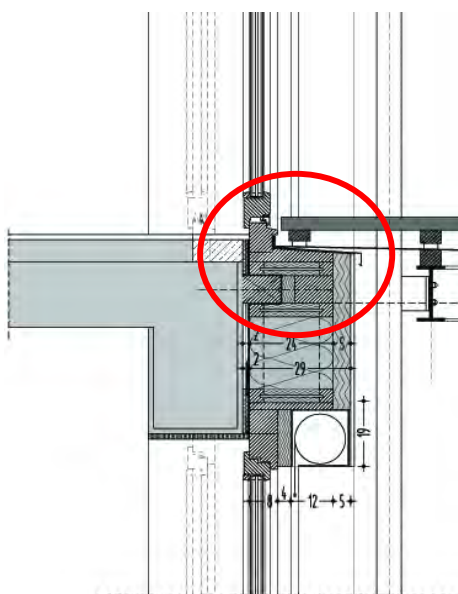
#### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,020</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,97	

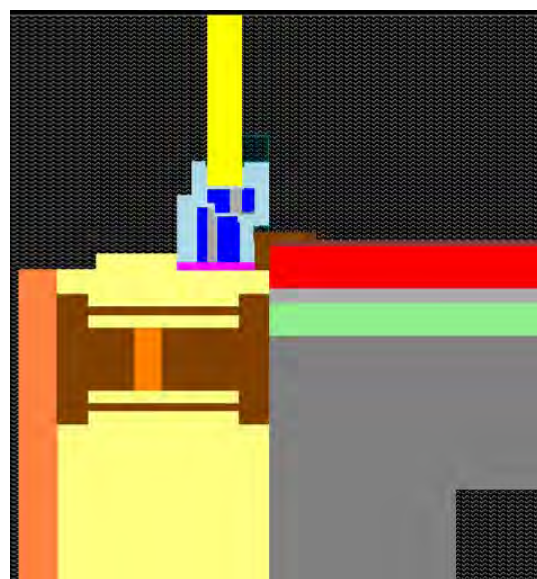


ISO-Modell

## Vertikalanschluss Geschosdecke Balkontür Anschluss unten



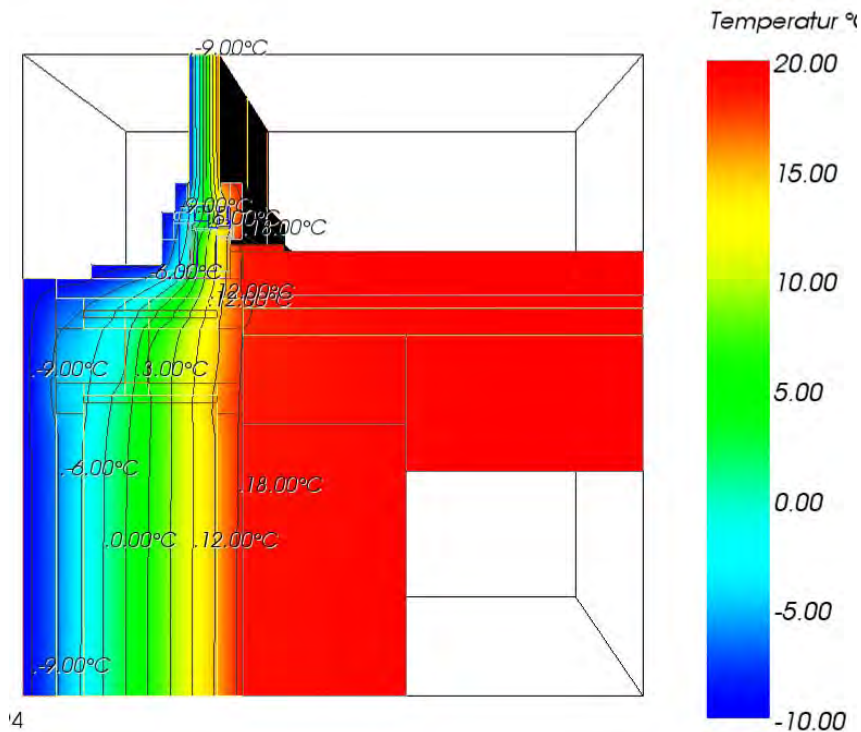
Planausschnitt



Berechnungsmodell

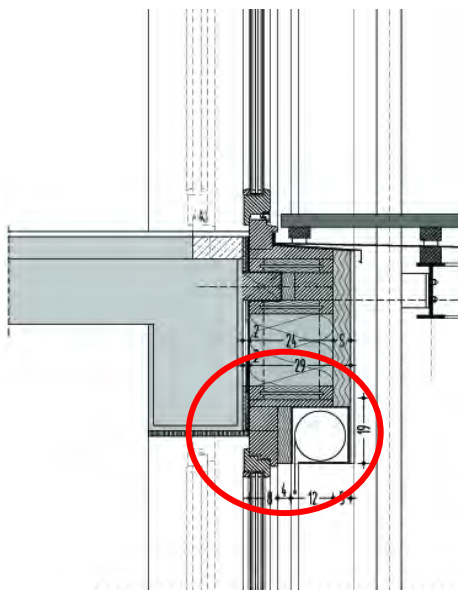
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,017</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,86	

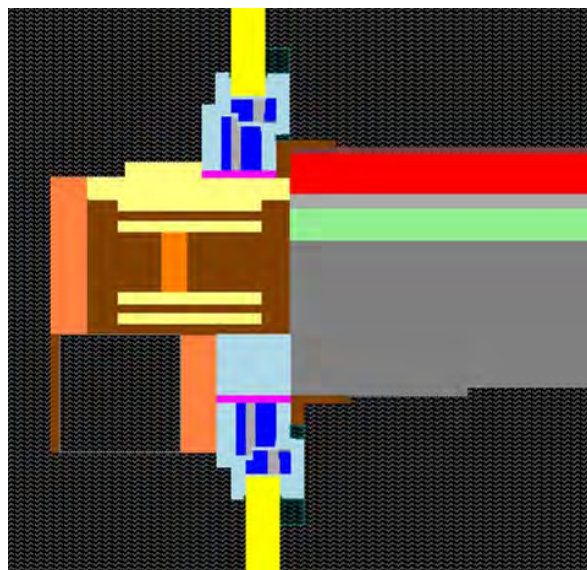


ISO-Modell

## Vertikalanschluss Geschossdecke Balkontür Anschluss oben inkl. Jalousienkasten



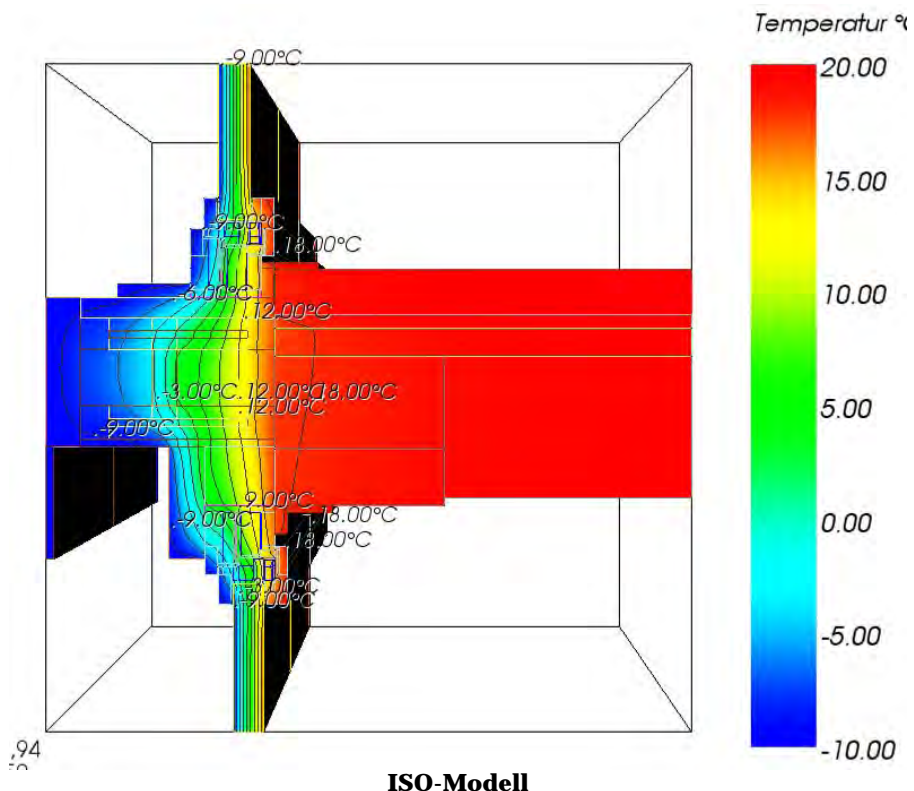
Planausschnitt



Berechnungsmodell

### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

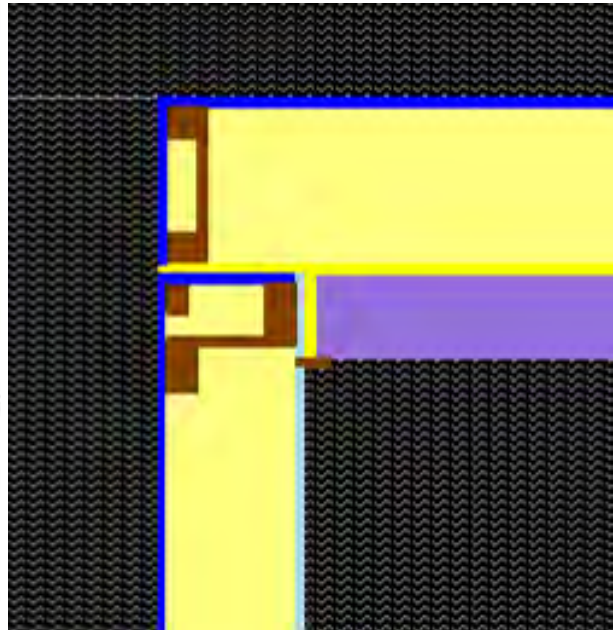
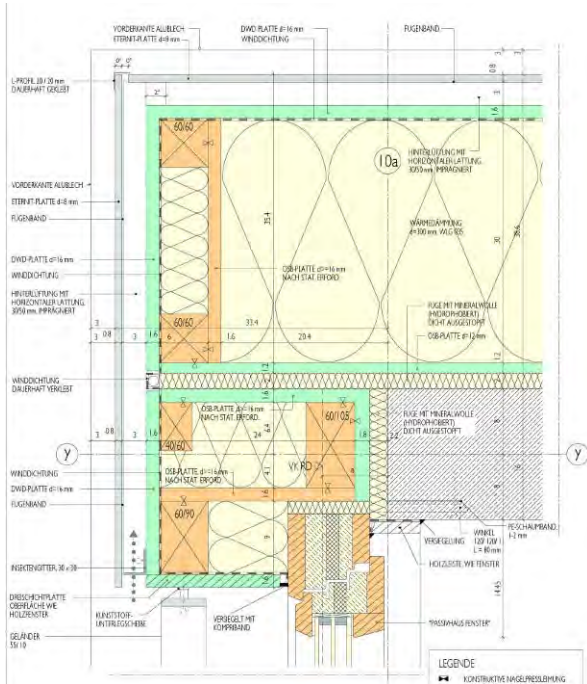
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,0677</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,87	





# IV TES EnergyFacade, vorgehängte Holztafelelemente, hinterlüftete Fassade, Last geschossweise abgetragen, Studentenwohnheim „Neue Burse“, Wuppertal

## Horizontalschnitt Außenecke ohne Fenster

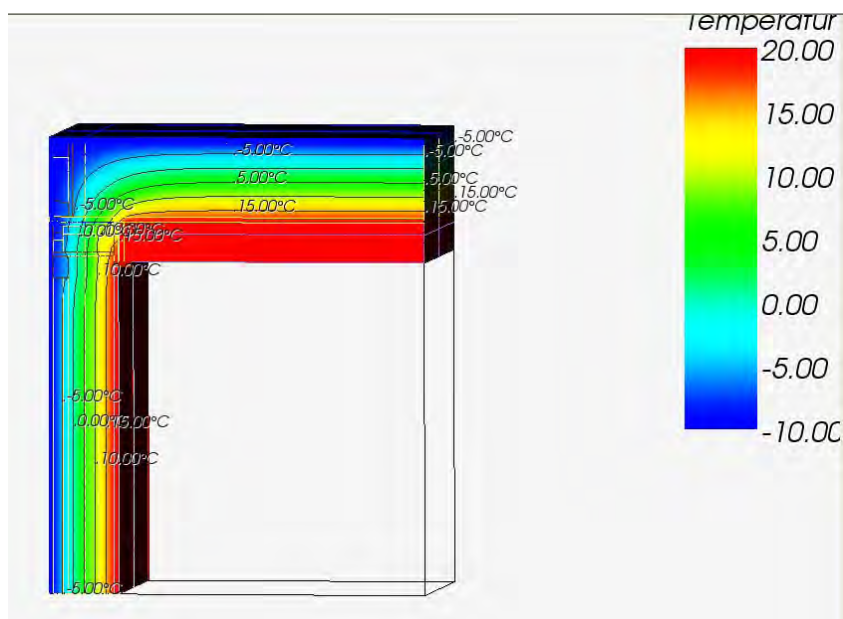


Planausschnitt

Berechnungsmodell

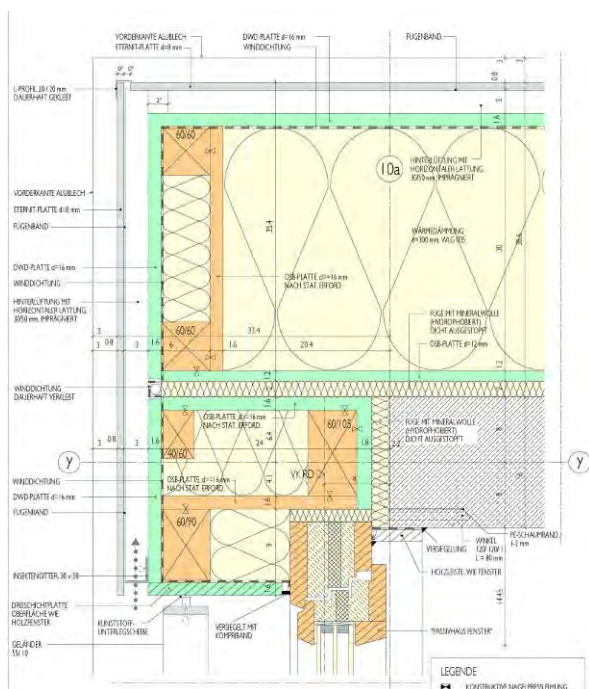
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>-0,0573</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,85	

