

REALITY-CHECK

von Katharina Marchal (Text)

Ein Interreg-Projekt geht dem Phänomen Lowtech in der Praxis nach. Was ist darunter zu verstehen? Was müssen die Gebäude leisten? Und können sie die Vorgaben einhalten? Diese Fragen untersuchen die Energieagenturen von Vorarlberg, Kempten, Ravensburg und St. Gallen zusammen mit der Uni Liechtenstein. Ein Zwischenbericht zum Projekt, das bis 2020 fertiggestellt sein wird.

Vor zwanzig Jahren führte die Schweiz den Minergiestandard ein und förderte damit die Energieeffizienz im Gebäudesektor. Vier Jahre zuvor gelang Rolf Disch im deutschen Freiburg mit dem Heliotrop die Umsetzung eines der ersten Plusenergiehäuser. Seitdem steigen die Anforderungen an die energetische Bauqualität konstant an, und die unterschiedlichsten innovativen Labels und Standards qualifizieren das nachhaltige Bauen. Je nach Land fallen diese Klassifizierungen und Gebäudestandards sehr unterschiedlich aus. Parallel nimmt die Technisierung von Bauten zu, heisst die Integration von hochkomplexen Systemen, die den Energieverbrauch reduzieren, aber auch kontrollieren und steuern. Das hat einen Grund. Da die Komfortansprüche der Nutzer hinsichtlich unterschiedlicher Temperaturanforderungen, sommerlichen Wärmeschutzes und Regelbarkeit nicht immer ausreichend respektiert werden, kompensiert dies eine oft komplexe und vielschichtige Gebäudetechnik. Einige technische Komponenten sind aufwendig zu steuern, verbrauchen bei der Herstellung vermehrt graue Energie und erhöhen die Baukosten sowie den Energiebedarf der Gebäude.



Der konstruktive Sonnenschutz des Bürogebäudes führt vor, wie ohne viel Technik das Abkühlen und das Erwärmen des Gebäudes verlangsamt werden können.

Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, starteten vier Energieagenturen aus der Bodenseeregion mit einem wissenschaftlichen Partner – vertreten durch die Universität Liechtenstein – die länderübergreifende Forschung zum Thema «Lowtechgebäude». Das Forschungsprojekt der beteiligten Energieagenturen aus St. Gallen, Vorarlberg, Kempten und Ravensburg möchte aufzeigen, wie kostengünstige Gebäude mit angemessenem Komfort und guter Werterhaltung aussehen können und gleichzeitig eine Gebäudehülle geschaffen werden kann, welche eine angepasste reduzierte Gebäudetechnik ermöglicht. Die Erfahrungen mit den unterschiedlichen Energiestandards zeigen, dass das Zusammenspiel von Gebäudehülle und Anlagentechnik oft nicht optimal ist. Zumeist auch, weil viel und komplexe Technik geplant und eingebaut wurde. Da bewegliche, elektrische und steuerungsintensive Bauteile die geringste Lebenserwartung haben, müssen sie regelmässig gewartet und getauscht werden. Strategisches Ziel des Projekts ist die langfristige und nachhaltige Reduktion des Energieverbrauchs im Gebäudesektor bei kritischer Auseinandersetzung mit Haustechnik und Steuerungskomponenten. Initiiert wurde das fünfjährige Projekt durch die internationale Bodensee-Konferenz (IBK) und deren Plattform für Klimaschutz und Energie. Gefördert wird es durch das Regionalprogramm «interreg Alpenrhein, Bodensee, Hochrhein». Zu Beginn des Projektes stand die Frage im Raum: Was ist ein «Lowtechgebäude»? Zur Definition des Begriffes erstellte man einen Anforderungskatalog an die Baukonstruktion und die Gebäudetechnik. Für die Baukonstruktion sind Dauerhaftigkeit im Sinne einer guten Sanierbarkeit, aber auch eine hohe Flexibilität gefordert. Alle baukonstruktiven Elemente unterstützen die Behaglichkeitsanforderungen durch die hohe Ausführungsqualität und wenn möglich auch die intelligente Nutzung von Sonnenenergie. Die Behaglichkeit im Lowtechgebäude ist geprägt durch angemessenen thermischen Komfort, beste Luftqualität und einen hohen Tageslichtanteil. Grundsätzlich wird ein weiter gefasster Ansatz als in den jeweils relevanten Normen vorausgesetzt, um ein Lowtechgebäude realisieren zu können. Eine wichtige Kernaussage des Anforderungsrasters ist der grössere Temperaturspielraum eines Lowtechgebäudes im Vergleich zu den Baunormen. Je nach Gebäudenutzung sind Temperaturtoleranzen von 8K praktikabel (Z. B. 20–28 °C), wenn damit auf zusätzliche technische Komponenten verzichtet werden kann. Allgemein ist die Gebäudetechnik im Lowtechgebäude auf unbedingt notwendige Komponenten beschränkt. Die Wartung und der Unterhalt der verblei-

