



Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz

5. Freiburger Holzbautagung

2008

_ Inhalt

5. Freiburger Holzbautagung

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz

Tagungsband zur Veranstaltung am 16. Oktober 2008 im WaldHaus Freiburg

- Seite 4 **1 _ Solare Gebäude der Zukunft**
Prof. Dr. Wilhelm Stahl, Stahl + Weiß, Freiburg
- 20 **2 _ Bauen unter energetischen Aspekten: Zwei Schulgebäude in Düsseldorf**
Dip.-Ing. Architekt Jörg Wollenweber, Düsseldorf
- 30 **3 _ Sanierung eines Wohnhauses der 1950er Jahre in Ailingen**
Dip.-Ing. Architekt Alexander Ilg, Deggenhausertal
- 42 **4 _ TES EnergyFacade – Eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbauelemente**
Dipl.-Ing. Architekt Frank Lattke, TU München
- 54 **5 _ Holzbau im Wandel – Nachhaltiges Bauen mit multifunktionalen Massivholz-Bauteilen**
Werner Eckert, Lignotrend Produktions GmbH, Weilheim-Bannholz
- 64 **6 _ Aufstockung im großen Stil: die Ford-Siedlung in Köln**
Dipl.-Ing. Architekt Joachim Seinecke, Archplan, Münster

Die Moderation der Veranstaltung übernahm:

Prof. Dipl.-Ing. Kurt Schwaner

Hochschule Biberach

Karlstraße 11

88400 Biberach

07351 582-521

schwaner@fh-biberach.de

www.fh-biberach.de

Für den Inhalt der Vorträge sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich. Sofern nicht gesondert vermerkt, liegen die Rechte aller Abbildungen bei den jeweiligen Autoren.

Dipl.-Ing. Frank Lattke
Technische Universität
München
Fakultät für Architektur
Arcisstraße 21
80333 München
089 289 25497
frank.lattke@lrz.tum.de

Frank Lattke, geb. 1968
Tischlerlehre,
Architekturstudium an der
TU München und ETSAM Madrid

Lehr- und Wanderjahre in Australien.
seit 2001 eigenes Büro in Augsburg
seit 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Fachgebiet Holzbau, Prof. Hermann Kaufmann,
Fakultät für Architektur der TU München
seit 2007 Projektleiter Forschungsprojekt
TES EnergyFacade

4 _ TES EnergyFacade

TES EnergyFacade – eine Sanierungsmethode für Bestandsbauten durch vorgefertigte Holzbauelemente

1 _ Prolog

TES EnergyFacade¹ 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.

Das Projekt ist Teil des europäischen Verbundprojektes im Era-Net Woodwisdom-Net unter Beteiligung von Wissenschaft und Praxis mit Partnern aus Deutschland, Finnland und Norwegen. Der deutsche Anteil der Forschungsmittel wurde im Rahmen des BMBF-Förder-schwerpunktes „Nachhaltige Wald-wirtschaft“ finanziert.

¹ TES Energy Façade (timberbased element systems for improving the energy efficiency of the building envelope) ist ein internationales Forschungsprojekt gefördert vom BMBF unter der Projektleitung der TU München. Laufzeit 2008 / 2009