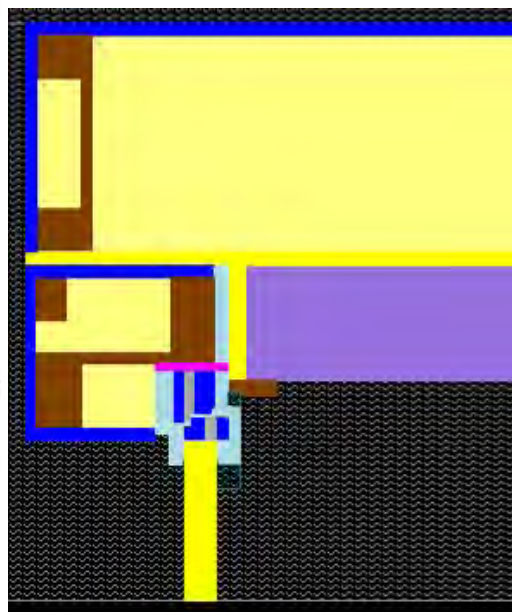


ISO Modell

# Horizontalschnitt Außenecke mit Fenster



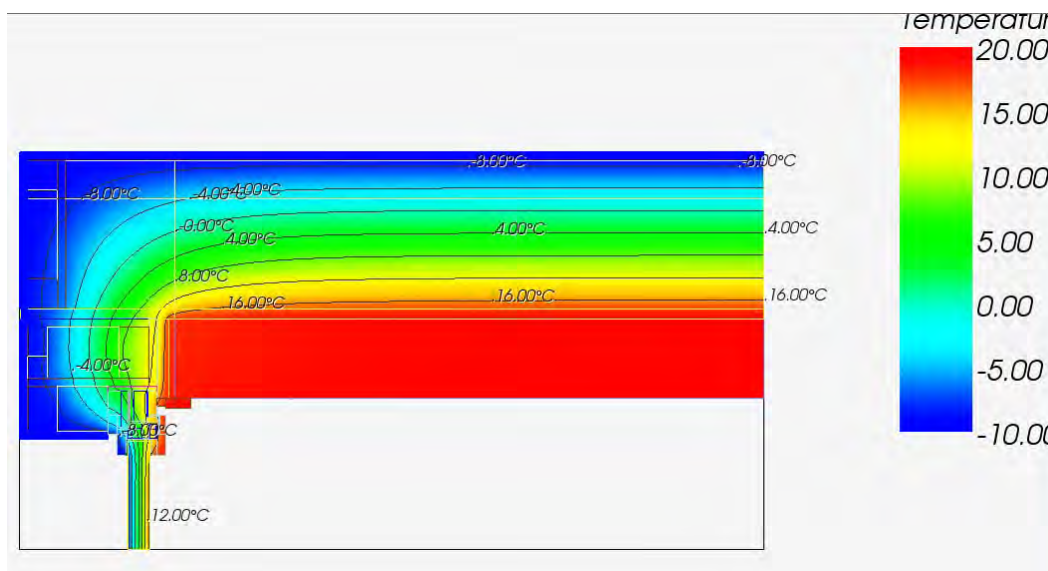
Planausschnitt



Berechnungsmodell

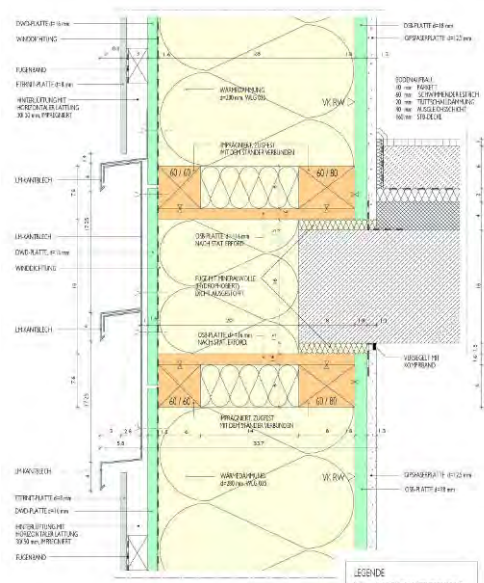
## Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>-0,0091</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,86	

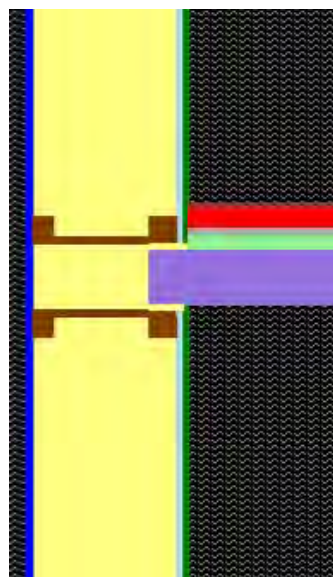


ISO Modell

## Vertikalschnitt Geschossdecke/Fassade opak



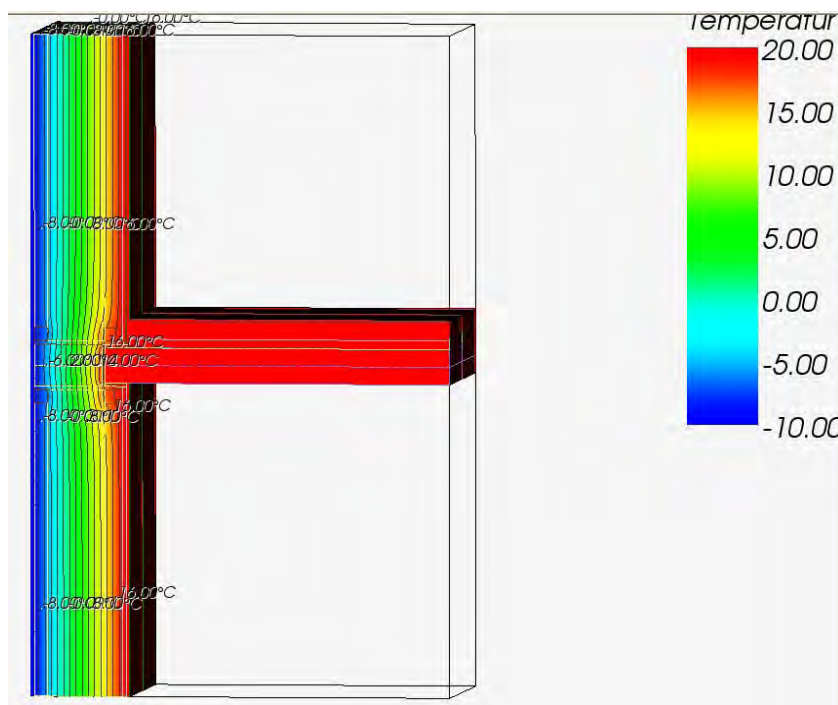
Planausschnitt



Berechnungsmodell

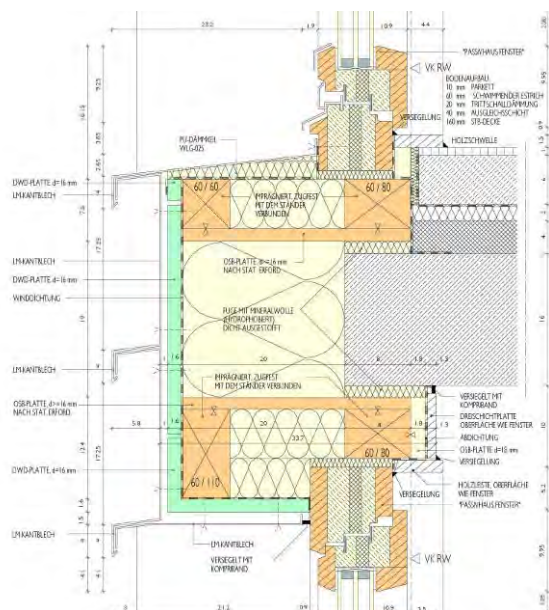
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,0172</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,97	

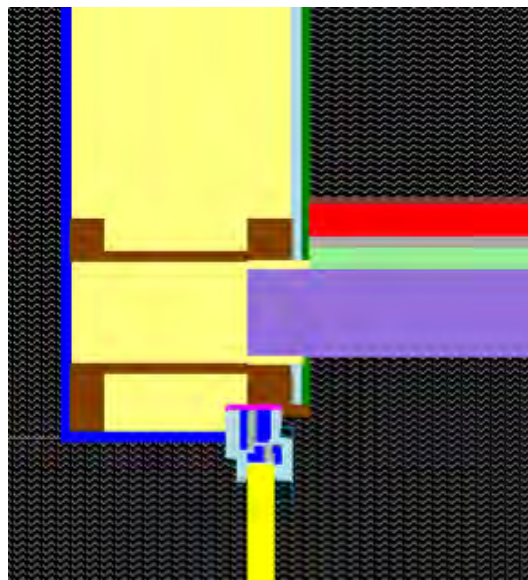


ISO Modell

## Vertikalschnitt Geschossdecke/Terrassentüre Anschluss oben



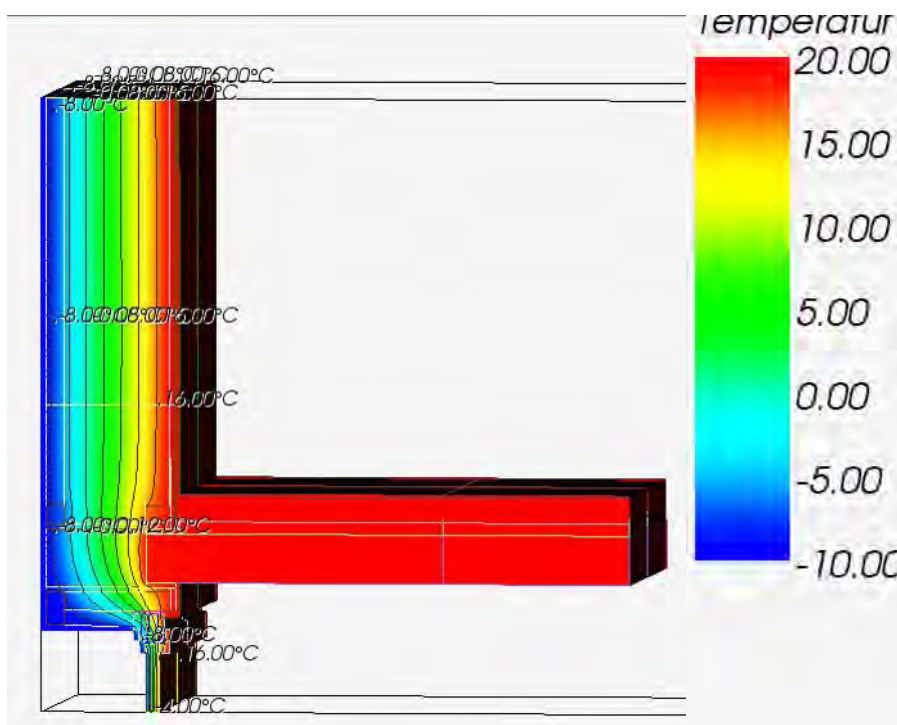
Planausschnitt



Berechnungsmodell

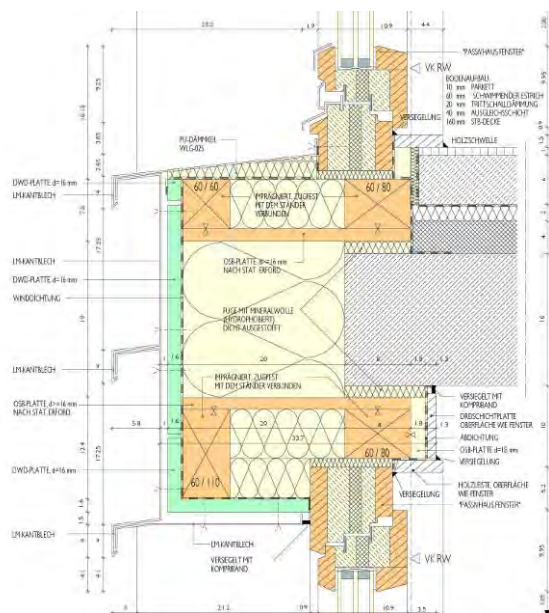
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,0167</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,84	

