

TES EnergyFaçade

Innovative vorgefertigte Fassadenelemente aus Holz

Die Verbesserung der Energieeffizienz von Bauten der 1950er bis 1980er Jahre leistet einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen des Gebäudebestandes. Die Gebäudehülle trägt einen erheblichen Anteil zum Energieeinsparpotential bei, die Verbesserungsrate kann bei 80 bis 90% des Wärmedurchgangs liegen. Ein Großteil des Baubestands, insbesondere der Wohnbau aus der erwähnten Zeitspanne, ist im Betrieb aufwändig, energetisch unzulänglich und entspricht nicht mehr den Bedürfnissen seiner Nutzer.

Autoren:

Frank Lattke, Architekt,
wiss. Mitarbeiter am Fachgebiet
Holzbau, TU München.

Stephan Ott, Architekt,
wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für
Holzbau und Baukonstruktion,
TU München.

Stefan Winter,
Ordinarius am Lehrstuhl für Holzbau
und Baukonstruktion, TU München.

Das Ziel des Forschungsprogramms TES EnergyFaçade - *prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope*, war die Entwicklung eines ganzheitlichen Fassadenmodernisierungssystems (TES steht verkürzt für Timber-based Element System), das auf dem Einsatz vorgefertigter, großformatiger Holzbauelemente basiert (Abb. 2). Es trägt zu einer deutlichen Verbesserung der Energieeffizienz modernisierter Gebäude bei und ist in ganz Europa anwendbar.

Im Kern zielt die TES Methode auf die Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes und in dessen Folge auf eine Verminderung von Treibhausgasemissionen im Betrieb unter weitestgehender Verwendung nachwachsender Roh- und Baustoffe!

Optimierter Planungsprozess

Die Verwendung vorgefertigter Modernisierungselemente basiert auf einem präzisen dreidimensionalen Aufmaß, das durchgängig im digitalen Arbeitsprozess verwendet wird, angefangen bei der Bestandsaufnahme, weiter über die Planung, Vorfertigung und die Montage auf der Baustelle.

Die wichtigsten Eigenschaften und Merkmale von TES EnergyFaçade sind (Abb. 3):

- Präzision und Qualität eines ökologischen Bausystems
- Preisgarantie und Verringerung der Arbeiten auf der Baustelle
- Minimierung von Baulärm und Störung der Bewohner
- Verwendung einer Vielfalt von Bekleidungsmaterialien
- Integration von lastabtragenden Komponenten (Balkone etc.)
- Integration von Haustechnik und solar-aktiven Komponenten
- Räumliche Intervention oder Erweiterung (Module) im gleichen Bausystem (Aufstockung)

Internationales Forschungsprojekt

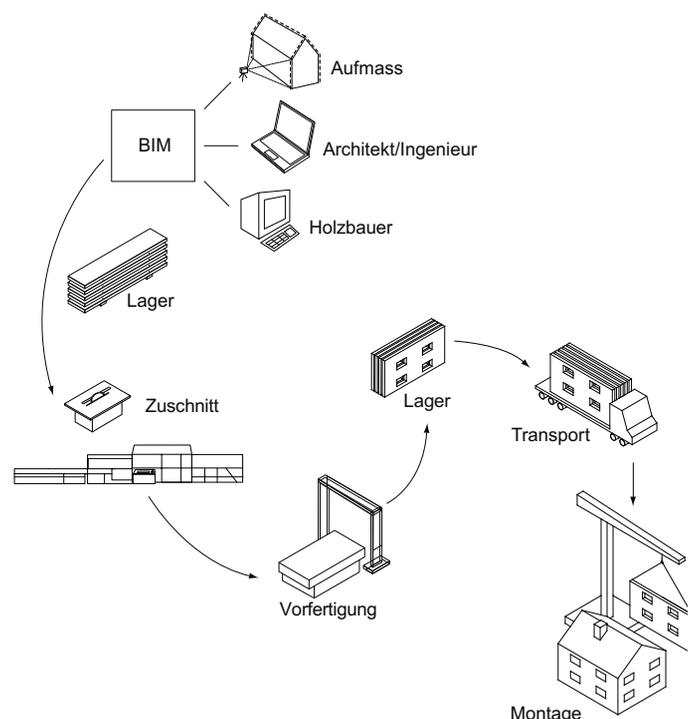
In einem auf zwei Jahre angelegten europäischen Forschungsprojekt des WoodWisdom-Net unter nationaler Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BmBF) haben Teams der Aalto University Helsinki in Finnland, der NTNU Trondheim in Norwegen unter Füh-