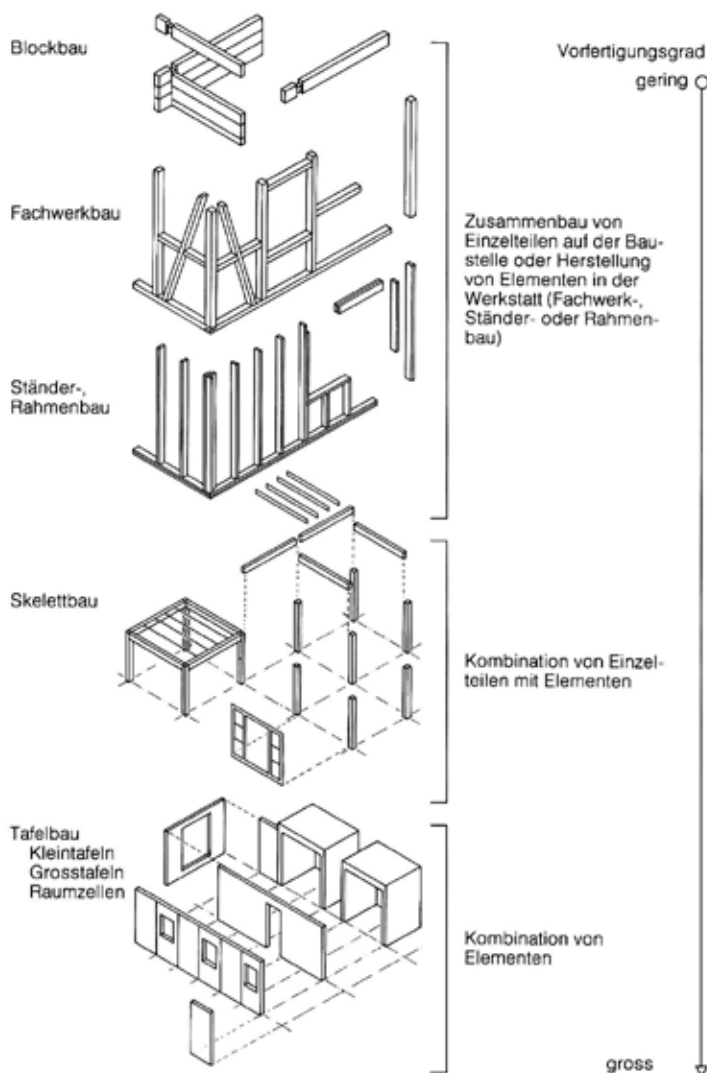


Abb. 1: Überblick über die unterschiedlichen Holzbauweisen und Vorfertigungsmethoden [Kolb J., Systembau mit Holz, Lignum 1988]

Mit der Herstellung von plattenförmigen Holzwerkstoffen (Sperrholz, Spannplatte, OSB, Kerto) gelang es flächige, statisch wirksame Wand- und Deckenelemente herzustellen. Man unterscheidet zwischen Skelettbauweise (stabförmige Tragstrukturen) und der Tafelbauweise mit Holzrahmen- oder Massivholzelementen. Die Hierarchie des Tragwerks ist bestimmt durch die Form (Stab, Tafel) und die statische Beanspruchung (Fläche, Linie, Punkt) der einzelnen Tragwerkselemente.

Die modernen Holzbauweisen zeichnen sich heute durch einen hohen industriellen Vorfertigungsgrad aus. Rationalität und Präzision bestimmen den Herstellungsprozess.

Vorfertigung:

Abb. 2:

Vorfertigungsstufen,

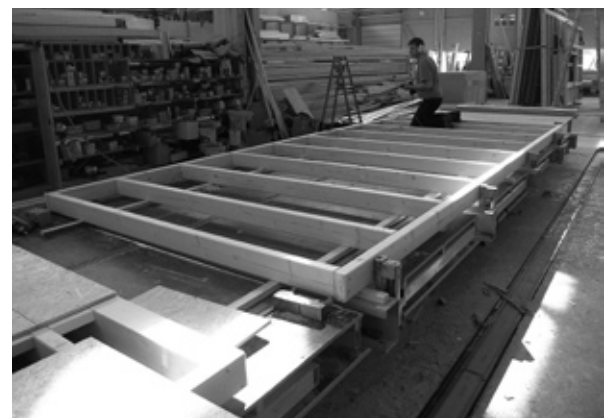
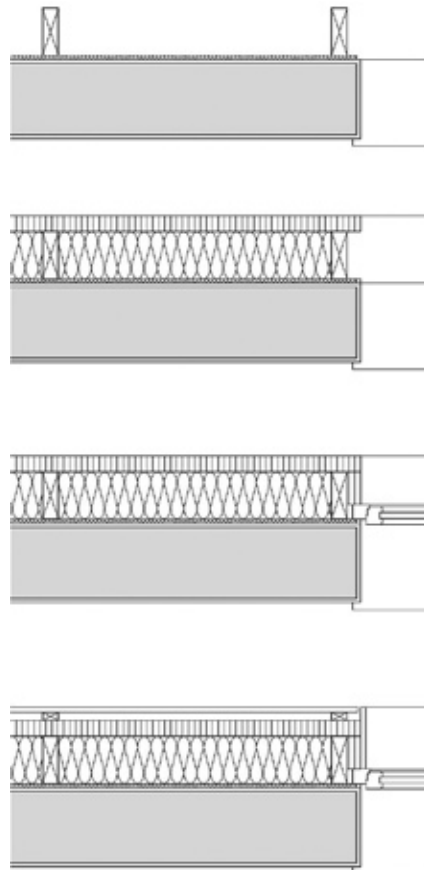
Abb. 3 (rechts):