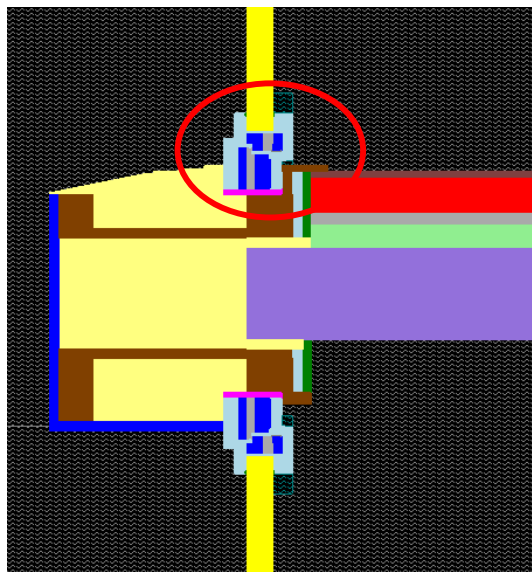


ISO Modell

## Vertikalschnitt Geschossdecke/Terrassentüre unten



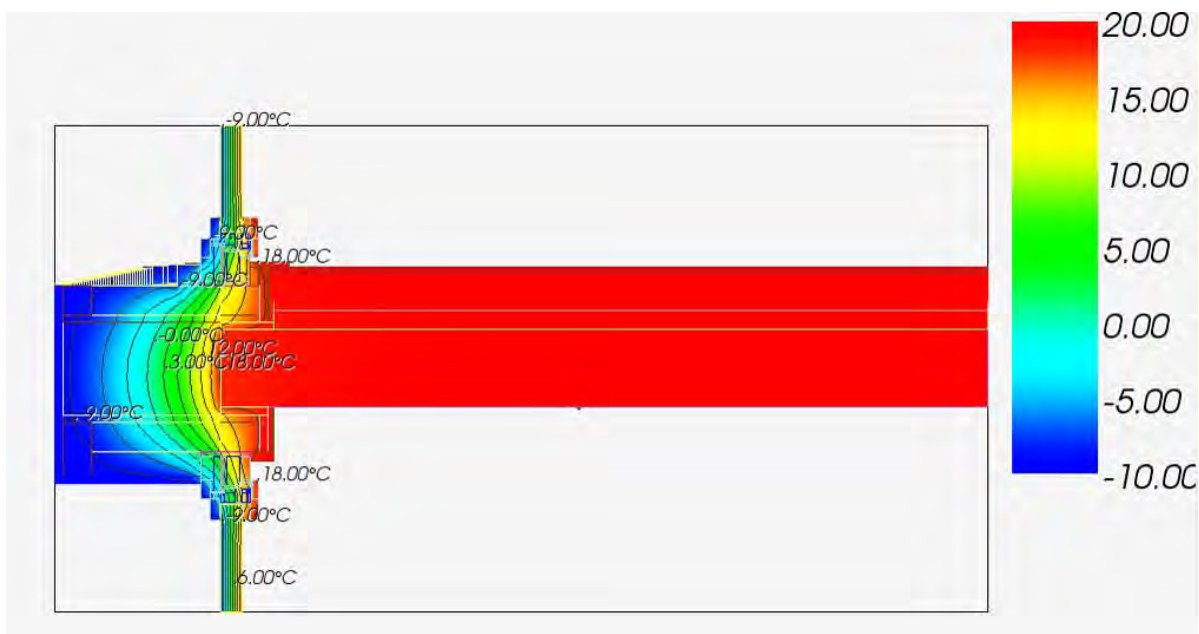
Planausschnitt



Berechnungsmodell

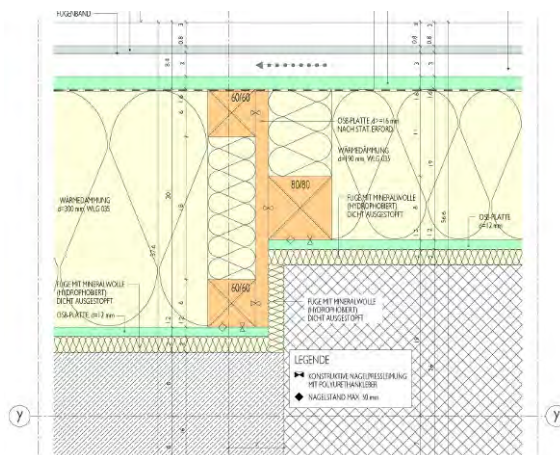
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,0218</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,86	

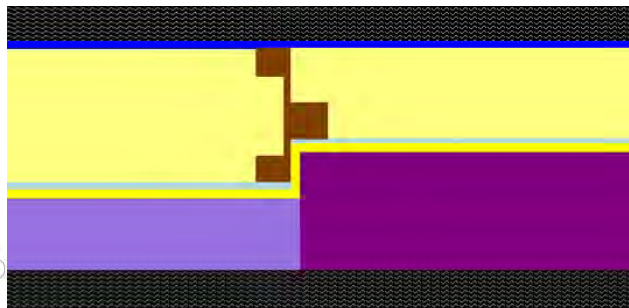


ISO Modell

## Horizontalschnitt Fassadenübergang



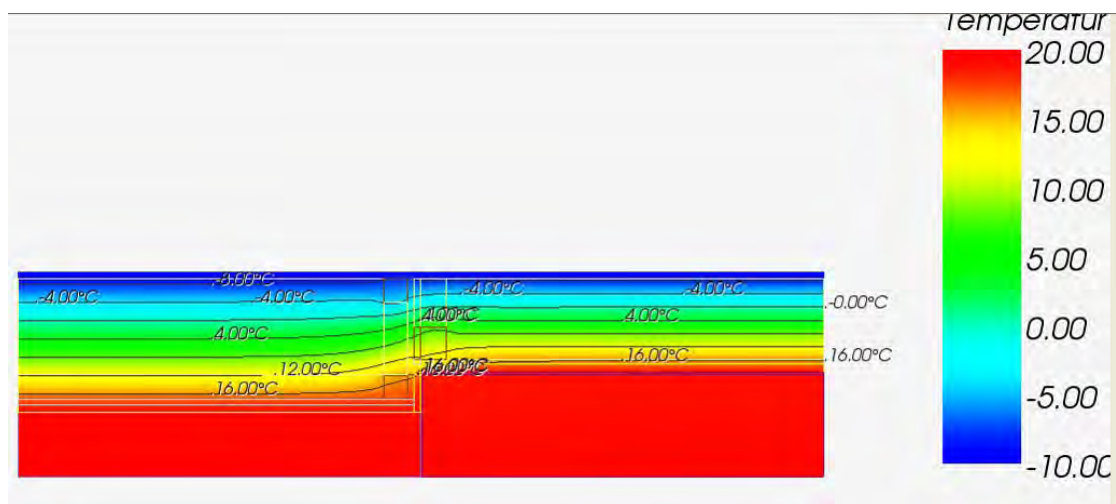
Planausschnitt



Berechnungsmodell

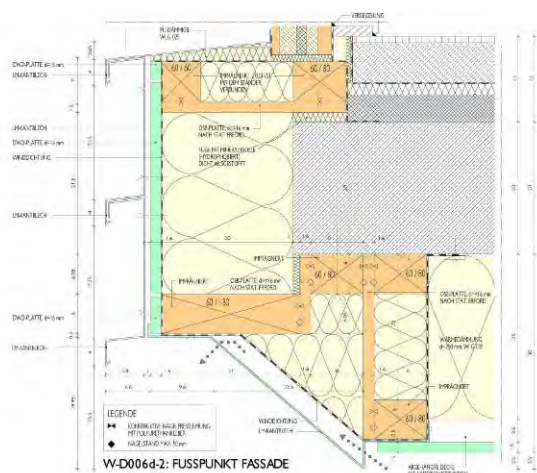
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,015</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,96	

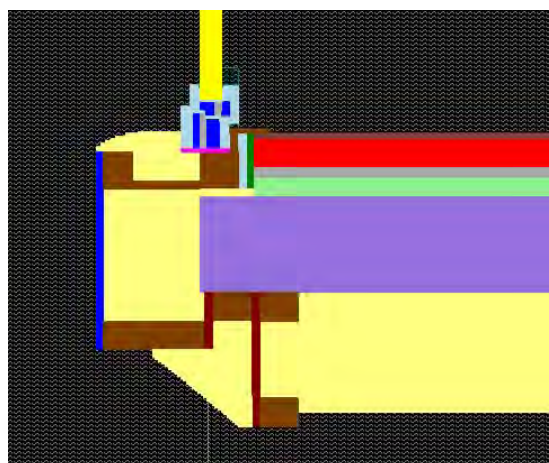


ISO Modell

## Vertikalschnitt Sockel Außenwand/Decke nach unten



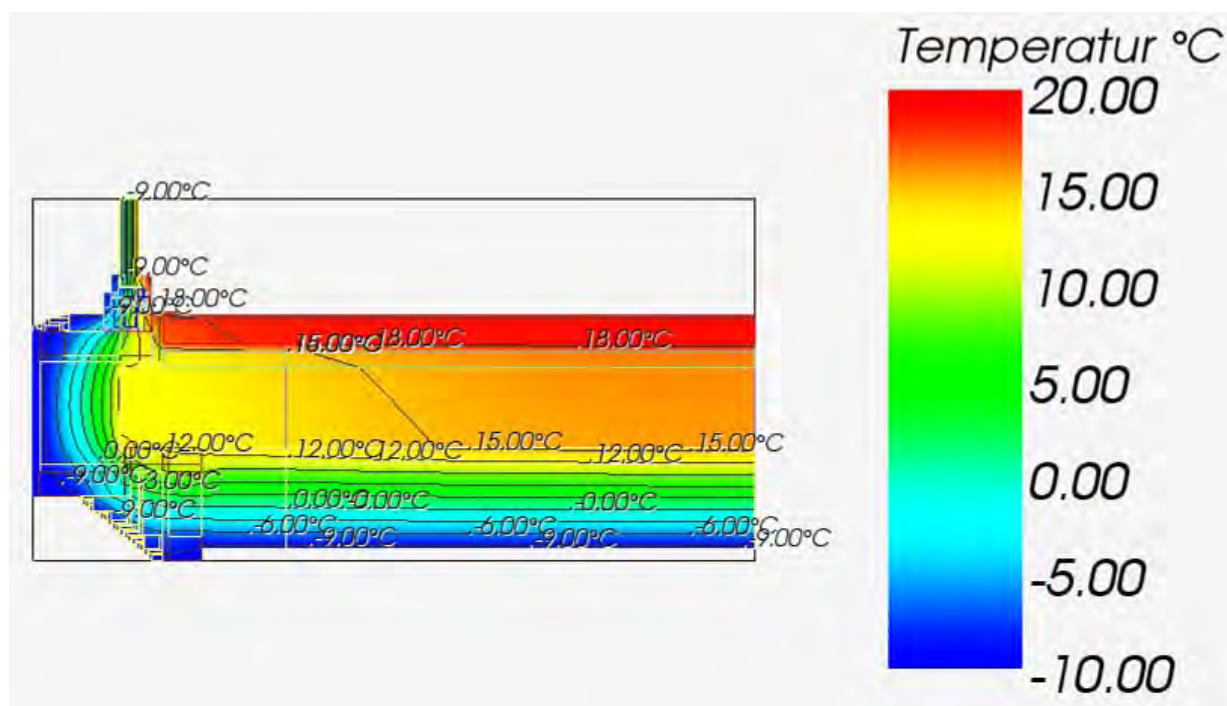
Planausschnitt



Berechnungsmodell

### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

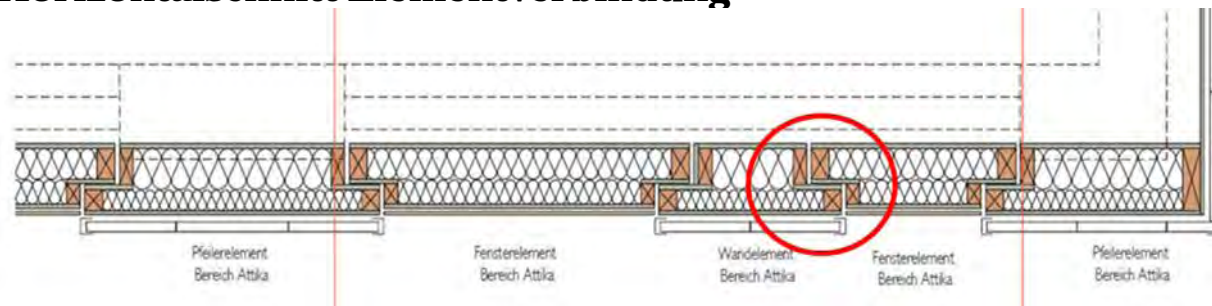
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,027</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,83	