Abb1:
Ein vertikales, zweigeschossiges, vorgefertigtes Fassadenelement mit bereits im Werk montierter Faserzementbekleidung vor der Montage. Die Pfosten-Riegel-Konstruktion wird in diesem Fall nach der Befestigung der Elemente am Bestandsgebäude auf die Holzkonstruktion aufgesetzt.

rung der TU München mit Praxispartnern aus dem Holzbau Prozesslösungen entwickelt. Aufgrund der viel versprechenden Ergebnisse wurden weitere Forschungen zu besonderen Fragestellungen, beispielsweise der multifunktionalen Gebäudehülle, in einem Folgeantrag unter dem Titel SmartTES bewilligt. Außerdem waren Teammitglieder aus dem ersten Antrag in einem Aufruf im 7. Rahmenprogramm der EU erfolgreich, der die Industrialisierungspotenziale der energetischen Modernisierung großer Mehrfamilienhäuser anhand von Demonstrationsprojekten untersucht.

Abb. 2:
Der TES-Prozess – Ganzheitliche Fassaden-Modernisierung



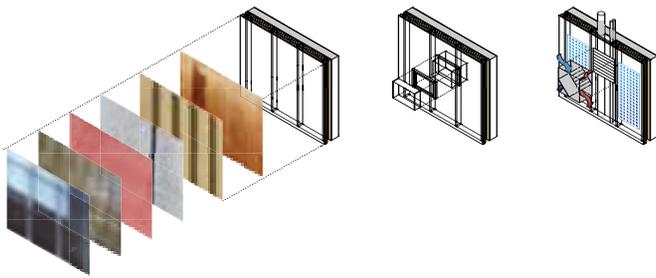


Abb. 3:
Vielfalt der Fassadengestaltung, Integration von Fenstern und Haustechnik

Die Innovationen von TES EnergyFaçade wurden durch mehrere Preise gewürdigt, hervorzuheben sind: der FTP Team-up Award 2009 der europäischen Forest Technology Platform für die erfolgreiche Forschung-Praxis-Kooperation. Das Projekt hat die wichtigste deutschsprachige Auszeichnung für Holzbauten gewonnen, den Deutschen Holzbaupreis 2011. Mit dem hochdotierten Schweighofer Prize 2011 erhielt das Team auch noch einen der international renommierten „Oscars“ des Holzbaus, die nur im

zweijährigen Turnus verliehen werden.

Ablauf / TES Prozess

Der Schlüssel zu beschleunigtem Bauen im Bestand ist der Vorfertigungsprozess. Zudem erhält der Bauherr einen echten Mehrwert durch den definierten Planungs- und Fertigungsprozess. Durch die Minimierung der Ausführungszeit auf der Baustelle wird die Realisierung der Modernisierung verkürzt und die Ausführungsqualität wesentlich erhöht. Die Elemente mit fertigen Oberflächen und Einbauteilen wie Fenstern werden auf der Baustelle lediglich noch an Ort und Stelle montiert. Die Herstellung der Elemente in kontrollierten Arbeitsumgebungen gewährleistet eine gleichbleibend hohe Qualität und die Zahl der baustellenkritischen Bauteilfugen wird stark minimiert.

Der Prozess beschreibt eine durchgehende Struktur entlang der digitalen Fertigungskette: Bestandsaufnahme – Digitales Aufmaß – Planung – Vorfertigung – Montage

Die Verantwortlichkeiten aller Interessengruppen sind durch den digitalen Arbeitsprozess vorgegeben. Die gegenseitigen Abhängigkeiten und Fragestellungen (Architektur, Materialität, Erscheinung, Tragwerksplanung, Brandschutz, Bauphysik) müssen im Hinblick auf den jeweiligen Bestand und Zustand des Modernisierungsobjektes während der Planungsphase gelöst werden.