automatisierter Abbund,

Abb. 4 (rechts unten) :

Abbundtisch,

[TUM, Lattke]



Die modernen Vorfertigungsmethoden im Holzbau sind bestimmt durch optimierte Fertigungsabläufe unter Einsatz von mehr oder weniger automatisierten maschinellen Arbeitsschritten. Die standardisierten Abläufe in einer immer gleichen Arbeitsatmosphäre einer trockenen Werkhalle ermöglichen einen kontrollierten und hohen Qualitätsstandard. 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 Tafel-elementen 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.

Die Wahl der jeweiligen Methode ist abhängig von der Bauaufgabe und den technischen Möglichkeiten. Je weiter ein Bauteil bearbeitet ist, desto wichtiger ist der Schutz bei Transport und Montage gegen Witterungseinflüsse und Transportschäden.

2 _ Bauen im Bestand

Potenzial

Einer der Hauptbeiträge zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes in die Atmosphäre ist die Verringerung des Heizwärmebedarfes der Bestandsgebäude durch eine erhebliche Verbesserung der Dämmung der Gebäudehülle. Der Heizenergiebedarf von ca. 24 Mio WE in Deutschland liegt mit 250-300 kWh/m²a weit über den Richtwerten der ENEC Neubau, ganz zu schweigen von der Effektivität eines Passivhausstandards.

Baujahr	Bestand	in %	kumuliert in %
bis 1918	5.673.000	14,3%	14,3%
1919 bis 1948	5.389.000	13,6%	28,0%
1949 bis 1978	18.301.000	46,3%	74,2%
1979 bis 1990	5.237.000	13,2%	87,5%
1991 bis 1995	1.630.000	4,1%	91,6%
1996 bis 2000	2.023.000	5,1%	96,7%
2001 bis 2004	1.061.000	2,7%	99,4%
2005 und später	237.000	0,6%	100,0%
Summe 2006	39.551.000	100,0%	

Tabelle 1:
Wohneinheiten in
Gebäuden mit Wohnraum
nach dem Baujahr in
Deutschland Stand 2006
[www.destatis.de]

Die wichtigste Bauaufgabe der Zukunft liegt in der Sanierung und Ertüchtigung des Baubestandes. Die Verknappung der Energieressourcen wird diese Notwendigkeit in den nächsten Jahrzehnten drastisch beschleunigen. Die aktuellen Veröffentlichungen der Weltklimakonferenz verlangen entschlossenes Handeln. Die Herausforderung liegt in der Umsetzung konsequent nachhaltiger Strategien, um möglichst ressourcenschonend sowohl den Bau als auch den künftigen Betrieb von Gebäuden zu gewährleisten. Über 95% des Deutschen Wohnraums entstand vor 1995, insbesondere zwischen 1949 und 1978 – perfekte Voraussetzungen für energetisch und wohnlich intelligente Sanierungen. Unter der ganzheitlichen Betrachtung der Energiekreisläufe werden biogene Baustoffe, insbesondere Holz, eine große Bedeutung erlangen, wenn es gelingt, geeignete Systeme anzubieten.