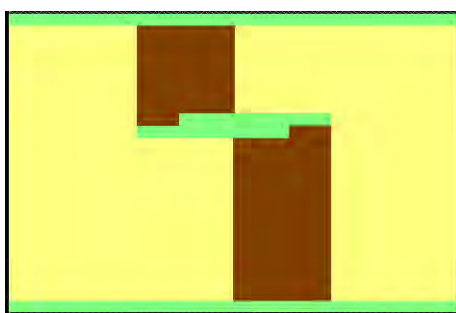
ISO Modell

# V Fassadenpaneele mit Polycarbonat-Mehrstegplatten, vertikale Elemente über mehrere Fassaden, Remscheid

## Horizontalschnitt Elementverbindung



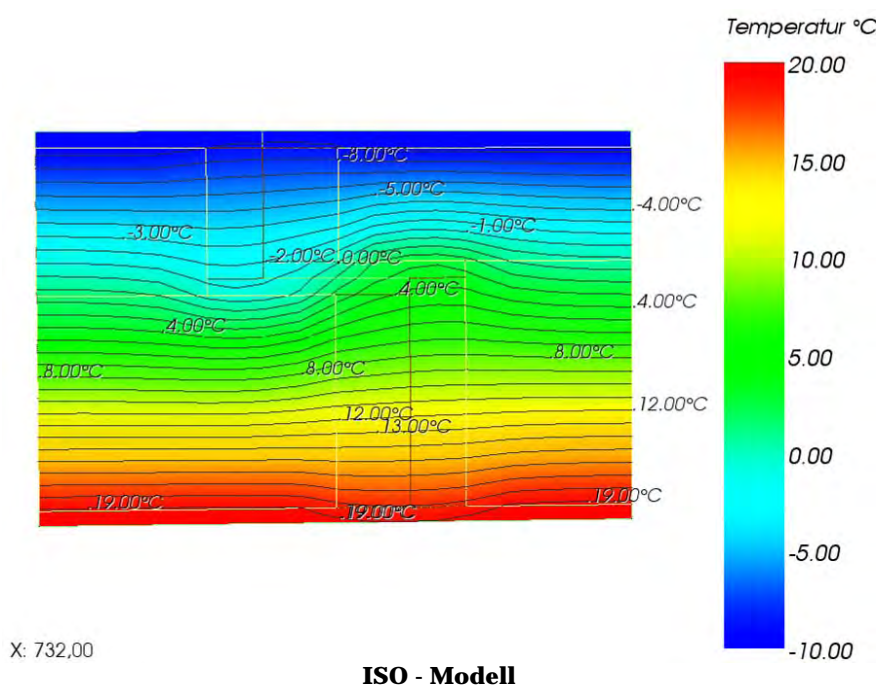
Planausschnitt



Berechnungsmodell

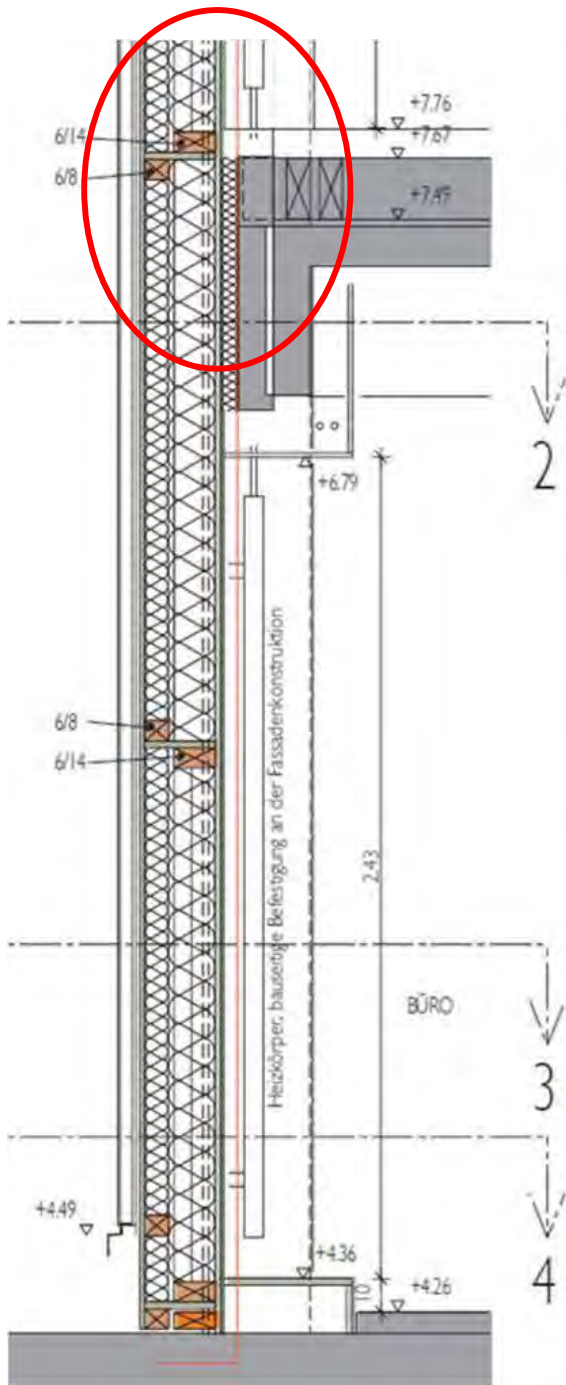
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,006</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,97	

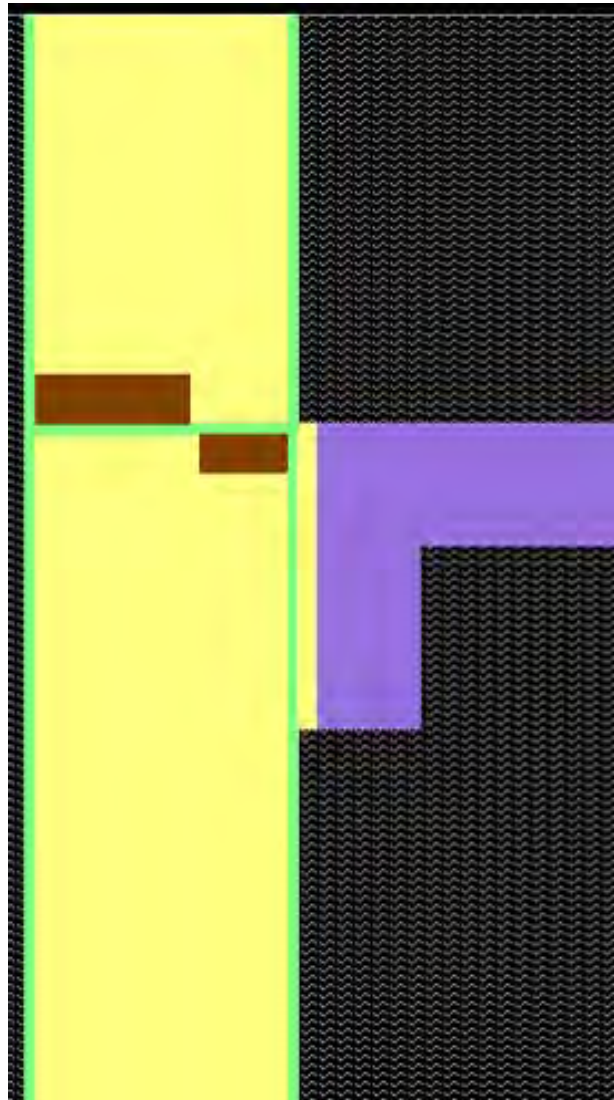




## Vertikalschnitt Zwischendecke/ Elementverbindung



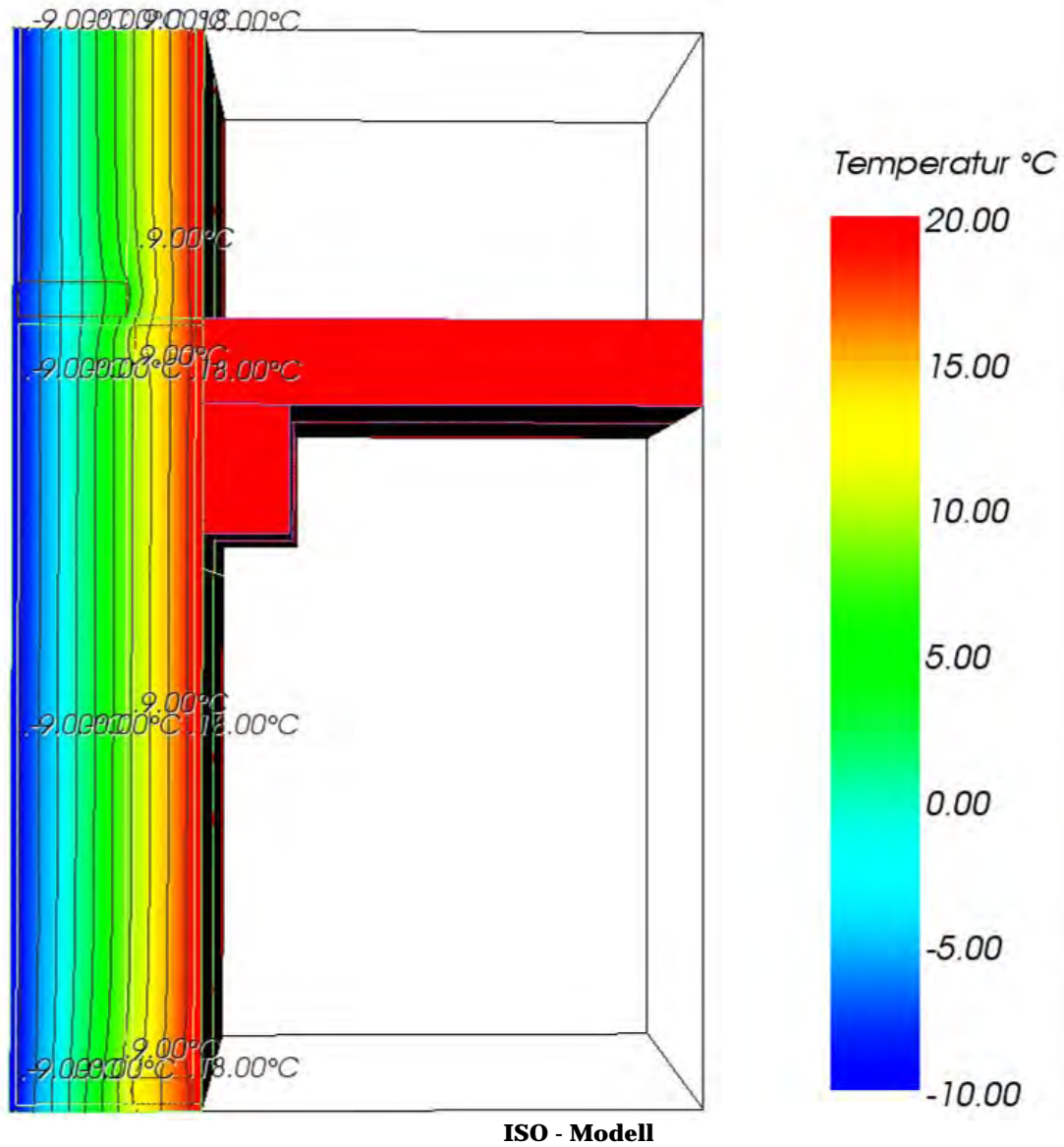
Planausschnitt



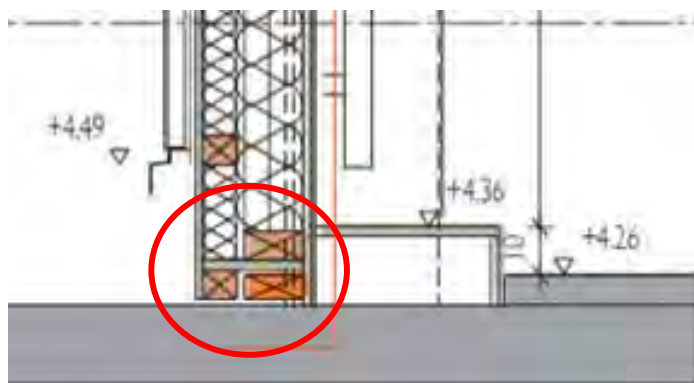
Berechnungsmodell

Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

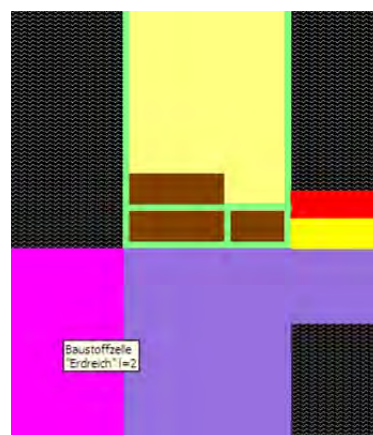
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,001</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,93	



## Vertikalschnitt Sockelanschluss



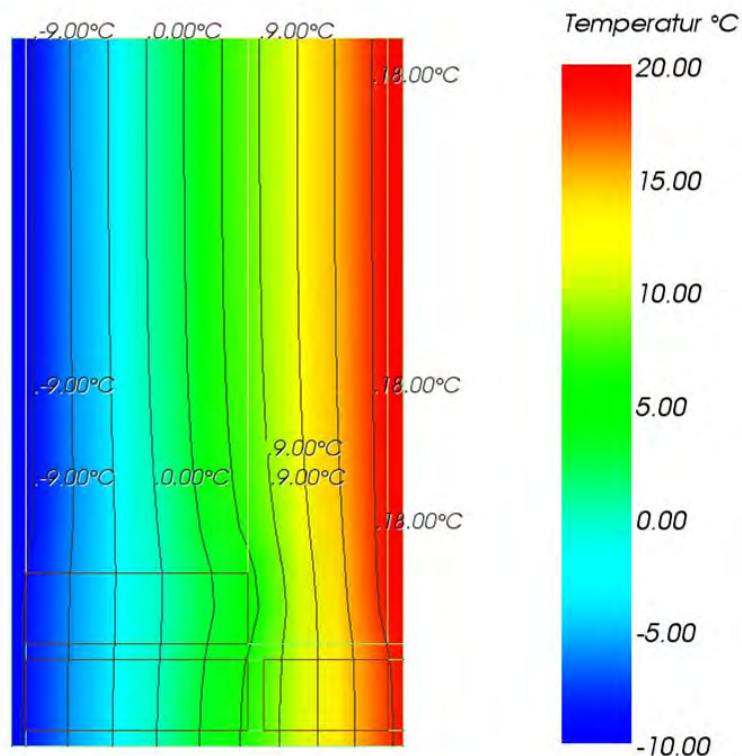
Planausschnitt



Berechnungsmodell

### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

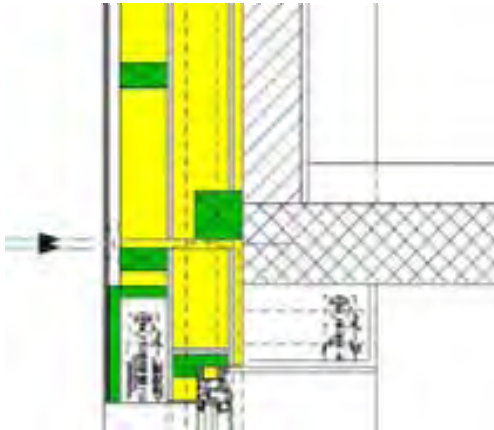
Außenluft	<b>0,021</b>	W/mK
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$		
Keller	-0,118	W/mK
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$		
Außenluft Temperaturfaktor	0,94	
Keller Temperaturfaktor	0,80	