Technische, funktionale und bauordnungsrechtliche Bestandsaufnahme

Eine lückenlose, präzise Bestandsaufnahme ist ein unerlässliches Instrument für die Fassadenmodernisierung mit vorgefertigten TES-Elementen. Bestandspläne sind häufig nicht vorhanden oder entstammen der Baueingabephase des Gebäudes mit entsprechenden Abweichungen in der Ausführung. Oft existiert keine Dokumentation des tatsächlich gebauten Bestan-

des. Die Bauteile der bestehenden Gebäudehülle müssen auf ihre thermische Qualität, Schäden und Tragfähigkeit (Auszugsversuche von Ankern, Druckfestigkeiten der alten Baustoffe) untersucht werden.

In öffentlichen Gebäuden ist eine Überprüfung und meist auch Nachrüstung des Brandschutzes notwendig. Die wichtigsten geometrischen Parameter für die TES EnergyFaçade sind neben der Fassadenebenheit, die dreidimensionale Lage und gegebenenfalls Schichtung der Außenwand, tragender Wände oder Stützen, der Decken, des Sockels und der Traufe.

Digitales Aufmaß

Zur korrekten Geometrie für die Vorfertigung gelangt der Holzbaubetrieb durch ein digitales Aufmaß. Als Planungsgrundlage muss die Gebäudegesamtgeometrie mit den Öffnungen aufgenommen werden. In den frühen Planungsphasen können durch die Anwendung der Einzelbildphoto-



Abb. 4:
Unebenheit der gescannten Fassadenoberfläche in einem Höhenschichtenmodell in Flaschenfarben dargestellt (blaue Flächen liegen tiefer als die grüne Nullebene und rote Flächen höher).

grammetrie aus einem Messbild beliebige Messpunkte am Computer vermessen werden. Es genügt ein Digitalbild und eine Auswertesoftware zur Bildverzerrung und -skalierung (Verfasser: Stephan J. Ott).

TES Elemente sind völlig plan. Deshalb müssen die Unebenheiten der Fassadenflächen dreidimensional erfasst werden, um einen Ausgleichspalt zwischen Element und unebenem Bestand dimensionieren zu können.

Verschiedene Methoden sind für das fertigungsrelevante, dreidimensionale Fassadenaufmaß geeignet. Als robust und

Anzeige



Speed-Cut-Machine SC-3

Das schnelle Zuschnittcenter für alle Holzbaubetriebe.
Für Querschnitte von 20 x 40 mm bis 200 x 450 mm.

Hans Hundegger
Maschinenbau GmbH
D-87749 Hawangen
Tel. +49 (0)8332 92330
info@hundegger.de

Innovationen für den Holzbau

 **Hundegger**
www.hundegger.de

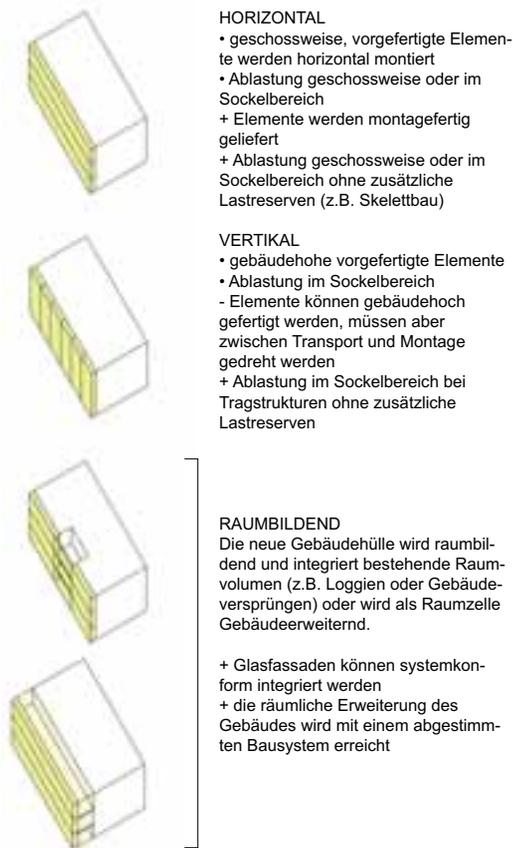


Abb. 5: Grundlegende Systematiken für die Verwendung von TES EnergyFaçade-Elementen.