Beim Bauen im Bestand hat Holz durch die Möglichkeit der Vorfertigung und die damit verbundenen kurzen Bauzeiten, seines geringen Gewichtes sowie seines ökologischen Profils große Vorteile gegenüber anderen Baustoffen. Nicht nur, dass in einem Gebäude aus Holz langfristig das im Holz enthaltene CO₂ gespeichert ist, sondern auch die Tatsache das der Baustoff leichter als andere ist.

Die moderne Holzrahmenbauweise ist bezogen auf das Gewicht pro m² Wohnfläche um ein Viertel leichter als vergleichbare Konstruktionen aus Ziegel oder Beton bei gleichzeitiger hoher Festigkeit in Faserrichtung. Für eine ganzheitliche energetische Betrachtung bedeutet das, dass weniger Energie für Herstellung und Transport aufgewendet werden muss.²

² Arbeitsheft 3/03 –
CO₂ – Der Beitrag Holz
zum Klimaschutz

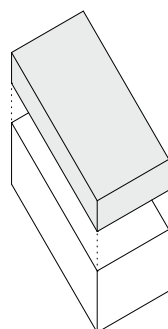
Sanierung – die zweite Chance der Architektur!

Ein Großteil des gesamten Baubestandes, insbesondere auch der Wohnbau in Deutschland ist funktional überholt, im Betrieb aufwändig, energetisch unzulänglich und entspricht nicht mehr den Komfortwünschen der Gesellschaft. Das heißt, dass die eigentlichen Bauaufgaben der Zukunft in der Bestandsanierung liegen werden. Diese Tatsache eröffnet große Chancen für alle am Bau Beteiligten, denn der Zustand und vor allem die unzulängliche energetische Qualität der Bauten erfordert eine grundlegende Herangehensweise, was oft mit einer kompletten Umgestaltung einher geht. Bausünden der Vergangenheit können so gemildert oder gar eliminiert werden, und die Forderungen nach Nachverdichtung und Ergänzung bietet die Möglichkeit städtebaulicher Korrekturen.

Bauen im Bestand

Systematischer Überblick über die baurechtlichen und konstruktiven Anforderungen bei möglichen Interventionen im Bestand:

AUFSTOCKUNG – vertikale Verdichtung des Gebäudebestandes unter Ausnutzung vorhandener Reserven der Tragstruktur

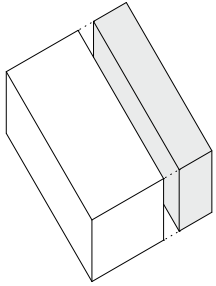


Anforderungen:

- Brandschutz
- Erdbebensicherheit
- Schallschutz
- Standsicherheit des Bestandes
- Baugrund / Setzungen
- Gebäudeklassen / Baurecht
- Abstandsflächen
- Parkplätze

Abb. 5:
Bestandsinterventionen
[TUM, Lattke]

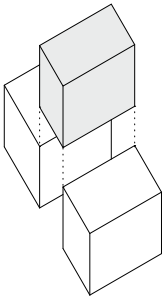
ANBAU – räumliche Erweiterung in horizontaler Richtung



Anforderungen:

- Brandschutz
- Erdbebensicherheit
- Schallschutz
- Standsicherheit des Bestandes
- Baugrund / Setzungen
- Gebäudeklassen / Baurecht
- Abstandsflächen
- Parkplätze

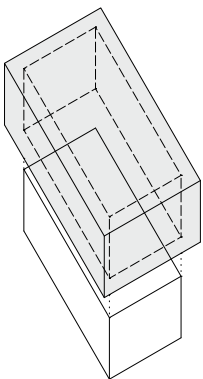
FÜLLUNG – räumliche Schließung von Baulücken



Anforderungen:

- Brandschutz
- Erdbebensicherheit
- Schallschutz
- Standsicherheit des Bestandes
- Baugrund / Setzungen
- Gebäudeklassen / Baurecht
- Abstandsflächen
- Parkplätze

AUFDOPPELN / ERSETZEN – Verbesserung und/oder Ersatz der vorhandenen Gebäudehülle
(Dach / Wand) zur energetischen Sanierung



Anforderungen:

- Brandschutz
- Schallschutz
- Standsicherheit des Bestandes
- Baugrund / Setzungen
- Gebäudeklassen / Baurecht
- Abstandsflächen

Abb. 5 (Fortsetzung):
Bestandsinterventionen
[TUM, Lattke]

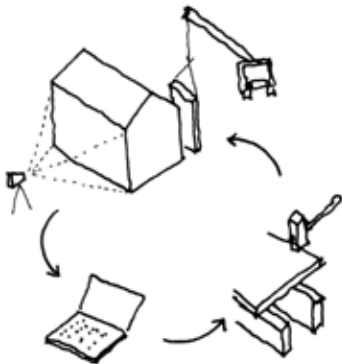
3 _ Gebäudehülle

3.1 _ Status Quo

Die derzeit in der Praxis angewandten Methoden zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle stammen aus dem Neubaubereich und sind zu wenig spezifisch für die gestellte Aufgabe. Die gängige Praxis der energetischen Ertüchtigung lässt sich folgendermaßen charakterisieren: handwerkliche, unergonomischen Arbeitsweisen (teilweise aus dem Neubaubereich), Verwendung von umweltbelastenden Dämm- und Werkstoffen, Zuschnitt und Verarbeitung auf der Baustelle mit hohen Staub- und Lärmemissionen, hoher Verschnitt- und Verschmutzungsgrad, Störung des Wohnumfeldes.

Die Baustoffe, die bei konventioneller Sanierung der Gebäudehülle angewendet werden, erfordern zum Teil einen hohen Energieeinsatz bei deren Herstellung oder sind in der Verarbeitung gesundheitsgefährdend. Bekanntermaßen werden zu einem Großteil Dämmstoffe aus Mineralfaser oder PUR-Schäumen verwendet. In der Lebenszyklusbetrachtung fällt auf, dass diese Materialien einen relativ hohen Anteil an grauer Energie haben und die Entsorgung ungelöst ist. In diesem Zusammenhang stellen vorgefertigte Systeme und der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen derzeit eine marginale Ausnahme dar.

Abb.6:
Arbeitsabläufe,
[TUM, Lattke]



3.2 _ Methode

TES EnergyFacade ist ein systematischer Prozess zur Bestandserfassung, Renovierungsplanung, Realisierung 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 (BIM).

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.

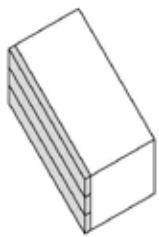
TES EnergyFacade ist ein vorgefertigtes Holzbausystem für Sanierungsmethoden, die einen energetisch hocheffizienten Standard erreichen. In Forschungsprojekt werden die Erfahrungen und das Wissen der regionalen Forschungspartner aus Wissenschaft und Industrie gebündelt, um einheitliche Konstruktionsstandards zu definieren und somit Marktpotenziale für Produzenten und Zulieferer zu generieren.

Das Ergebnis bildet eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung von digitalen Aufmaßtechniken und einem reibungslosen Arbeitsablauf sowie kosteneffiziente, ökologische, energieeffiziente Methoden zur Optimierung der Gebäudehülle.

3.3 _ Elementierung

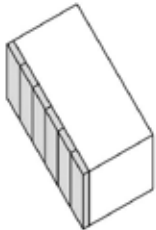
Mit der Entwicklung des vorgefertigten Holzbausystems TES EnergyFacade werden Lösungen aufgezeigt, wie die Vorteile des modernen vorgefertigten Holzbaus auch im Bereich der energetischen Sanierung der Gebäudehülle genutzt werden können.