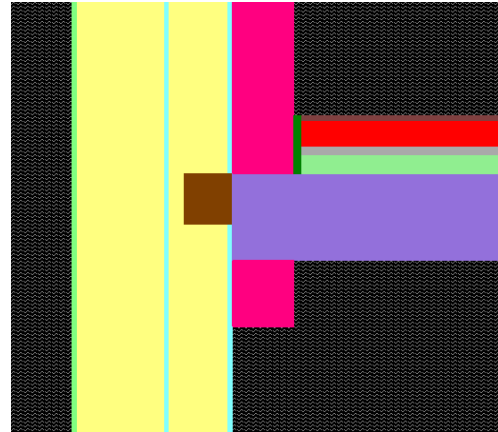
ISO - Modell

## VI IEA ANNEX 50, Vertikale Elemente um Fenster, Rest am Bau komplettiert

### Vertikalanschluss Geschossdecke ohne Fenstereinbau



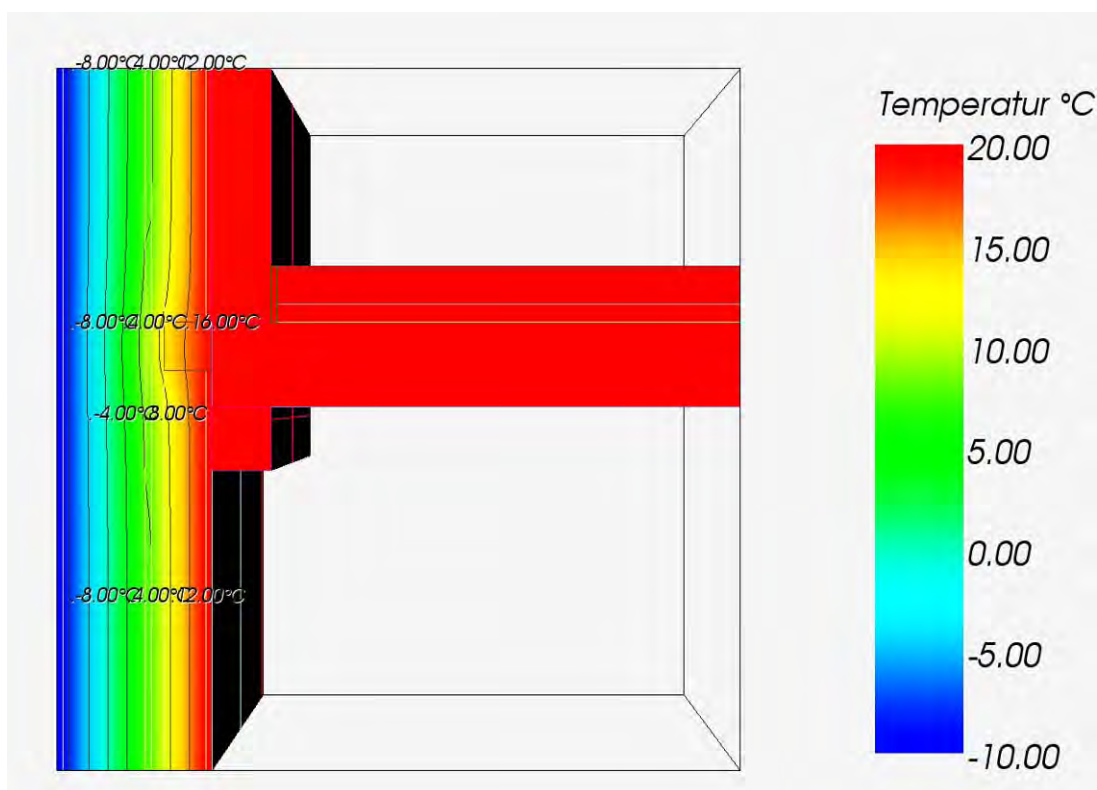
**Prinzipskizze**



**Berechnungsmodell**

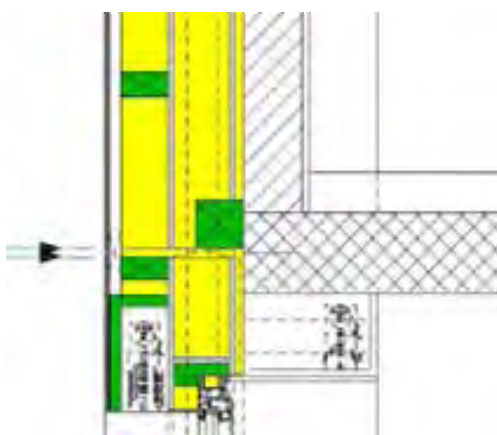
#### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,005</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,96	

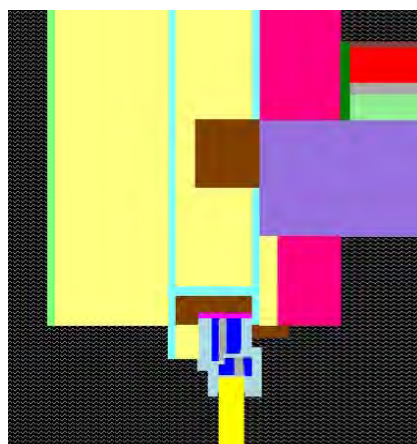


**ISO Modell**

## Vertikalanschluss Geschossdecke inkl. Fenster



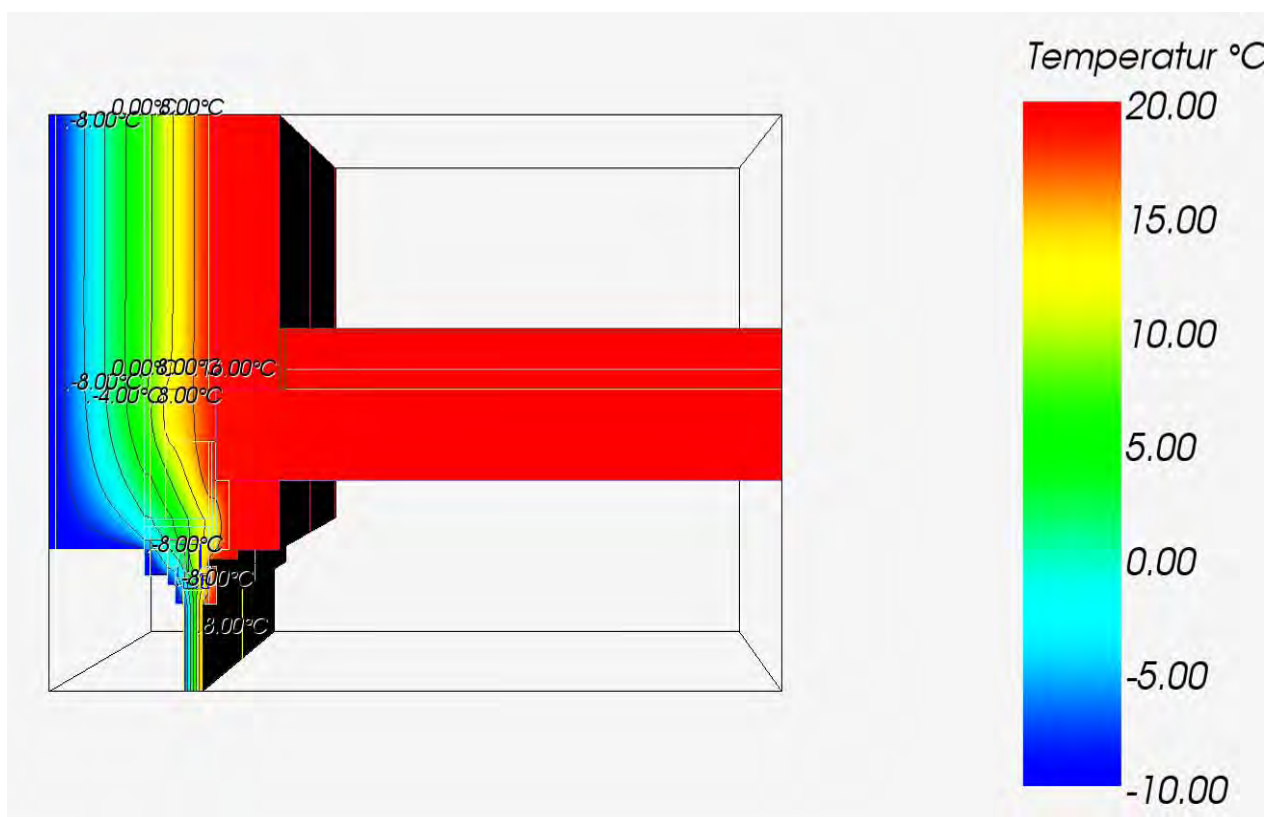
Prinzipskizze



Berechnungsmodell

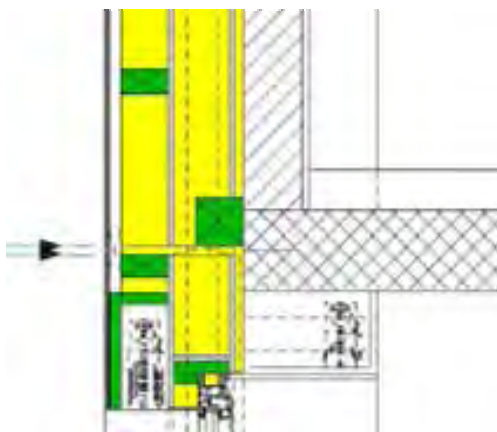
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,0322</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,86	

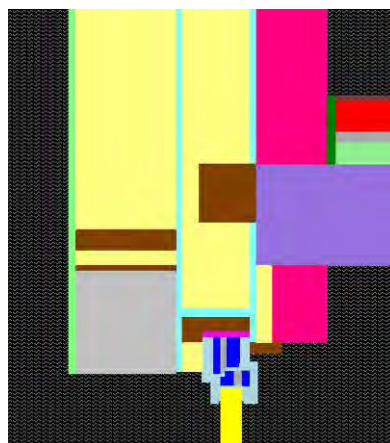


ISO Modell

## Vertikalanschluss Geschossdecke inkl. Fenster und Rollläden



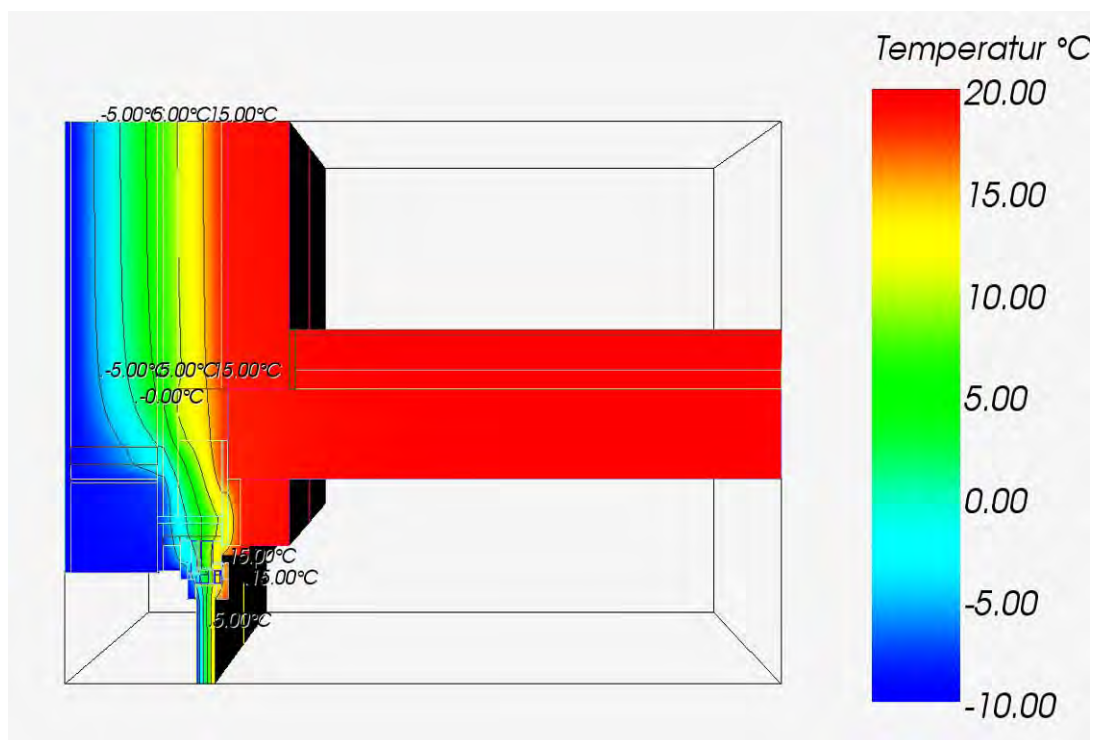
**Prinzipskizze**



**Berechnungsmodell**

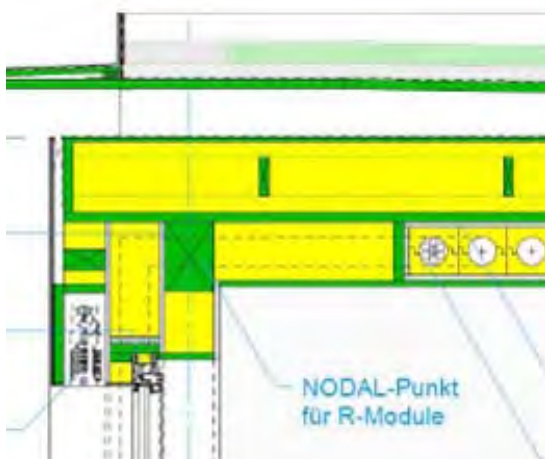
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,0456</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,81	