präzise haben sich vor allem das Tachymeter-Aufmaß und das 3D-Laserscanning herausgestellt. Die Parameter Objektdistanz, Genauigkeit, Erfassbarkeit und Anzahl von Messpunkten müssen für alle Messverfahren beachtet werden. Die beiden Verfahren eignen sich sehr gut für die im Fassadenbereich benötigten Entfernungen bis etwa 50 m. Die Genauigkeit der Messgeräte liegt dabei im Bereich von etwa vier Millimeter und ist damit ausreichend präzise für ein Fassadenaufmaß.

Das Tachymeter vermisst ausgewählte, diskrete Punkte besonders effizient auf Lochfassaden oder freigelegten Skelett- und Schottenstrukturen. Die manuelle Punktauswahl durch den Aufmessen beschränkt die Zahl der erfassbaren Punkte aus wirtschaftlichen Gründen. Die Punktdaten sollten bei der Erstellung des Aufmaßes nach

Gebäudekanten und Fassadenöffnungen strukturiert werden, da das die Nachbearbeitung und Orientierung im digitalen Modell vereinfacht.

Der 3D-Laserscanner kann bei komplexeren Gebäudehüllen mit Versprüngen oder vielen Details seine Stärken ausspielen. Der Laserpuls tastet dabei die Fassadenoberfläche in einem gewählten Raster von wenigen Millimetern bis zu mehreren Zentimetern ab und erfasst die Messpunkte automatisch. Die erzeugte Punktwolke zeigt ein sehr differenziertes dreidimensionales Fassadenabbild mit Lage-, Größen- und Unebenheitsinformation. Mehr und mehr CAD-Programme sind in der Lage Punktwolken zu verarbeiten. Die Auswertung der Punktwolke hinsichtlich der Fassadenebenheit wie in Abb. 4 ist hier weit präziser als bei der Tachymetrie.

Für die Ausführung werden anschließend die digitalen Geometriedaten zur exakten Positionierung der neuen Elemente benötigt. Am digitalen Gebäudemodell lassen sich zudem Varianten des Montageablaufs, der Einsatz von

DELTA[®] System

DELTA[®] schützt Werte. Spart Energie. Schafft Komfort.

DÖRKEN

DELTA[®]- Lösungen

für die Holzrahmen-
bauweise



PREMIUM - QUALITÄT

Holz sorgt für ein angenehmes Wohnklima.

Die DELTA[®]-Systeme bieten deshalb viele gestalterische Möglichkeiten und gute bauphysikalische Werte – von der Bodenplatte über die Fassade bis zum Dach. Professionelle Lösungen, um Wärmeverluste zu vermeiden.

Dörken GmbH & Co. KG · 58311 Herdecke
Tel.: 0 23 30/63-0 · Fax: 0 23 30/63-355
bvf@doerken.de · www.doerken.de

Ein Unternehmen der Dörken-Gruppe

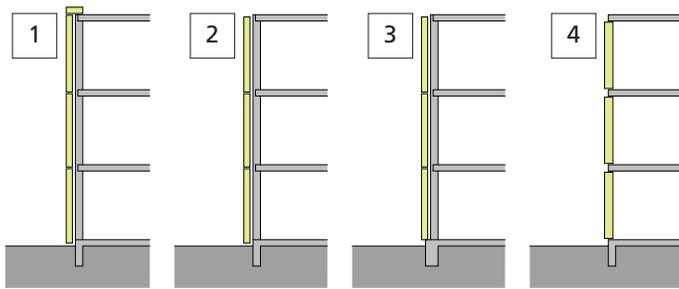


Abb. 6:
Prinzipskizzen zur Verbindung von Bestand und Fassadenelementensystem.

Hebezeugen, die Logistik und Lagerung simulieren. Im Ergebnis bietet die Methode dem Bauherrn einen systematisierten Arbeitsablauf und einen ganzheitlichen Planungsprozess, um Kostensteigerungen oder Verzögerungen von vornherein auszuschließen.