BÜROGEBÄUDE LAUTERACH, VORARLBERG (A)

Bauart: Massives Tragwerk aus Beton und Stahlbetonstützen, Fassaden aus Holzrahmenelementen von Betonelementen gefasst

Bauherr: i+R Gruppe

Architekt: Dietrich/Untertrifaller, Bregenz

Energieplanung: Haustechnik GMI, Ing. Peter Messner, Dornbirn

Fertigstellung: 2013

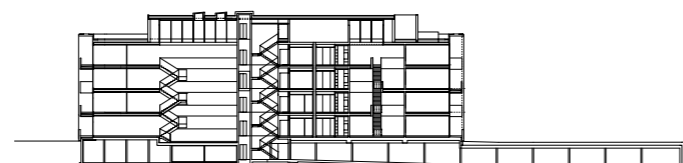
Energiebezugsfläche: 2432m² EBF

Kubatur: 18 984 m³ ohne Tiefgarage

Heizwärmebedarf: 17 kWh/(m² EBF a) nach PHPP

Auszeichnungen: LEED Platin, entspricht dem höchsten Standard für ökologisches und nachhaltiges Bauen 70% Eigenleistung im Bau der i+R Gruppe

Komponenten: Feststehender Sonnenschutz, Kaskadenlüftung, Freecooling



Schnitt



Regelgeschoss

ENERGIESPEICHER

Bereits der Aufbau und die Konstruktion des Bürogebäudes entsprechen dem Lowtechansatz. Das Tragwerk wird durch Aufzugskerne, Geschossdecken aus Beton sowie schlanke Stahlbetonstützen gebildet. Die Fassaden bestehen aus vorgefertigten Holzrahmenelementen, die von einem Betonelement eingefasst werden. Als Abschirmung vor der hochstehenden Sonne im Sommer wurde vor die lange Südseite eine Holzstruktur aus gebeiztem Fichtenholz gesetzt. Der Glasflächenanteil liegt unter 50% der Fassadenflächen, was das Überhitzungsrisiko deutlich verringert. Die Passivhaushülle

verhindert Wärmeverluste von innen nach aussen. Alle diese Massnahmen verlangsamen die Auskühlung und Erwärmung des Gebäudes. Zur Unterstützung bieten die zwei Kerne an der zentralen Erschliessungszone ausreichend Speichermassen an. Die Baumaterialien entsprechen ebenfalls den Anforderungen nach Dauerhaftigkeit. Die Stahlbetonelemente im Aussenraum sind der Verwitterung ausgesetzt. Sie verändern ihre Optik, sind aber sehr langlebig. Die Holzfassade und die Holzfenster können am Ende ihrer Lebenszeit ausgetauscht werden. Die Fensterrahmen der Nordseite sind aussen mit Aluminium verklei-



Die Ost- und die Westfassaden sind im Verhältnis klein und weitgehend geschlossen.



Abstand und Tiefe des Holzrasters sind so geplant, dass die Sonne in der warmen Jahreszeit nicht direkt durch die Glasflächen scheinen kann.



An den Erschliessungszonen kann warme Luft bis in die Laternen über dem Gebäude aufsteigen.

det. Der Fussboden in den Gängen besteht aus Recyclingmaterial.

KASKADENLÜFTUNG UND FREECOOLING

Die monovalente, reversible Wärmepumpe ermöglicht auf effiziente Weise das Heizen im Winter und freies Kühlen im Sommer. Zehn Bohrpfeile mit einer Tiefe von 150 m und 10 m Ausdehnung versorgen das Gebäude durch zwei Pumpen. Eine Pumpe versorgt die Wärmepumpe, die andere sorgt für freies Kühlen im Sommer. Über die Fussbodenheizung wird die Wärme des Gebäudes aufgenommen und dann über Erdsonden an das Erdreich abgegeben, dabei arbeiten nur die Umwälzpumpen. Die mit der reversiblen Wärmepumpe erzeugte Kompressionskälte ist nicht notwendig. Die Wärme wird im Erdreich gespeichert und erhöht im Winter die Effizienz der Wärmepumpe beim Heizen. Sowohl Wärmeabgabe wie Kühlung erfolgen über die Fussbodenheizung.