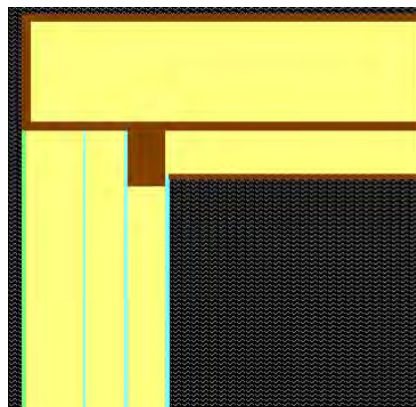


**ISO Modell**

## Vertikalanschluss Dach neu



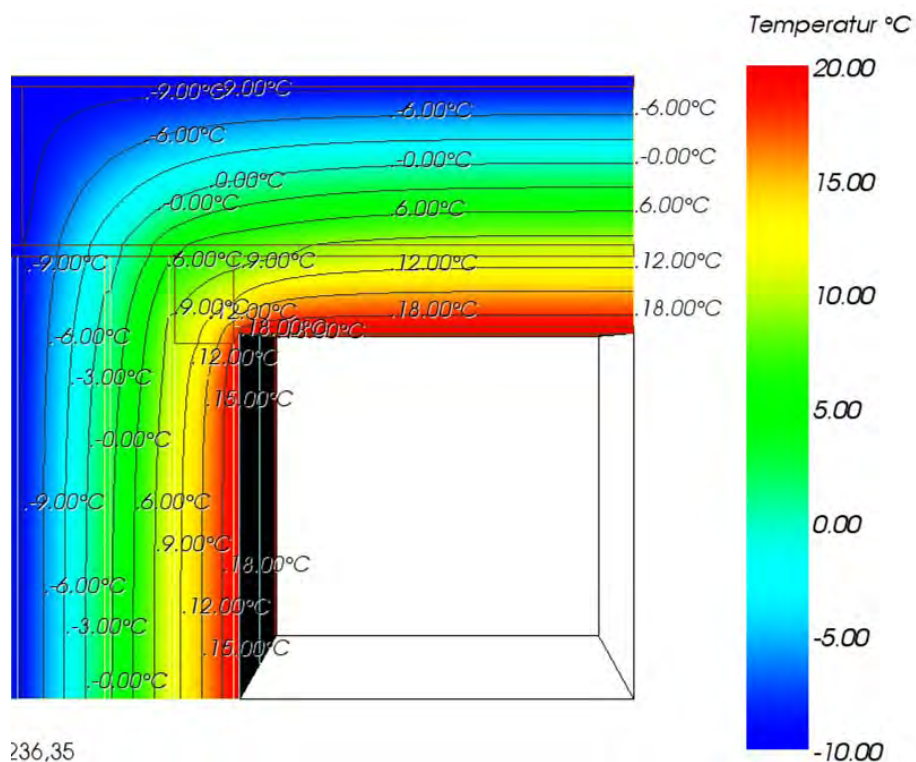
Prinzipskizze



Berechnungsmodell

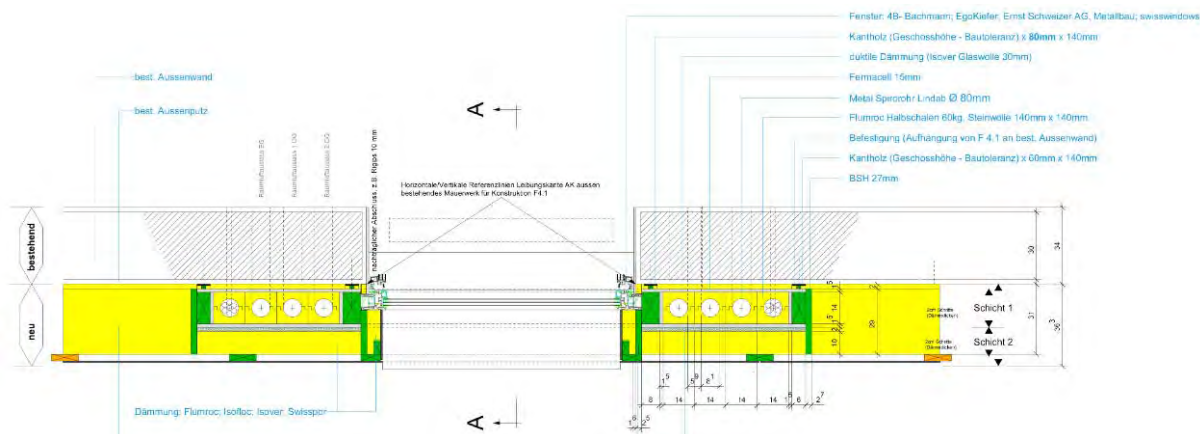
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>-0,038</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,93	

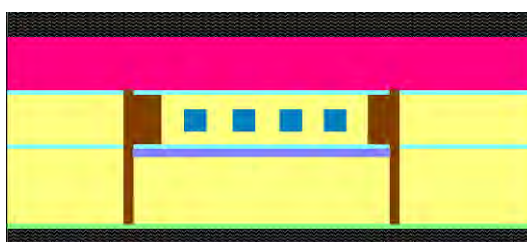


ISO Modell

# Horizontalschnitt HT-Element



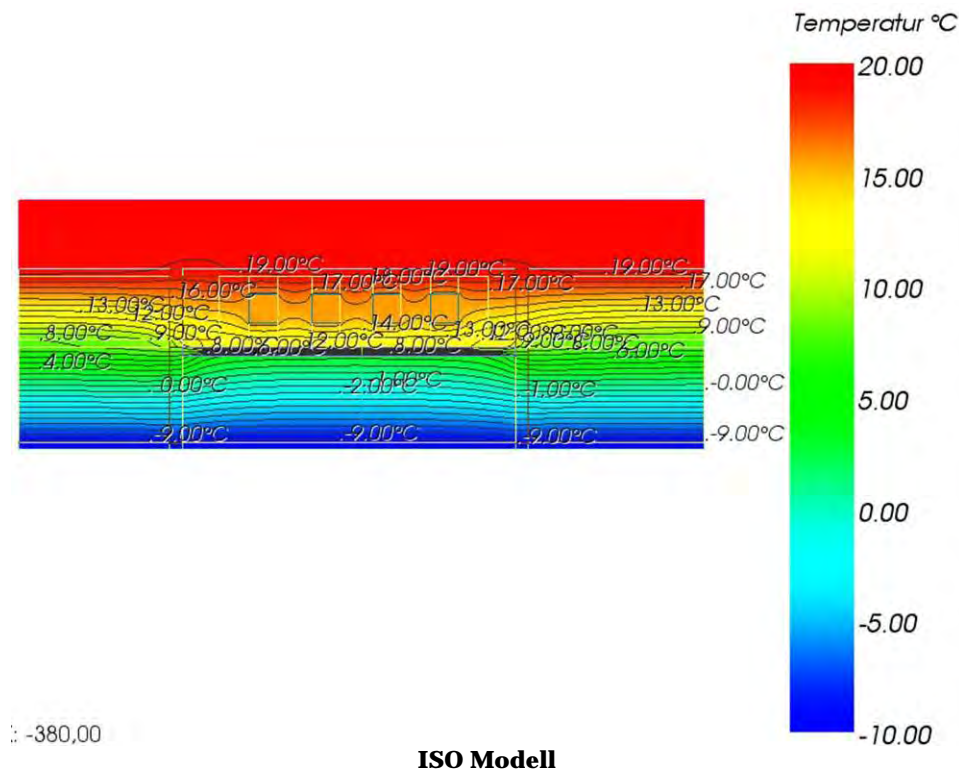
Prinzipskizze (ohne Fenstereinbau)



Berechnungsmodell

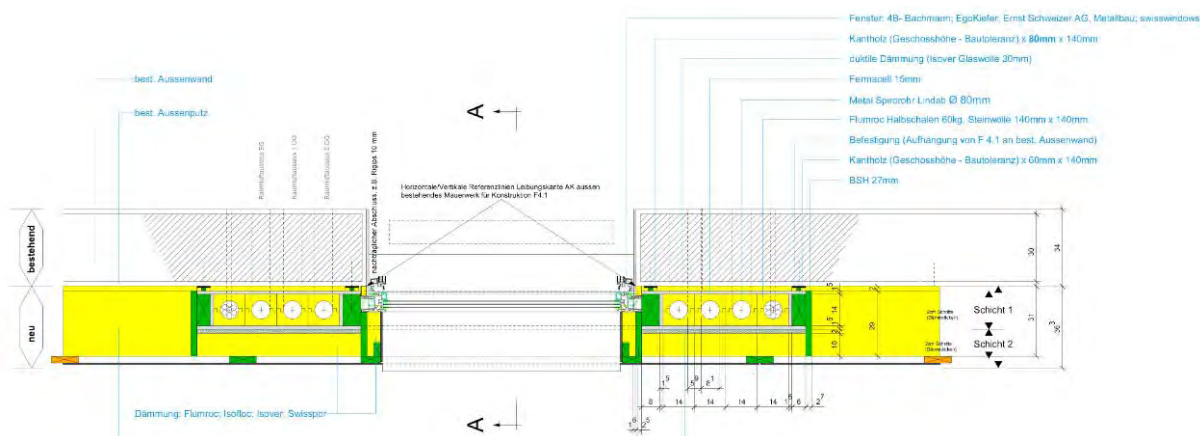
## Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,006</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,98	

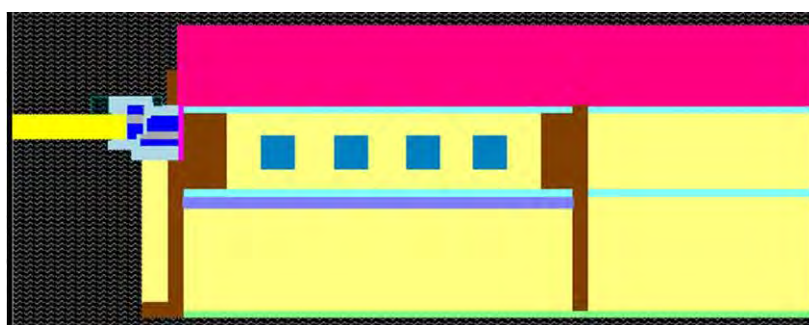




# Horizontalschnitt HT-Element inkl. Fenstereinbau



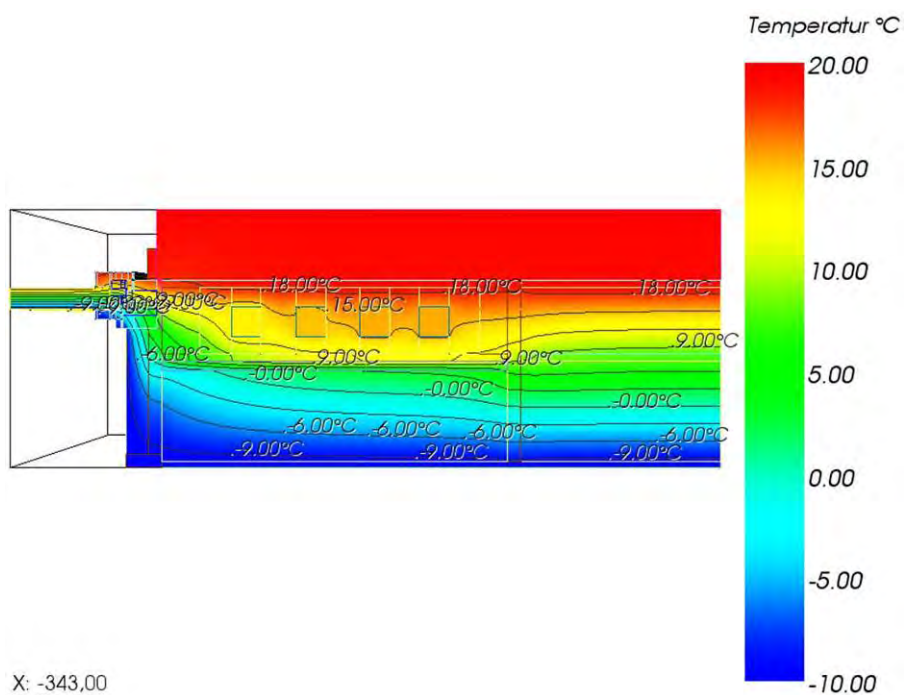
Prinzipskizze (ohne Fenstereinbau)



Berechnungsmodell

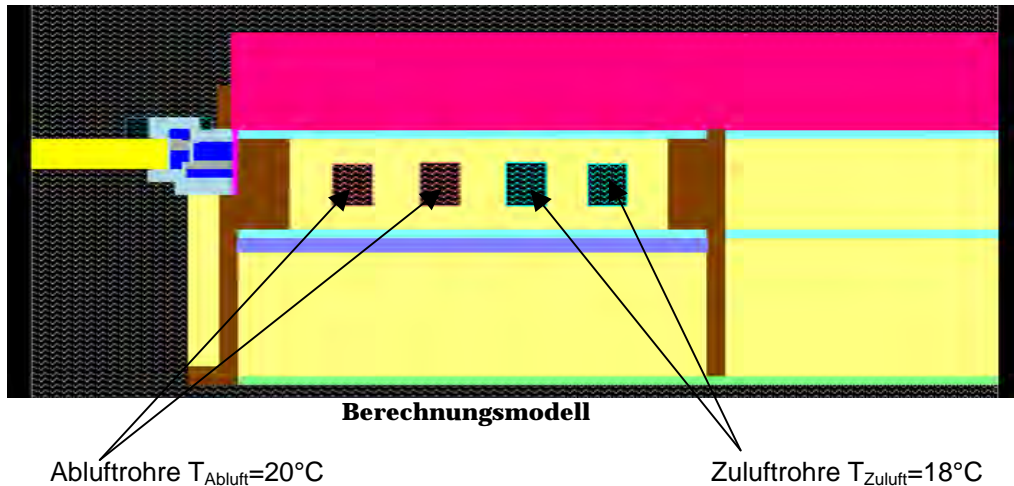
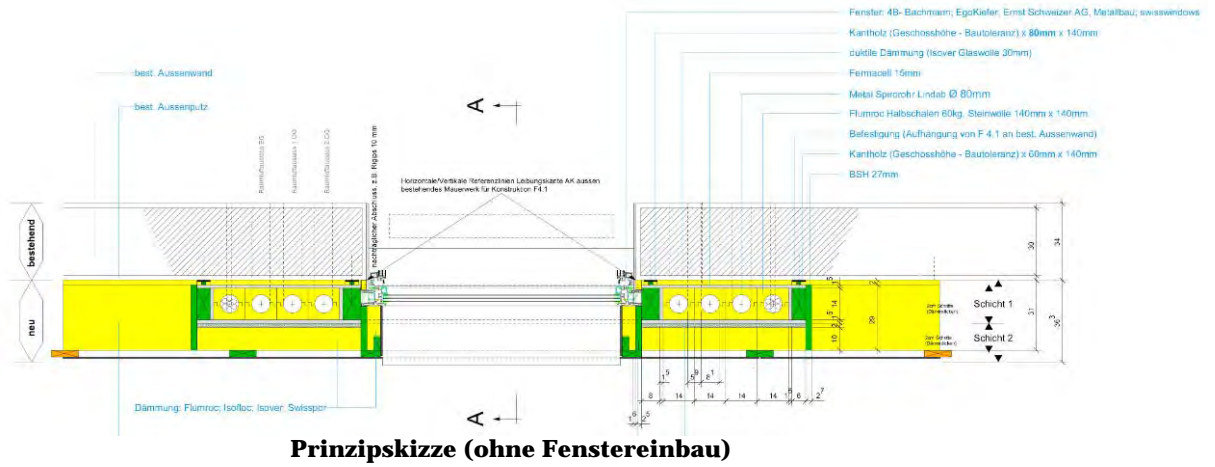
## Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi$ a	<b>0,0126</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,86	