Konzept und Bestandteile von TES EnergyFaçade

Die TES-Elemente sind Holzrahmenbauelemente kombiniert mit der jeweils gewünschten Fassadenoberfläche. Die bestehenden Außenwände oder Tragstrukturen wie Deckenvorderkanten weisen jedoch immer Unebenheiten auf, die durch eine zusätzliche, dämmstoffgefüllte Anpassungsebene zwischen dem Bestand und dem TES Element ausgeglichen werden. Diese Schicht dient auch zur „wärmetechnischen Kopplung“. Versuche im Forschungsprojekt haben gezeigt, dass auf den Elementen befestigte, sehr weiche Dämmungen im Bereich von Stößen und Anschlussfugen benötigt werden.

Die restlichen großen Flächen hinter den Elementen lassen sich durch ein speziel-

les Verfahren mit Zelluloseeinblasdämmung sehr effizient füllen. Die Zugänglichkeit über einen offenen Spalt von mindestens 30 mm in den Fensterleibungen ist für den Ausblasvorgang ausreichend. Die Füllung mit Zellulose im Spalt verringert die Gefahr der Konvektion und puffert Feuchte aus den ggf. noch trocknenden Bestandswänden. Abb. 5 zeigt die möglichen Systematiken der Bauweise.

TES-Befestigung

Die Befestigung der Elemente ist primär vom Bestand, dessen Tragsystem und den vorhandenen Lastreserven abhängig. In den häufigsten Fällen werden die Elemente geschossweise unterteilt. Sie können dann an die Bestandsdecken über einen vormontierten und exakt justierten, umlaufenden Streichbalken oder einzelne Stahlwinkel angebunden werden. Diese Befestigungsbauteile leiten die Vertikallasten der Schwellen über Anker in den Bestand ein, die gleichzeitig die Horizontalkräfte übernehmen müssen. Die Befestigungen erfolgen verdeckt, wie im Holzbau üblich, zum Beispiel durch verschraubte Versätze an den Elementstöße wie in Abb. 11 zu sehen ist. Stahlteile werden in die Holzkonstruktion eingelassen und stellen somit keine Wärmebrücke dar.

Abb. 6 zeigt die prinzipiellen Möglichkeiten für die Verbindung der TES-Fassadenelemente mit dem Bestand:

Abhängen von der obersten Geschossdecke (1), geschossweises Anhängen an die Bestandsdecken (2) oder das Stapeln auf ein Auflager am Sockel (3). Für Skelett- und Schottenbauten mit rückgebauter Systemfassade ist das Einstellen in die tragende Konstruktion die praktikabelste Lösung (4).

Luftdichte Anschlüsse an den Bestand

Die konstruktiven Anschlüsse an den Bestand – besonders im Bereich um die Fensteröffnungen – benötigen bei der TES Methode besondere Aufmerksamkeit. Die Bestandswand stellt die luftdichte Ebene hinter dem Element dar, gegebenenfalls müssen dort vorhandene Risse und Schäden dauerhaft beseitigt werden. In der Fensterleibung und im Übergang Wand oder Decke zu Element muss ein luftdichter Anschluss hergestellt werden, damit wird Konvektion zwischen Innenraum und Anpassungsschicht sowie Dämmschicht vermieden. Dies gilt auch für den Übergang

Abb. 7:
Der Vorfertigungsgrad wurde vom Bauablauf bestimmt: Die Elemente inklusive Dämmung und Faserzementbekleidung wurden im Werk gefertigt, die Verglasung wurde als Pfosten-Riegel Konstruktion vor Ort eingesetzt, da die Befestigungsleiste jeweils einen Elementstoß überdeckte.



Abb. 8:
Ziel der Modernisierung ist die Verbesserung der gesamten Gebäudehülle mit einem kompletten Austausch der vorhandenen Glas-Metall Fassade durch vorgefertigte TES Elemente. Der Stahlbau gab ein sehr exaktes Abstandsmaß und eine hohe Genauigkeit vor, auf das die TES Elemente mit einer Toleranz im Millimeterbereich abgestimmt wurde.

von TES Element zur Sockelzone, zur Traufe und zu den seitlichen Randabschlüssen.