Die Einhaltung der Raumtemperaturen im Sommer ist die deutlich schwierigere Aufgabe. Für sehr hohe Temperaturen wird ein Kühlregister vorgehalten, aber bisher kaum benutzt, da die Sonnenschutzmassnahmen und das Ablüften zu warmer Luft auch in den Hitzeperioden gut funktionieren haben. Der Lowtechansatz der Lüftung besteht in einer offenen Führung der Luft. Zuluft wird in den Brüstungen für jeden Arbeitsplatz eingeströmt, durchquert den Raum und verlässt über schallgedämmte Überstromöffnungen das Büro. Die zwei zentralen viergeschossigen Atrien mit aufgesetzten Laternen erzeugen genug Thermik, um die gesamte Abluft nach oben zu entsorgen. In den auf dem Dach aufgesetzten Laternen wird die verbrauchte Luft abgesaugt und mit warmem oder kaltem Wasser temperiert, wenn die Rückgewinnung nicht ausreicht. Bei dieser kontrollierten Lüftung mit Rotationswärme-

tauscher und zentraler Abluft mit Wärmerückgewinnung spricht man auch von Kaskadenlüftung. Der Rotationswärmetauscher kann die Befeuchtung der Luft sicherstellen.

RAUM VERWANDLE DICH

Gemäss dem Lowtechansatz ist der Grundriss des 130 Büroarbeitsplätze zählenden Gebäudes so flexibel wie möglich geplant. Die zweispännigen Büroräume mit breiter Mittelzone für vertikale und horizontale Erschliessung, Toiletten und Kopierräume bilden die Grundstruktur in allen Geschossen. Die Büros bieten mit ihren 1,60m breiten Modulen Raum für zwei oder vier Arbeitsplätze und lassen sich jederzeit umbauen, weil die Trennwände frei von Installationen sind. Jeder Arbeitsplatz verfügt über einen zu öffnenden Fensterflügel, allerdings nur einige Zentimeter. Sonderräume sind an der Ost- und der Westfassade angeordnet. Leitungen für Licht, Strom und Heizung liegen in den Brüstungen. Jedes Grundriss-

modul wird unabhängig mit Licht, Wärme, Kühlung und Luft versorgt. Die Steuerung des Lichts erfolgt über Bewegungsmelder, das heisst, beim Verlassen des Arbeitsplatzes fährt die Beleuchtung herunter. Ganz im Sinne des Lowtechanforderungsrasters ist das Kunstlicht auf das Notwendigste reduziert. Natürliches Licht gelangt durch die Laternen in die zwei Atrien des schlanken Baukörpers und beleuchtet die Erschliessungszonen. Die Gänge abseits der Atrien werden über Fensterbänder in den Trennwänden zu den Büros belichtet. Optimal sind auch die sturzfreien Fensterbänder und Brüstungen entlang der langen Nord- und der Südfassade.

Nenden technischen Komponenten müssen einfach bleiben. Der Verzicht sollte jedoch nicht zu höherem Energieverbrauch oder geringerer Effizienz führen. Einzelkomponenten sollen austauschbar, robust, reparabel und ohne erhöhten Aufwand wiederherzustellen sein. Dies ist besonders wichtig, da technische Komponenten in der Lebensdauer eines Gebäudes mehrfach ausgetauscht werden müssen. Ein Defekt einer Einzelkomponente darf nicht zum Komplett-austausch der technischen Gesamtanlage führen. Zur Anwendung kam dieses Anforderungsraster bei zehn bestehenden Bauten aus der Bodenseeregion, die beispielhaft für energieeffiziente Lowtechgebäude sein könnten.

Da sich die Berechnungsansätze für Energieeffizienz in Österreich, Deutschland, der Schweiz und Liechtenstein sehr unterscheiden, legten die Energieagenturen einheitliche Grenzwerte für Energieverbrauch, Behaglichkeit, Ressourcenverbrauch, Energieerzeugung und Mobilität fest. Der Grenzwert für den Energieverbrauch sollte dem eines Passivhauses entsprechen, das heisst beim Heizenergiebedarf unter 30 kWh/m² Energiebezugsfläche (EBF a), beim Primärenergiebedarf weniger als 140 kWh/m² (EBF a) und weniger als 30 kg/m² Ausstoss von CO₂.