Systematik: Gebäudehülle



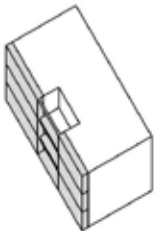
HORIZONTAL

- geschossweise, vorgefertigte Elemente werden horizontal montiert
- Ablastung geschossweise oder im Sockelbereich
- + Elemente werden montagefertig geliefert
- + Ablastung im Sockelbereich bei Tragstrukturen ohne zusätzliche Lastreserven oder geschossweise (z.B. Skelettbau)



VERTIKAL

- gebäudehohe vorgefertigte Elemente
- Ablastung im Sockelbereich
- Elemente können gebäudehoch gefertigt werden, müssen aber bei der Montage gedreht werden
- + Ablastung im Sockelbereich bei Tragstrukturen ohne zusätzliche Lastreserven



RAUMBILDUNG

- Gebäudehülle wird raumbildend, z.B. Einfassung von Loggien oder Gebäudevor- oder -rücksprüngen
- + Glasfassaden können systemkonform integriert werden
- + die räumliche Erweiterung des Gebäudes wird mit einem abgestimmten Bausystem erreicht

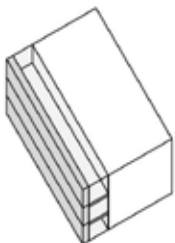


Abb. 7:
Systematik Gebäudehülle,
[TUM, Lattke]

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:

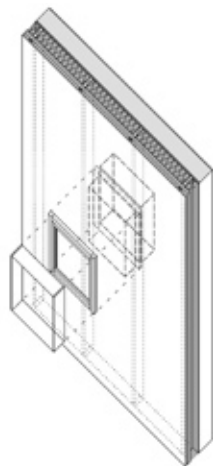
- lineare stabförmige Elementen (z.B. Holzleisten)
- flächige Elemente (z.B. Holzwerkstoffplatten, Glas, Blech, Kunststoff)

Der Einbau von Sonderelementen wie z.B. Fenster, Pfostenriegelfassaden, solaraktive Fassaden (lucido, gap-solar) oder solar aktive Komponenten (PV, Solarthermie) sind aufgrund ihrer Modulgrößen und der verwandten Konstruktionssystematik kompatibel mit der Holzbauweise und gut in das vorgefertigte Bauelement integrierbar.

Integration von Bauelementen

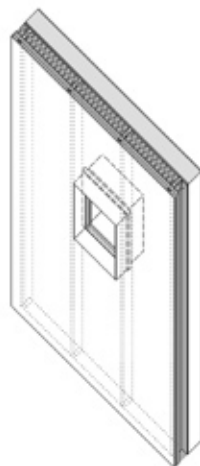
Unterscheidung zwischen bauseitiger und werkseitiger Montage:

Abb. 8:
Integration von
Bauelementen
[TUM, Lattke]



bauseitig: Einbau von einzelnen Bauelementen (z.B. Fenster) vor Ort.

- + Ausgleich von Toleranzen
- zusätzlicher Arbeitsaufwand auf der Baustelle



werkseitig: Vorgefertigtes Tafелеlement mit integrierten Bauelementen.

- + präzise Integration
- + Anschlussarbeiten in der Werkstatt
- + wetterdichtes Element
- sehr genaues Aufmaß notwendig
- Ausgleichsmöglichkeiten einplanen

Vorteile der vorgefertigten, großformatigen Holzbauelemente sind:

- präzise Erstellung großformatiger Bauelemente
- Nutzung als statisch wirksame Unterkonstruktion
- genauere Definition der Baukosten
- die Bauzeit vor Ort wird erheblich verkürzt
- weniger Verkehrsbehinderung in beengten Innenstädten
- Verringerung der Störung des Wohnumfeldes durch weniger Baustellenlärm und Dreck
- unterschiedlichste Bekleidungswerkstoffe können verwendet werden, dadurch ist die architektonische Aufwertung der Gebäudehülle gegeben
- Qualitätssicherungsprozesse sind implementierbar bzw. vorhanden (Fremdüberwachung)