Brandschutz

Die TES EnergyFassade besteht in der Regel aus selbsttragenden Fassadenelementen vor der tragenden Bestandskonstruktion. Sie muss die Anforderung gemäß der jeweiligen Landesbauordnung erfüllen. Das Schutzziel ist die Begrenzung der Brandausbreitung bis maximal zwei Geschosse über dem Initialbrandbereich. Bis Gebäudeklasse 3 gelten nach Musterbauordnung keine Einschränkungen für Fassadenbauteile. Für die Gebäudeklasse 4 und 5 gilt die Bauteilanforderung W30-B und dazu die Anforderung B1 für die Fassadenoberfläche.

Bei den TES Elementen muss zwischen dem konstruktiven Kern, das heißt der beplankten Holzrahmenkonstruktion, und der Fassadenoberfläche als Bekleidungsschicht unterschieden werden. Die Bauteilanforderung des Kernelements wird gewährleistet, indem die Elementvorderseite mit einer schützenden Beplankung zur Einhaltung von W30-B versehen wird (z.B. 12,5 mm Gipsfaserplatte). Des Weiteren müssen die Anschlüsse, insbesondere der Fensteröffnungen, an den Bestand in der Qualität des Außenwandbauteils ausgeführt sein.

Zur Begrenzung der Brandausbreitung bei der Verwendung von brennbaren Dämm-

stoffen ist die Abschottung der Elemente und des Ausgleichsspalts am horizontalen Geschosstoß und den Vertikalstößen notwendig.

Auf die Fassadenbekleidung soll nur insofern eingegangen werden, als dass auch sie das Schutzziel einhalten muss. Zur Ausführung der Fassaden in Holz liegen Empfehlungen als Ergebnisse aus zahlreichen Versuchen im abgeschlossenen Forschungsprojekt „Holzbau der Zukunft – TP 02 Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau“ vor, s. [Winter/ Merk 2009]. Mit Hilfe der dort aufgeführten Konstruktionsbeispiele können die Anforderungen des Schutzziels erfüllt werden. ■

Literaturhinweise

Web Links:

<http://www.tesenergyfacade.com>,
<http://www.smarttes.com>,
<http://www.e2rebuild.com>

[Henke u.a. 2010] Henke K., Schaf-frath J., Winter S.: Maßgefertigte Vakuum-Dämmelemente für das Bauen im Bestand. in: Ingenieurvermessung 10 - Beiträge zum 16. Internationalen Ingenieurvermessungskurs München, 2010, Wunderlich T. A. (Hrsg.), Wichmann Verlag, Berlin, 2010.

[Heikkinen u.a. 2011] Heikkinen P., Kaufmann H., Winter S. (Hrsg.): TES EnergyFassade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. S. 103ff. Verbundforschungsprojekt 2008-2009, TUM, Förderkennzeichen BMBF 0330830A, München, 2011.

[Winter/ Merk 2009] Winter S., Merk M.: Teilprojekt 02 – Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau, in: Holzbau der Zukunft, München, 2009

Bildquellen

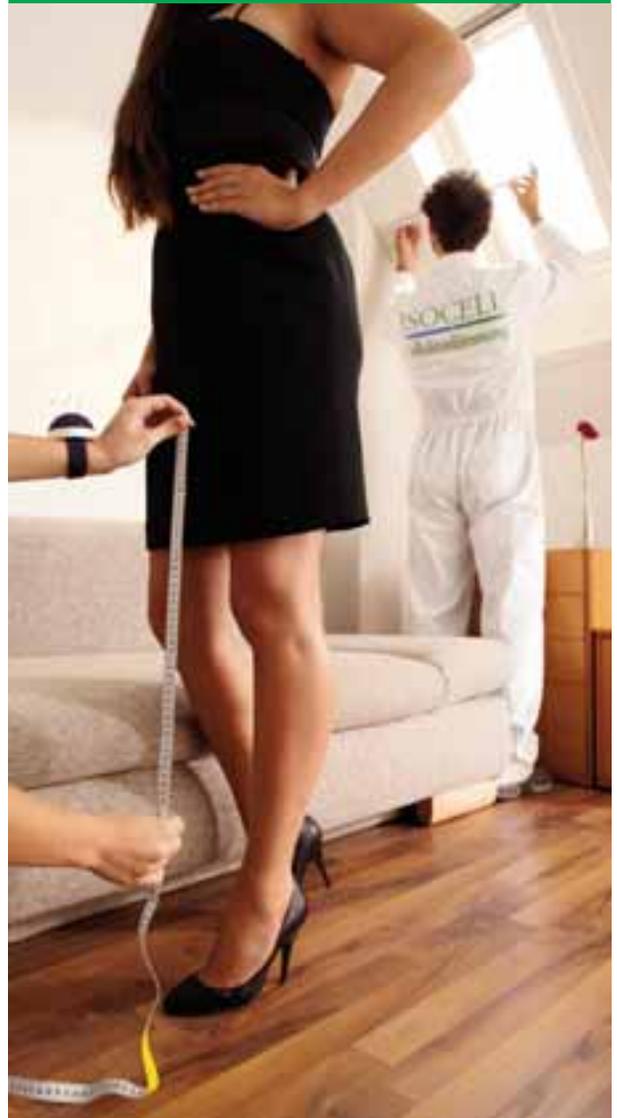
TU München: Abb. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11
 Frank Lattke: Abb. 1, 7, 9, 10, 11