ISO Modell

## Horizontalschnitt HT-Element inkl. Fenstereinbau unter Berücksichtigung der Rohrleitung

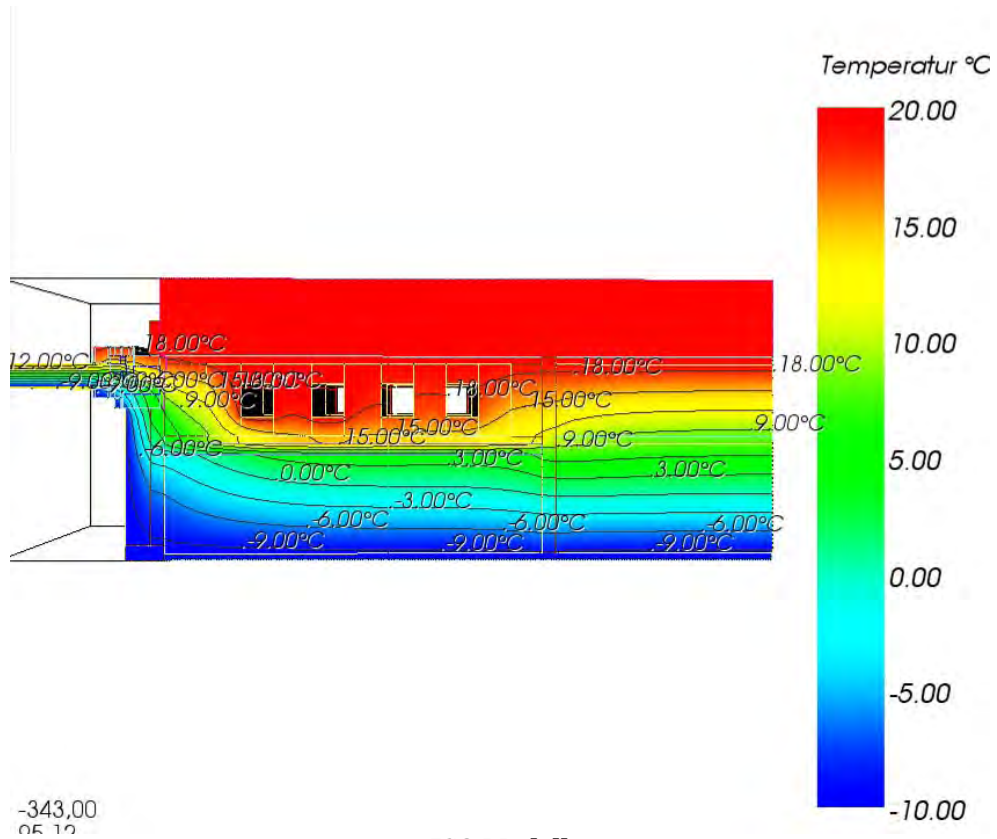


Durch die gewählten Ab- bzw. Zulufttemperaturen ergeben sich folgende Leitwerte:

Außen ->	Innen	0,307466 W/K
Abluft ->	Innen	0,200434 W/K
Abluft ->	Außen	0,049766 W/K
Zuluft ->	Innen	0,206910 W/K
Zuluft ->	Außen	0,036629 W/K

### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung von Innen nach Außen

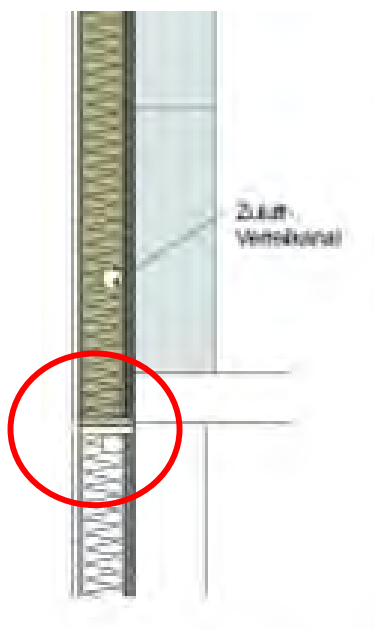
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>-0,0592</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,86	



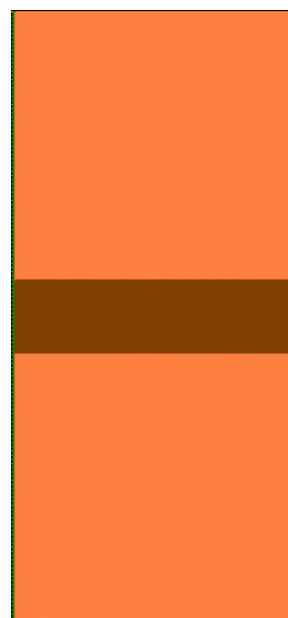
-343,00  
05.12

# VII „Aktive Gebäudehülle“ – Porenlüftungsfassade (Holzelemente) kombiniert mit Solarkollektorfassade, Bad Aibling

## Vertikalanschluss Elementstoß



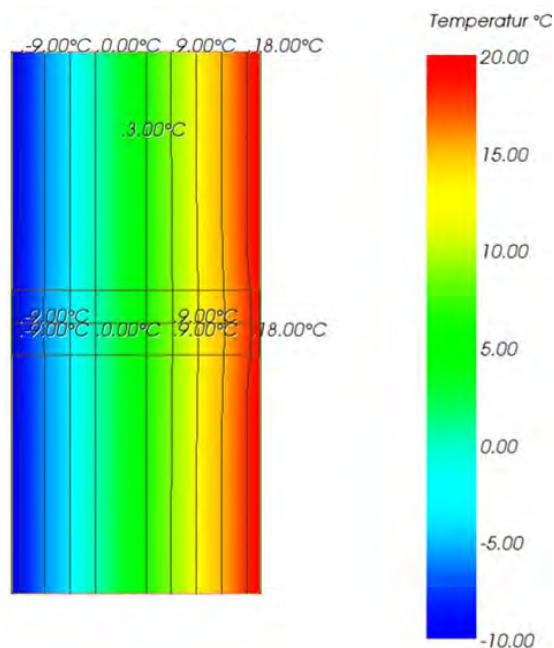
Planausschnitt



Berechnungsmodell

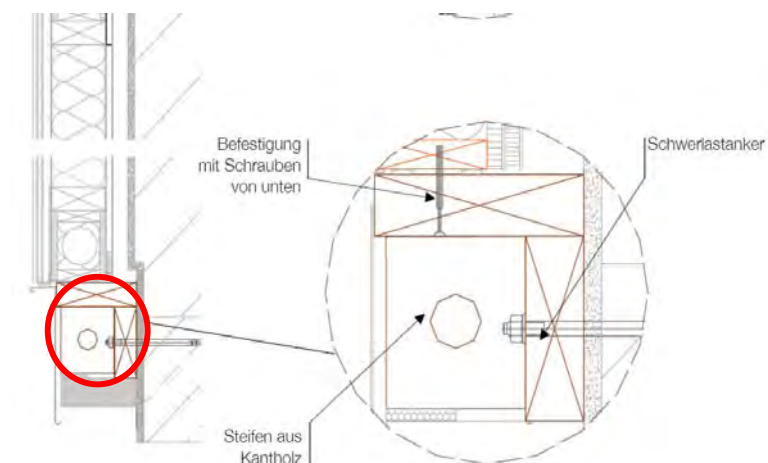
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,005</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,97	



ISO-Modell

## Vertikalanschluss Sockel



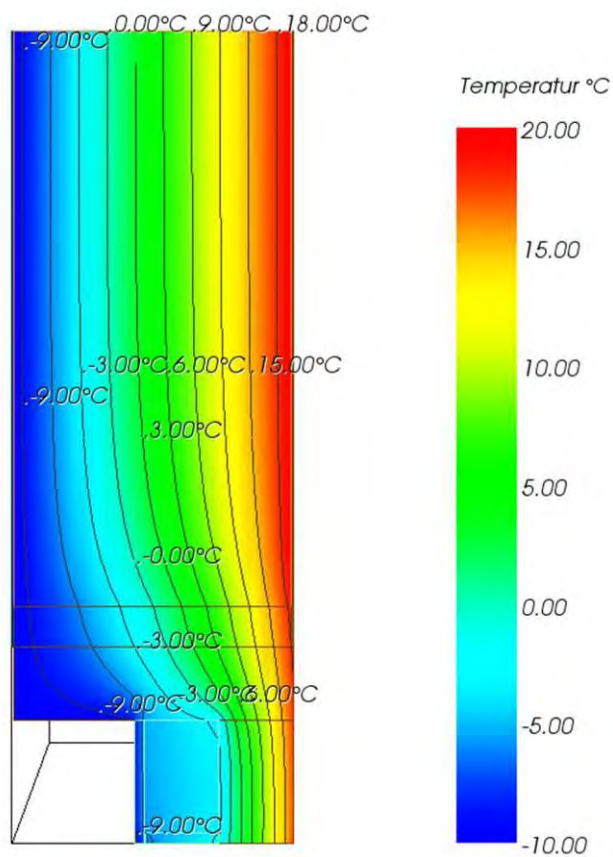
**Planausschnitt**



**Berechnungsmodell**

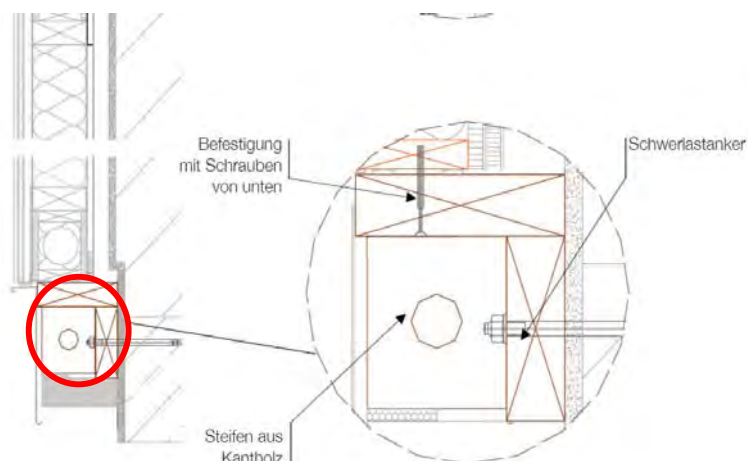
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,202</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,90	

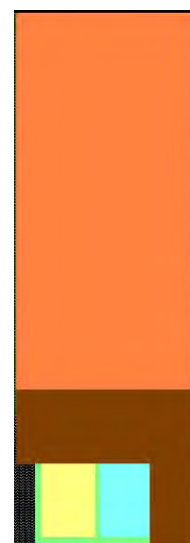


**ISO-Modell**

## Vertikalanschluss Sockel angepasst



**Planausschnitt**

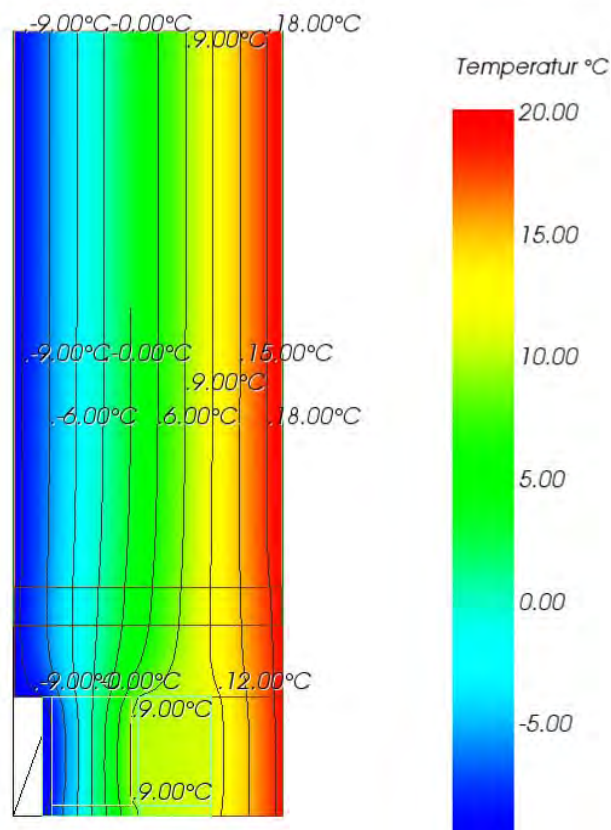


**Berechnungsmodell**

Anmerkung: Da für die funktionale Einheit eine höhere Dämmstärke notwendig ist, wird der Sockelbereich angepasst. Eine zusätzliche Dämmung des Luftkollektors im Sockelbereich ist möglich.

### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

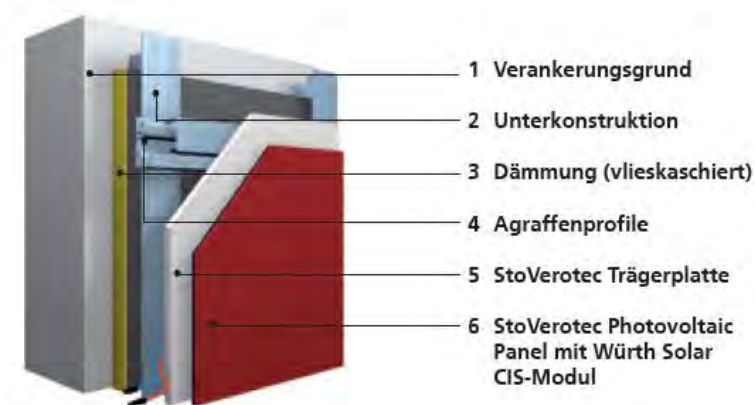
Wärmebrückenkoeffizienten $\psi_a$	<b>0,062</b>	W/mK
Temperaturfaktor	0,96	