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden bisher 8 sanierte Gebäude analysiert, bei denen teilweise Holzwerkstoffe und/oder vorgefertigte Bauelemente verwendet wurden. Es sind neben Wohnhäuser gerade auch die öffentlichen Gebäude, die in benutztem Zustand saniert werden müssen. Hier kann mit einem hohen Vorfertigungsgrad eine kurze Bauzeit und möglichst geringe Störungen der Betriebsabläufe erreicht werden (siehe Abb. 9 auf der folgenden Doppelseite).

Projektdaten:

Projektpartner der TU München:

- Fachgebiet Holzbau, Fakultät für Architektur, Univ. Prof. Hermann Kaufmann
- Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Univ. Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Praxispartner:

- Anton Ambros GmbH, Hopferau
- O.Lux Holzbau, Georgensgmünd
- Gumpp & Maier GmbH, Binswangen

Projektpartner international:

Finnland

- Helsinki University of Technology
- Woodpolis Oy, NCC rakennus Oy, Stora Enso Timber Oy Ltd., Puuinfo Oy, The Housing Finance and Development Centre of Finland, ARA, Kiinteistöliitto










Norwegen















- Norwegian University of Science and Technology
- Trebyggeriet AS

Projektleiter:

Dipl. Ing. Frank Lattke
frank.lattke@lrz.tum.de

Abb. 9:
Übersicht Forschungsprojekt
[TUM, Lattke]

PROJECT	Marktstrasse	Schule Schwanenstadt	Haus Ambros
before renovation			
after renovation			
situation			
type / use	residential	school	residential
built	1957/58		1961
floor area net [m ²]	2800 m ²	ca. 3000 m ²	(420 m ² old) 588 m ²
volume m ³	2781 m ³		1403 m ³
AV			0,45
units	50		6
street	Makartstraße 30, 32, 34, Richard Wagner Straße 6	Mühlfeldstraße	Hauptstrasse 1
city	4020 Linz/OÖ	50215 Schwanenstadt	87659 Hopferau
country	Austria	Austria	Germany
client			
architect	ARCH+MORE, Puchenau	PAUAT Heinz Plöderl	Michael Felkner, Waltenhofen
timber construction	gap solar, Technologiepark 17, A-4320 Perg www.gap-solar.at	Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH, Johann-Pabst- Straße 20, A-4690 Schwanenstadt www.obermayr.at	Josef Ambros GmbH, Hauptstraße 5 D-87659 Hopferau www.ambros-haus.de
CONSTRUCTION			
loadbearing structure	concrete	concrete skeleton	brick
wall	<i>Schüttbeton</i>	concrete	brick
u-value	1,4 W/m ² K		
roof			
u-value			
RENOVATION			
energetic target	Faktor 10	Faktor 10	Faktor 10
wall construction			
u-value	0,158 W/m ² K	0,1 W/m ² K	0,12 W/m ² K
roof construction	insulation top ceiling		
u-value	0,093 W		0,102 W/m ² K
measuring method			
ENERGY DEMAND			
primary energy (old)	179,46 kWh/m ² a		251 kWh/m ² a
heat energy (old)	157,15 kWh/m ² a	165 kWh/m ² a	155 kWh/m ² a
primary energy (new)	27,71 kWh/m ² a		41 kWh/m ² a
heat energy (new)	13,3 kWh/m ² a	15 kWh/m ² a	15 kWh/m ² a
SOURCE	21/2007 Haus der Zukunft	Haus der Zukunft	Ambros

Neue Burse	Entsorgung Remscheid	Georg-Schulhoff-Realschule	Hofheim	Luzernerstraße Ebikon
				
				
				