Abb. 9: Die gebäudehohen Holzelemente im Achsraster des Bestands von 2,10 m sind am Sockel auf eine Stahlkonsole aufgestellt und an vier Punkten kraftschlüssig an die Stützen angeschlossen. Im Fassadeneck an der Stahlstütze ist der Versatz für den vertikalen Elementstoß.

ISOCELL

Maßgeschneiderte Lösungen für Neubau und Sanierung

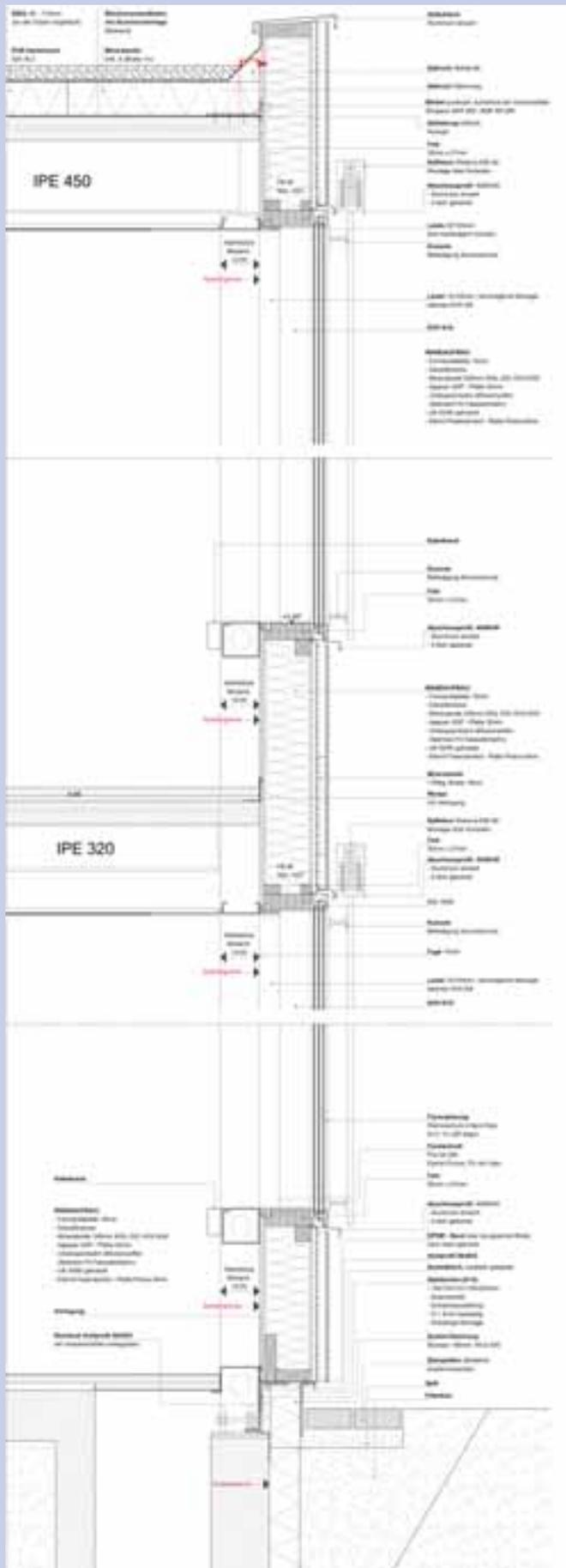


Ein ungedämmtes Dach über ausgebautem Wohnraum, die Abdichtung der Bauanschlussfuge, die Anbindung von Dampfbremsen an Ziegel und Beton, ein überputzbares Klebeband usw. Sie haben die Anforderung - wir haben die **Zellulosedämmung** und das **Luftdichtheitssystem**.

WWW.ISOCELL.AT

Infokasten:

Praxisbeispiel: Schulmodernisierung in Gundelfingen



Größe des Gebäudes: EG + 1. Obergeschoß
 Gebäudelänge/-breite: ca. 51,0 m × 33,3 m
 Attikahöhe: ca. 7,9 m
 Kubatur: ca. 10150 m³
 Nutzfläche: ca. 2200 m²

Wandaufbauten von innen nach außen:
 Stützen Hohlprofile 12/20 (Bestand)
 GKF-Platte 15mm
 Mineralwolle 240mm/KVH 8/24
 UDP-Platte 32mm
 Unterspannbahn diffusionsoffen
 UK 50/60, Faserzementplatte 8mm

Dachaufbau von innen nach außen:
 Stahlbetondecke 12cm (Bestand)