ABSCHLIESSENDES PILOTPROJEKT BIS 2020

Auf der Grundlage des Katalogs begleiten, dokumentieren und validieren die Partner des Forschungsprojekts zusätzlich zwei Pilotprojekte in dem jeweiligen Projektgebiet bei Planung und Bau. Daraus entstehen Dokumentationen und Empfehlungen für zielführende Anwendungen an Neubauten und bei Generalsanierungen, in denen die Merkmale zukunftsweisender, klimagerechter Gebäude für den Bodenseeraum dargestellt werden. Diese dienen als Informationen für private Bauherren und Bauträger zu modernen Baustandards mit angemessenem Komfort, geringem Energiebedarf und langfristig überdurchschnittlicher Werterhaltung, die als Empfehlung für bau- und planungsrechtliche Vorgaben durch öffentliche Verwaltungen und Baubehörden eingesetzt werden können. Silvia Gemperle von der Energieagentur St.Gallen stellt im Gespräch klar: «Die kulturellen Unterschiede, die die jeweiligen Arbeitsweisen beinhalten, aber auch die verschiedenen Normen der Länder haben uns gezeigt, dass die Zusammenarbeit sehr aufwendig und nicht immer zielführend ist.» Das Monitoring der Pilotprojekte war bis heute leider nicht so erfolgreich wie erhofft. Die sehr unterschiedlichen Herangehensweisen an die Thematik und die Projekte selbst erschwerte eine einheitliche Betrachtung.

GEWERBEHAUS CHUR, GRAUBÜNDEN (CH)

Bauart: Holzständerbauweise mit solarem Direktgewinn

Bauherr: Josias Gasser Baumaterialien AG, Chur

Architekt: Andrea Gustav Rüedi, Chur

Fertigstellung: 1998

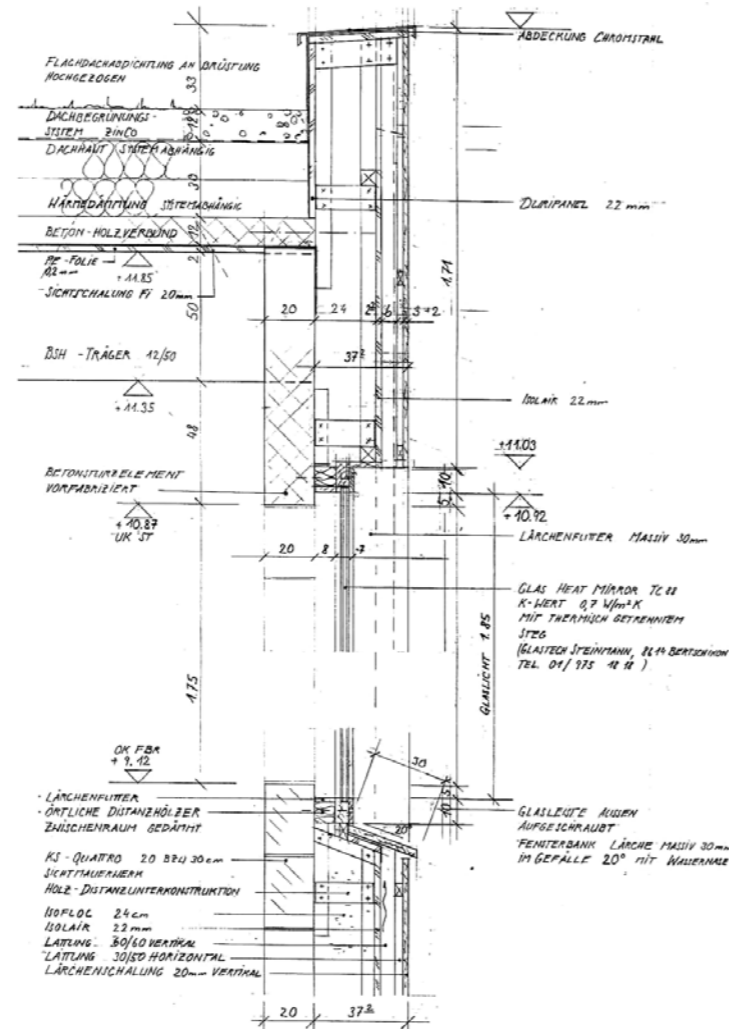
Energiebezugsfläche: 2074m² EBF

Kubatur: 7000 m³

Heizwärmebedarf: 4 kWh/(m² EBF a) nach PHPP

Auszeichnungen: 1999 SIA-Preis für Nachhaltiges Bauen; 2000 Europäischer Solarpreis; 2000 und 2004 Schweizer Solarpreis