<p>student apartments 1977 8.420 m² (1. BA) 8.597 m² (2. BA) 28.220 m² (1. BA) 28.276 m² (2. BA) 0,40 (1. BA) 0,32 (2. BA) 600 Max-Horkheimer-Str. 14-16</p> <p>42119 Wuppertal Germany</p> <p>Architektur Contor Müller u. Schlüter, Wuppertal</p> <p>O.LUX GmbH & Co. Gewerbestraße 10 D-91166 Georgensgmünd</p> <p>www.o-lux.de</p>	<p>office and workshop 1960 2.660 m² (office) 2.000 m² (workshop)</p> <p>Nordstraße 48</p> <p>42853 Remscheid Germany</p> <p>Architektur Contor Müller u. Schlüter, Wuppertal</p> <p>O.LUX GmbH & Co. Gewerbestraße 10 D-91166 Georgensgmünd</p> <p>www.o-lux.de</p>	<p>school 1962</p> <p>Kamper Weg 291</p> <p>40627 Düsseldorf Germany</p> <p>Wollenweber Architektur, Düsseldorf</p>	<p>residential 1927 273 m²</p> <p>853 m³</p> <p>0,63</p> <p>Wilhelmstraße</p> <p>65719 Hofheim Germany</p> <p>Hofheimer Wohnungsbau GmbH</p> <p>VARIOTEC GmbH, Weissmarterstrasse 3, D-92318 Neumarkt / Oberpfalz</p> <p>www.variotec.de</p>	<p>residential 1969, 1972</p> <p>2 x 44 Luzernerstraße</p> <p>6030 Ebikon Switzerland</p> <p>Wohnbaugesellschaft Ebikon AG Lustenberger & Condrau, dipl. Architekten ETH SIA, Ebikon Kost Holzbau AG, Industrie Fänn Ost, CH-6403 Küssnacht am Rigi</p> <p>www.kost-ag.ch</p>
<p>concrete skeleton</p> <p>concrete sandwich 0,56 W/m²K</p> <p>0,85 W/m²K</p>	<p>concrete skeleton</p>	<p>concrete skeleton</p> <p>gas concrete, brick 1,73 W/m²K</p>	<p>brick</p>	<p>concrete / brick</p>
<p>Faktor 10</p> <p>0,15 W/m²K (2. BA) insulation top ceiling 0,11 W/m²K (2. BA)</p>	<p>Faktor 4</p>	<p>0,26 W/m²K</p>	<p>large scale VIP elements on one side of the house</p> <p>0,10 W/m²K</p>	
<p>ca. 203 kWh/m²a 161 kWh/m²a</p> <p>ca. 90 kWh/m²a (15) 30 kWh/m²a</p> <p>BINE Informationsdienst 04/06</p>	<p>440 kWh/m²a 370 kWh/m²a</p> <p>96,8 kWh/m²a 35-50 kWh/m²a</p> <p>Müller-Schlüter</p>	<p>Bauhandwerk 9/2007</p>	<p>313,0 kWh/m²a 194,0 kWh/m²a</p> <p>33,0 kWh/m²a 48,0 kWh/m²a</p> <p>www.enob.info www.iwu.de. BINE 4/08</p>	<p>Tagungsband 11. IHF 2006</p>

 **HOLZABSATZFONDS**
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS



LANDESBEIRAT **HOLZ**
BADEN-WÜRTTEMBERG



Herausgeber und Veranstalter:

Regierungspräsidium Freiburg
Abteilung Forstdirektion
Bertoldstraße 43
79098 Freiburg

in Kooperation mit

- Stadt Freiburg i. Br.
- Holzbau Baden e.V.

Die Veranstaltung wurde unterstützt durch

- Landesbeirat Holz Baden-Württemberg
- Sparkasse Freiburg
- Stiftung WaldHaus Freiburg

Gefördert durch den Holzabsatzfonds.

Organisation der Veranstaltung, Redaktion:

Fachagentur Holz, Düsseldorf

Foto Titel: Norbert Baradoy, Tübingen

Erschienen: Oktober 2008