 Bitumenschweißbahn (Bestand)
 PUR Hartschaumdämmung 24cm
 Dachabdichtung Kunststoffbahn
 Kiesschüttung

U-Wert Wand: 0,19 W/m²K
 U-Wert Dach: 0,15 W/m²K
 Primärenergiebedarf: Q_p 51,2 kWh/m²a
 Transmissionswärmeverlust: H_T' 0,37 W/m²K

Planung:

lattkearchitekten, Augsburg; IB Hauf, Gundelfingen

Holzbau:

ARGE Gumpp & Maier und Mayer, Binswangen

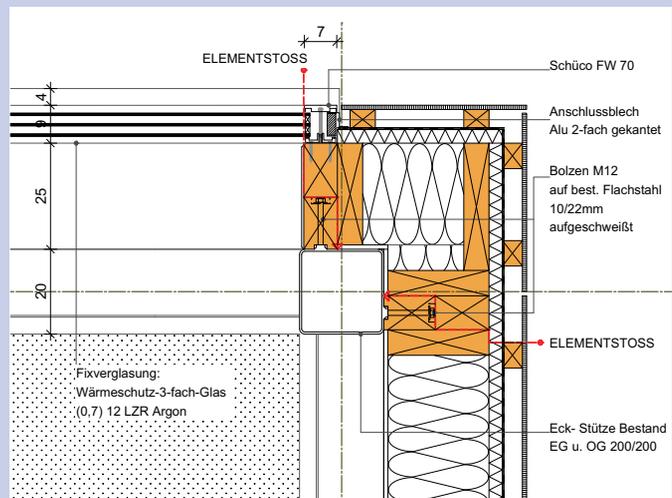


Abb11:

Der vertikale Elementstoss wird über präzise Versätze verbunden, wie hier am Grundriss der Außenecke der Fassade zu erkennen. Zuerst wird das Grundelement mit einer Gewindeschraube kraftschlüssig an der Stahlstütze befestigt. Im nächsten Schritt wird das Folgeelement über den Versatz passgenau angeschlossen und mit Holzschrauben fixiert. Abschließend wird die Pfosten-Riegel-Konstruktion aufgesetzt.

Abb. 10:

Der Fassadenschnitt zeigt den Stahlskelettbau aus dem Jahr 1975 und die vor den Bestand gestellten Fassadenelemente. In den Stahlstützen werden nach wie vor Heizung, Lüftung vertikal im zeigeschossigen Gebäude verteilt, ein Fassadenbau-GARTNER-Patent. Die 60 mm starken Blechpaneele der Brüstung und die vertikalen Schiebefenster werden rückgebaut.