Komponenten: Nachtauskühlung über Fenster, Speichermasse, Dauerhaftigkeit



Detailschnitt West- und Ostfassade: einfache Verbindungen der Baustoffe, die leicht voneinander getrennt werden können.



Festverglaste Südfassade mit aussen liegendem Sonnenschutz.



Die sichtbaren Kalksandsteinwände und Brettstichholzträger an der Decke werden ebenfalls als Speichermasse genutzt.

DIREKTGEWINNHAUS

Das 1998 erbaute Gewerbehaus Gasser befindet sich am Ortsrand von Chur. Es zeigt, wie ohne hohen technischen Aufwand die vorhandene Sonneneinstrahlung optimal genutzt werden kann. Der Energiefachmann und Architekt Andrea Rüedi aus Chur hat in langjähriger Arbeit die Idee des Direktgewinnhauses entwickelt (vgl. «Komplexe Einfachheit», S. 22). Die resultierenden Einsparungen für die Heizenergie sind aussergewöhnlich und versprechen einiges für die Nachhaltigkeit im Bauwesen. Durch die Südausrichtung mit hohem Glasanteil und einer Konstruktion mit viel Speichermasse ist das Gebäude auf die passive Solarnutzung ausgelegt. Innerhalb der Hybridbauweise aus Holz- und Massivbau mit Kalksandstein bieten die sichtbaren Brettstichholzträger mit rund 4200m² Oberfläche auf drei Geschossdecken verteilt zusätzliche Oberflächen und damit

mehr Speichermasse. Indem der Betonboden bewusst roh belassen und die Kalksandsteinwände nicht verputzt sind, können sie die Wärme besser absorbieren und speichern. Überzeugend ist auch der Aufbau der hinterlüfteten Fassadenkonstruktion. Durch die einfachen Verbindungen lassen sich die Baustoffe leichter trennen und können damit bei Bedarf recycelt werden. Senkrechte Schnitthölzer bilden die äussere Dämmebene der Fassade. Dabei werden Doppellatten direkt auf den Kalksandstein geschraubt und mit Distanzbrettern an die äusseren Latten befestigt. Als konstruktiver Holzschutz dient eine geschossweise Stufung. Die Holzrahmenkonstruktion der Festverglasung ermöglicht eine einfache Demontage und Ersetzbarkeit der hochwärmedämmten 2-fach-Verglasung. Die ausgewählten Materialien sind dauerhaft, widerstandsfähig und damit ökologisch. Kalksandstein ist

ein sehr klimaaktiver Baustoff, der ähnlich wie eine Lehmwand schnell Feuchtigkeit aufnimmt und wieder abgibt und Gerüche neutralisieren kann. Das entspricht dem Lowtechgedanken. Der offene Grundriss ermöglicht eine hohe Flexibilität. Die zwischen den Brettstichträgern versteckt angeordneten Installationen sind trotzdem einfach zugänglich. Auch die Gebäudetechnik reduzierte man auf das Notwendigste. «Kein hydraulisches Wärmeverteilsystem einzubauen, war ein Vertrauensbeweis gegenüber dem Architekten», bekennt der Bauherr. Dabei überzeugten ihn die ersten solaren «Direktgewinnhäuser» ohne Heizung in Trin. Im Gewerbehaus Gasser werden lediglich an kalten Wintertagen zwei dezentrale Pelletfeuerungen à 8 kW zugeschaltet, die sich im Erdgeschoss und im zweiten Obergeschoss befinden. Eine Innenraumtemperaturregelung steuert die Öfen, die manuell mit Holzpellets

gefüllt werden. Die passive Solarnutzung durch den hohen Glasanteil im Süden und die Speicherfähigkeit im Innern reichen ansonsten aus. Warmwasser wird mit einer einfachen Sonnenkollektoranlage bereitgestellt. Durch den aussen liegenden Sonnenschutz und die Nachtauskühlung konnte auf eine aktive Kühlung verzichtet werden. Die polierten Lamellen im Innenraum dienen zum einen dem Blendschutz. Zum anderen lenken sie das Sonnenlicht auf die Betondecken um, die die Wärme gut speichern. Messungen an heissen Sommertagen zeigen, dass die Höchsttemperaturen 28 °C nicht überschreiten.