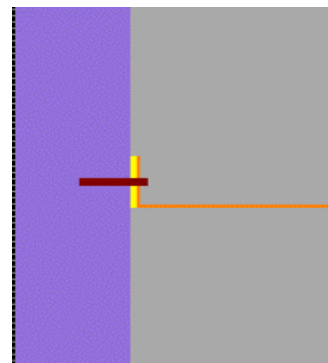
**ISO-Modell**

# X BIPV-Module in Dünnschichttechnologie

## Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung PVC Gleitpunkt



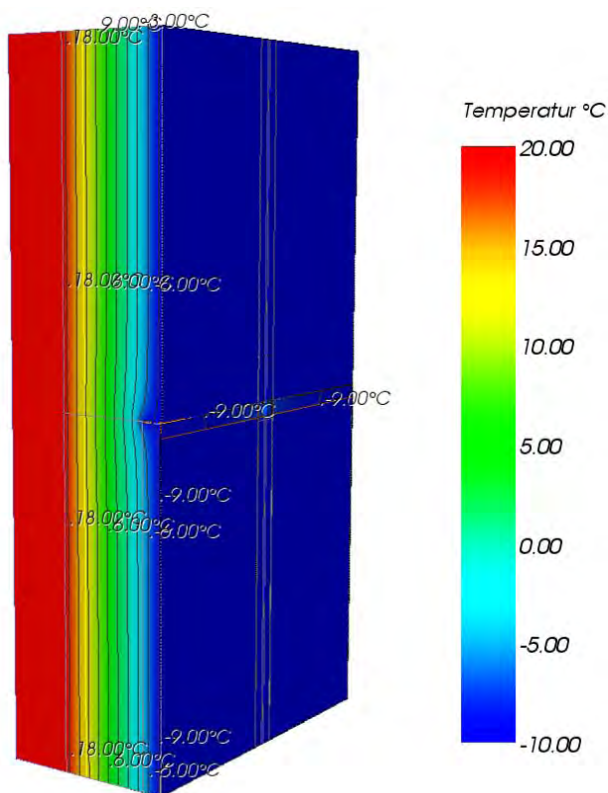
**Prinzipskizze**



**Berechnungsmodell**

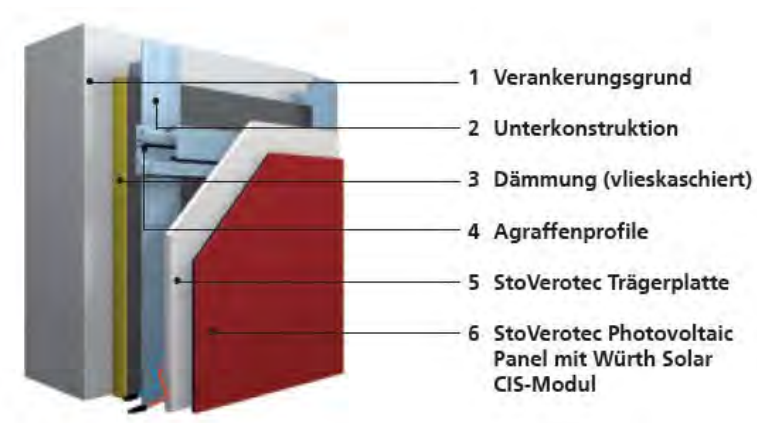
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\chi_a$	<b>0,042</b>	W/K
Temperaturfaktor	0,97	

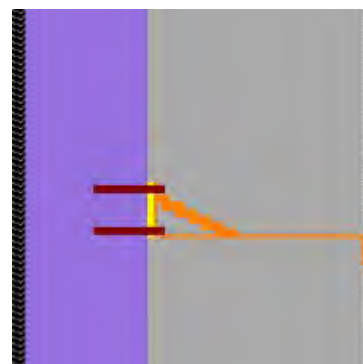


**ISO Modell**

## Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung PVC Haltepunkt



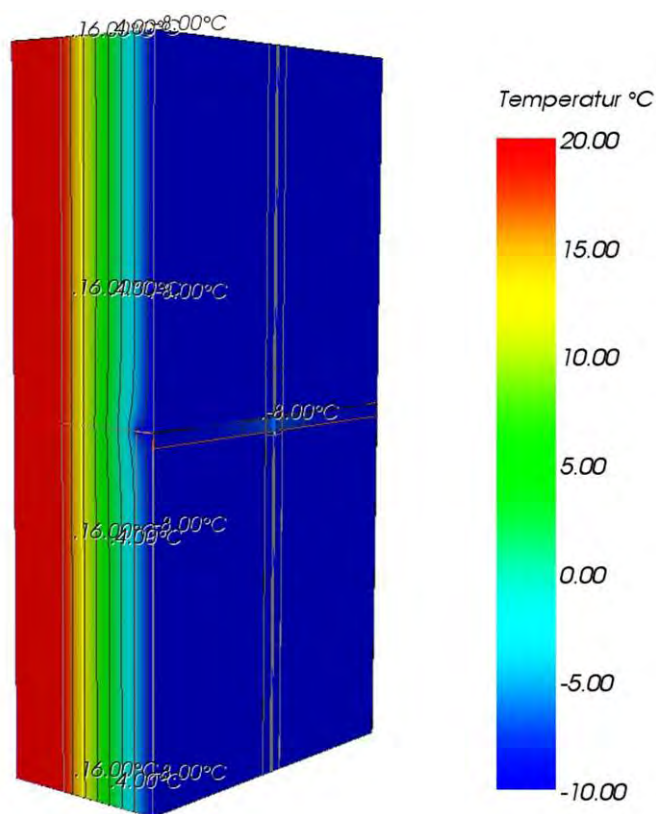
**Prinzipskizze**



**Berechnungsmodell**

### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\chi_a$	<b>0,049</b>	W/K
Temperaturfaktor	0,97	



**ISO Modell**

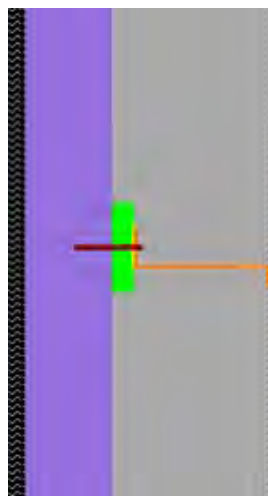


## Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung Schaumglas 4cm Gleitpunkt



- 1 Verankerungsgrund
- 2 Unterkonstruktion
- 3 Dämmung (vlieskaschiert)
- 4 Agraffenprofile
- 5 StoVerotec Trägerplatte
- 6 StoVerotec Photovoltaic Panel mit Würth Solar CIS-Modul

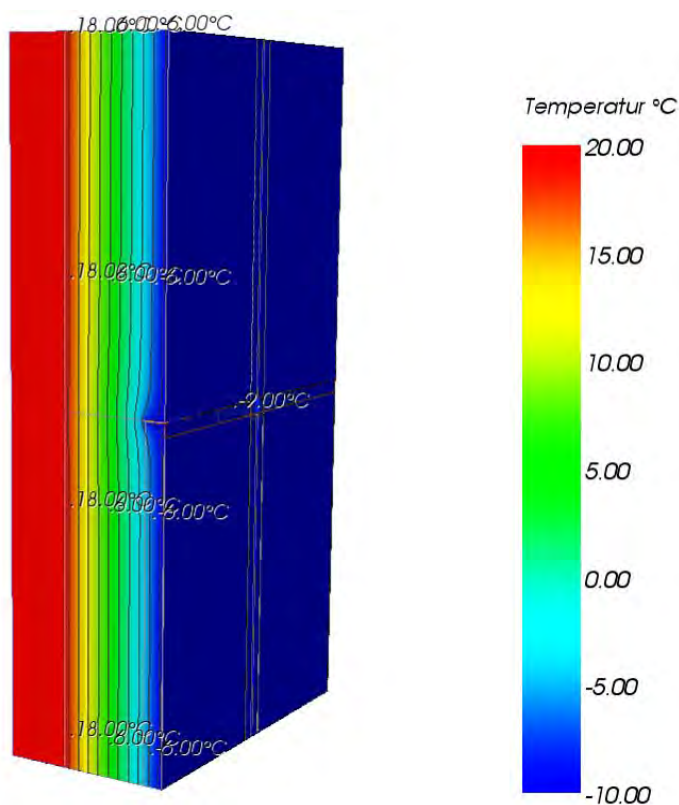
Prinzipskizze



Berechnungsmodell

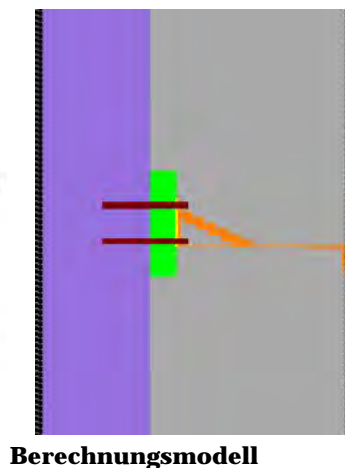
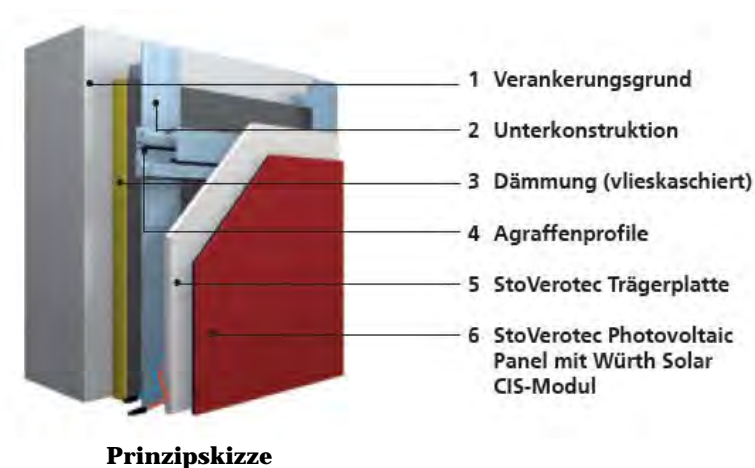
### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\chi_a$	<b>0,029</b>	W/K
Temperaturfaktor	0,98	



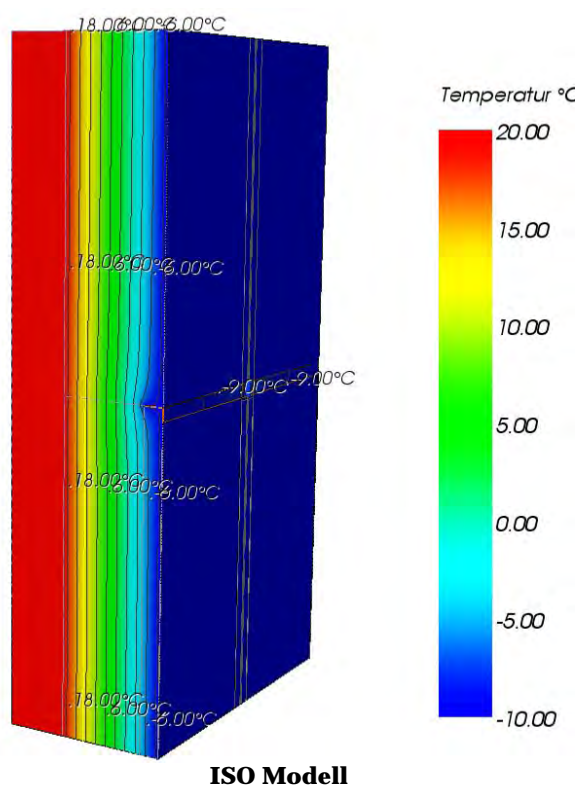
ISO Modell

## Modul mit Eurofox thermisch Entkopplung Schaumglas 4cm Haltepunkt



### Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung

Wärmebrückenkoeffizienten $\chi_a$	<b>0,037</b>	W/K
Temperaturfaktor	0,97	



## Zusammenfassung

Die untersuchten Systeme können systematisch vor allem in

- ganz oder teilweise vorgefertigte Holzfertigteile
- und vor Ort befestigte Metallgrundkonstruktionen

eingeteilt werden.

Die hier bezüglich Wärmebrücken untersuchten Systeme sind also entweder

- punktweise
- geschossweise
- oder nur im Fundamentbereich

an der tragenden Konstruktion statisch befestigt.

Bezüglich der Wärmebrückenwirkung sind die realisierten Projekte von sehr unterschiedlicher Qualität, sowohl bezüglich des Wärmedämmniveaus des Regelquerschnittes wie auch bezüglich der Anschlussqualität. Für die vergleichende Darstellung wurden alle Regelquerschnitte auf einen einheitlichen Wärmeschutz gebracht, der Passivhausniveau entspricht. Die Anschlüsse wurden entsprechend angepasst, aber nicht bauphysikalisch optimiert, um den realisierten Projekten möglichst zu entsprechen.

Die sanierten Gebäude sind vor allem Massivbauten, daher sind wärmetechnisch die Sanierungsvarianten von Vorteil, die die Holzfertigteile vor die alte Fassade stellen. Damit treten an den massiven Geschossdecken oder Trennwänden keine Wärmebrücken auf (z.B. Projekt Remscheid). An die Unterdrückung der Flankenschallübertragung und die Einhaltung der Brandschutzbestimmungen ist in diesem Fall ein besonders hohes Augenmaß zu legen. Bei einer geschossweisen Lastabtragung der Holzfertigteile müssen zwar an allen Auflagerpunkten Wärmebrücken durch die massiven Stahlbetondecken in Kauf genommen werden, Schall und Brandschutz sind allerdings verhältnismäßig leicht in den Griff zu bekommen. Gelungene Lösungen auch in Bezug auf die Integration eines außenliegenden Sonnenschutzes stellt die Sanierung des Studentenwohnheims „Neue Burse“ dar.

Grundsätzlich bieten Holzfertigteilkonstruktionen gerade im Attikabereich große Vorteile, da nach Abbruch der DrempeImauer, etc. eine wärmebrückenfreie Ausführung durch Hochziehen der Fertigteile leicht möglich ist (z.B. Projekt „Neue Burse“).

Von sehr unterschiedlicher Qualität sind die Sockelanschlüsse, die auch bezüglich Feuchteschutz unterschiedliche Risikoniveaus enthalten. Wenig überzeugend ist beispielsweise die Lösung im Projekt „Bad Aibling“. Hier sind deutlich günstigere Lösungen beispielsweise in [Passivhausbauteilkatalog IBO 2008] und [IBO 2010] publiziert (Hinweis: Die Beurteilung des energetischen Nutzens der Porenlüftungsfassade war nicht Gegenstand der bauphysikalischen Bewertung.)

Bauphysikalisch gediegene Lösungen werden in Annexe 50 anhand von Fenster/Wand-Fertigteilen mit integrierten Lüftungs- und Wasserinstallationen dokumentiert. Methodisch nicht ganz klar ist die Zurechnung der Verluste/Gewinne der Lüftungs-/Wasserleitungen. Hierzu müssten auch genauere Angaben zum Haustechniksystem vorliegen.

Die konventionelle Befestigung beispielsweise von Dünnschicht-Solarzellenmodulen auf einer Alu-Unterkonstruktion führt zu sehr hohen punktuellen Wärmeverlusten. Durch eine Optimierung mittels Einlage von Schaumglasdämmstoffen können auch für diesen Fall deutlich geringere Wärmeverluste erzielt werden. Auch eine statisch optimierte Auslegung kann zu einer geringeren Zahl von Aluankern führen.

Für einen Sanierungsbauteilkatalog in Passivhausbauweise könnten eine Reihe von Plusenergiefassaden und Anschlüsse mit entsprechenden Adaptierungen gut übernommen werden.