Ein Beispiel sind die Sanierung der Volksschule, der Neuen Mittelschule und des Polytechnikums Hittisau in Vorarlberg. Im zweistufigen Wettbewerbsverfahren verlangte die e5-Gemeinde ausdrücklich ein energieeffizientes Lowtechgebäude. Das einzige Projekt, das von der Energieagentur St. Gallen begleitet wird und das sich als Pilotprojekt bewährt, ist die landwirtschaftliche Schule in Salez im Kanton St. Gallen von Andy Senn Architekten (vgl. «Baustelle Lowtech», S. 44).

AUFGABEN FÜR DIE ZUKUNFT

Eine wichtige Erkenntnis im Forschungsprojekt: Weglassen kann auch befreien. Eine kritische Hinterfragung in der Planungsphase ermöglicht den Verzicht auf Bauteile, die nicht wirklich gebraucht werden. Alles, was weggelassen werden kann, verursacht keine Investitionskosten und auch keine Wartung.

Doch bei einem wichtigen Aspekt bleiben selbst den Beteiligten am Forschungsprojekt die Hände gebunden. Der Nutzer hat einen grossen Einfluss auf die Effizienz des Systems von nachhaltigen Gebäuden und auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Abweichungen von gemessenen Energieverbrauchswerten von den berechneten Bedarfswerten von Bauten hängen neben dem Nutzerverhalten auch von der Belegungsdichte, den Komfortansprüchen oder auch von klimatischen Bedingungen ab. Im Sinne einer nachhaltigen Architektur mit weniger Technik ist der Bewohner oder Nutzer des Gebäudes wieder vermehrt in die Verantwortung zu ziehen. Architekten und Bauherren sollten sich nicht nur von der Technik abhängig machen und das «smart» im «smart home» nicht nur den digitalen Geräten für die Regelung der Haustechnik überlassen. Der intelligente Einsatz von ökologischen, qualitativ hochwertigen Baustoffen, einfacher Konstruktionen und die optimale Gestaltung der Gebäude können bereits viel Technik ersetzen. Verzicht kann man nicht auf sie. Gleichzeitig ist es jedoch notwendig, dass Nutzer wieder den «natürlichen» Umgang mit den Gebäuden erlernen. Bereits dieses Bewusstsein könnte den CO₂-Ausstoss verringern – ganz ohne Kosten und Gesetze. ▲▲

Katharina Marchal, dipl. Arch. SIA und Fachjournalistin SFJ BR. Architekturstudium in Wien, Stuttgart und London. Architektin bei Herzog & de Meuron in Basel und München, Nachdiplomstudium am Institut gta, ETH Zürich. Seit 2002 freie Architekturkritikerin in Basel. 2008–2017 Mitglied der Stiftung Architektur-Dialoge in Basel. Seit 2018 Zusammenarbeit mit Gisela Graf Communications.

EINFAMILIENHAUS ERMENGERST, OBERALLGÄU (D)

Bauart: Massivbau mit hangseitigen Wänden als Sichtbetonkonstruktion aus Halbfertigteilen und Massivdecken aus Stahlbeton und hochwärmegedämmter Holzbau für Hülle, Aussenwände und Dach

Bauherr: privat

Architekt: F64 Architekten, Kempten

Energieplanung: Güttinger Ingenieure, Kempten

Fertigstellung: 2011

Energiebezugsfläche: 161 m² EBF

Kubatur: 1070 m³

Heizwärmebedarf: 14 kWh/(m² EBF a) nach PHPP

Auszeichnungen: Baupreis Allgäu 2013 – ausgewähltes Projekt

Komponenten: kein Wärmeverteilsystem, Dauerhaftigkeit, feststehender Sonnenschutz



Ansicht West: Wohnhaus H17 und H15



Ansicht West: Wohnhaus H15 und H17

LOWTECHWOHNEN

Bei der Planung zweier Wohnhäuser in der deutschen Ortschaft Ermengerst haben F64 Architekten den Lowtechgedanken bereits mit der Infragestellung der bestehenden Bebauungsvorschriften angesetzt. Die Gemeinde schreibt die Firstrichtung der Wohnhäuser längs zur Strasse vor. Aufgrund der Grundstücksgrösse und der gesetzlich vorgeschriebenen Abstandsflächen auf der Giebelseite hätte sich damit die Breite für beide Bauten auf maximal 15 m reduziert. Aus diesem Grund entschlossen sich die Architekten, neben dem parallel zur Strasse situierten Wohnhaus ein um 90 Grad gedrehtes Haus

zu platzieren. Damit konnten einerseits die Grundstücke besser ausgenutzt werden, andererseits gewährleistet die verglaste Südseite des abgedrehten Wohnhauses hohe solare Gewinne in den Wintermonaten. Dies entspricht bereits den Lowtechkriterien. Zusätzlich entschied sich der Bauherr dieses Einfamilienhauses für eine Minimallösung der Haustechnik. Auf Basis dieses Lowtechgedankens nahm man lediglich dieses Projekt als Wohnhaus in den Katalog des Forschungsprojektes auf. Das Gebäude ist als Hybridkonstruktion konzipiert. Massive Geschossdecken und Innenwände im Untergeschoss sind aus Stahl-



Grundriss Untergeschoss: Wohnhaus H15 (oben) und H17 (unten)



Verwendung von ökologischen Baustoffen wie Weisstanne und Massivholzfußboden.



Auf der Ost- und der Westseite sind grosse Schiebelemente mit Streckmetall als bewegliche Sichtschutzelemente angebracht.

beton, die hochwärmegedämmten Holzfassaden sind weitgehend geschlossen. Dies bietet ausreichend Speichermasse zum Ausgleich von Temperaturschwankungen und ermöglicht kürzere Heizperioden im Winter. Ein grosser Dachüberstand schützt die komplett verglaste Südseite mit vorgelagertem Balkon vor Überhitzung im Sommer. Die Funktionen Heizung, Lüftung und Warmwasseraufbereitung wurden im Haus H17 konsequent getrennt. Die Beheizung erfolgt lediglich über zwei raumluftunabhängige Pelleteinzelöfen. Für die Lüftung ist eine zentrale Anlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut, und das Warmwasser wird dezentral

mit elektrischen Durchlauferhitzern aufbereitet. In Verbindung mit der voll in die Dachfläche integrieren Fotovoltaikanlage wurde ein Plusenergiehaus realisiert: das Gebäude produziert mehr Strom, als es verbraucht. Die Anforderungen zum KfW-Effizienzhaus 40 werden deutlich unterschritten. Dieses Konzept ist ideal für ein Einfamilienhaus. Da es kein Wärmeverteilsystem gibt, sind keine Installationen im Keller notwendig. Tendenziell ist die Raumtemperatur im Untergeschoss etwas niedriger als im Obergeschoss. Das entspricht der Nutzungsaufteilung. Die Schlafräume befinden sich unten; der Wohnbereich mit Ess- und

Arbeitszimmer sowie Küche liegt im Obergeschoss. Auch die Materialien entsprechen den Lowtechansatz in Bezug auf Betrachtung nach Lebenszyklus und Dauerhaftigkeit. Eine patinierte Zinkblechverkleidung, die auf einer Unterkonstruktion verschraubt ist, bildet die Fassade. Die langlebigen und wartungsfreien Blechpaneele können einfach demontiert und recycelt werden. Die Gebäudehülle ist in Pfosten-Riegel-Holzbauweise mit ökologischer Zellulosedämmung ausgeführt, die in die Fassade und das Dach eingeklebt wurde. Isofloc ist ein Recyclingdämmstoff, der aus Zeitungspapier hergestellt wird. Dieses Dämm-

material kann nach einem Ausbau wieder in eine andere Fassade eingeklebt werden. Die Fenster sind mit einer hochwertigen Dreifachverglasung in Holz- und Aluminium-Rahmen ausgeführt. Auf der Ost- und der Westseite befinden sich grosse Schiebelemente mit Streckmetall als bewegliche Sichtschutzelemente. Als Wetterschutz für die Holzrahmen an der Südseite dienen das auskragende Vordach und der Balkon. Die Innenverkleidung der Wände, die Innentüren sowie die Einbaumöbel sind aus Vorarlberger Weisstanne. Die geölten Oberflächen sind dauerhaft, altern in Würde und können wieder aufgearbeitet werden.