

# Passivhaus - Objektdokumentation

## Acht Stadtreihenhäuser der Baugruppe „STADTGESTALTEN“



Objekt	<b>Acht Stadtreihenhäuser der Baugruppe „STADTGESTALTEN“</b> Baugebiet Ackermannbogen München Centa-Herker-Bogen 6 - 20, 80797 München
Verantwortlicher Planer	Dipl. Ing. Architekt Rainer Vallentin, München ( <a href="http://www.vraie.de">http://www.vraie.de</a> )
Kurzbeschreibung	Das Passivhaus wurde auf einem innerstädtischen Grundstück in direkter Nähe zum Olympiapark für acht Baufamilien errichtet. Es handelt sich um selbstgenutztes Wohneigentum. Durch die Bildung einer Baugruppe bestanden vielfältige Mitwirkungs- und Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich der individuellen Wohnvorstellungen.
Besonderheiten	Jedes Haus weist Windfang und Balkon mit zugehörigen Eingangs- und Gartenterrassen auf. Das Passivhaus erfüllt den >Klimaschutzstandard 2050<.
Kennwerte	U-Wert Aussenwand: 0,137 W/m <sup>2</sup> K U-Wert Kellerdecke: 0,107 W/m <sup>2</sup> K U-Wert Dach: 0,074 W/m <sup>2</sup> K U-Wert Fenster: 0,74 W/m <sup>2</sup> K Wärmerückgewinnung: 81 %  PHPP-Jahresheizwärmebedarf: 14 kWh/m <sup>2</sup> a  PHPP-Primärenergiebedarf: 83 kWh/m <sup>2</sup> a (Heizung, Lüftung, Warmwasser, Haushaltsstrom)  Drucktestergebnis $n_{50}$ : 0,34 h <sup>-1</sup>

## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.1 Bauaufgabe / Entwurfsmerkmale

#### Baufaufgabe

„STADTGESTALTEN“ - ist der Name einer Bauherrngemeinschaft, die ein Baugrundstück auf einem ehemaligen Kasernengelände erworben hat, um ihre Vorstellungen vom > Wohnen in der Stadt < zu realisieren. Die Landeshauptstadt München hat im Baugebiet „Am Ackermannbogen“ in größerem Umfang Grundstücke an Baugruppen vergeben. Durch eine solare Nahwärmeversorgung (Großkollektoren mit saisonalem Speicher) ist ein „solares Quartier“ mitten in München entstanden. Das Projekt „STADTGESTALTEN“ konnte leider nicht an diese Versorgung angeschlossen werden. Daher wurde ein anderer energetischer Ansatz gesucht und gefunden: Das Projekt sollte den Anforderungen an den Klimaschutzstandard für Wohnbauten im Jahr 2050 genügen.

#### Städtebauliche Randbedingungen

Im Bebauungsplan war durch eine enge Bauraumziehung der Baukörper als Zeile in einer Gruppe von insgesamt vier Zeilen vorgegeben, die in direktem Bezug zum großen Freiraum des Quartiers, der „großen Wiese“ stehen. Die geforderte hohe bauliche Dichte (GFZ = 1,1) hatte zur Folge, dass die Reihenhäuser trotz Südausrichtung eine ausgeprägte Verschattung aufweisen. Dies wurde als Herausforderung angesehen: Das Passivhaus-Konzept sollte hier auch unter schwierigen städtebaulichen Bedingungen - wie sie noch häufiger im Bestand vorzufinden sind - eingelöst werden.

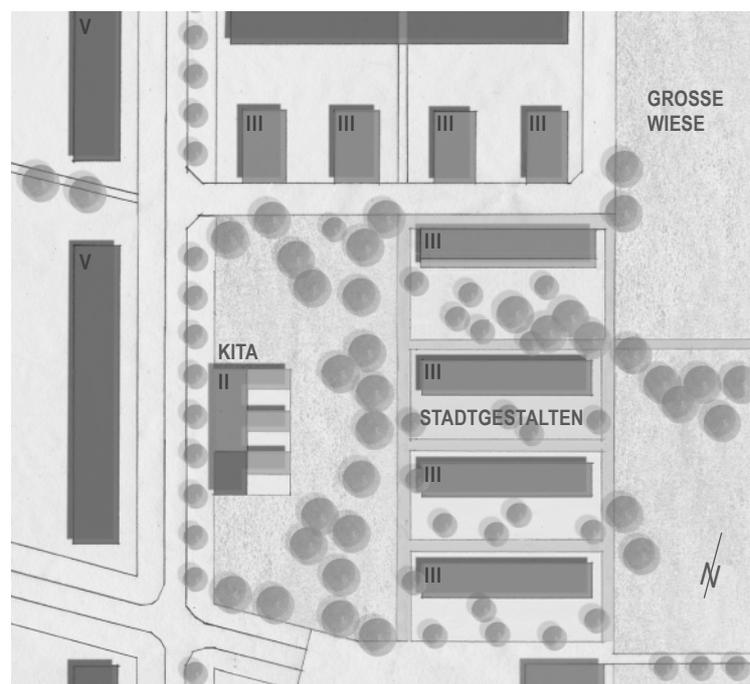
#### Typenhaus - Ausbauhaus

Es wurde ein dreigeschossiger Bautyp entwickelt, bei dem nur die Grundelemente fixiert wurden: Tragstruktur, Passivhaushülle, Steigstrang, Treppe. Aufgrund der großen Freiheiten in den Grundrissen gleicht im Inneren kein Haus dem anderen. Die Grundrisse sind in eine Haupt- und eine Nebenraumzone gegliedert. Das prinzipielle Raumschema wurde so gewählt, dass alle Räume - auch die Treppen - natürlich belüftet und belichtet sind.

#### Aussenwohnräume

Auf der Eingangsseite ist zusätzlich ein Windfang, auf der Gartenseite ein Balkon in Verlängerung der Nebenraumzone platziert worden. Dadurch erhält jedes Haus auf beiden Seiten einen geschützten Aussenwohnraum mit Eingangs- und Gartenterrasse.

#### Lageplan



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.2 Gestaltungsmerkmale / Passivhauskonzept

#### Äussere Gestalt / Materialisierung

Die Vielfalt im Inneren steht im Wechselspiel zur äußeren Gestaltung. Hier wurde ein dem städtischen Wohnen angemessenes Erscheinungsbild mit einheitlicher Fassadengestaltung gesucht, das den Baukörper betont, durch die rhythmisierenden Elemente jedoch das einzelne Haus ablesbar macht. Als Materialien kommen Lärche und Kupfer zum Einsatz, die ohne Anstriche natürlich verwittern. Die Fassaden sind als Leichtbaukonstruktion mit Zellulosefasern gedämmt. Die Tragstruktur besteht aus Stahlbeton-Fertigteilen.

#### Passivhauskonzept

Die Stadtreihenhäuser „STADTGESTALTEN“ wurden als „Passivhaus +“ konzipiert, d.h. der passivhaustypische Primärenergiekennwert von 120 kWh/m<sup>2</sup>a enthält als kumulierter Energieaufwand (80 Jahre) auch den Herstellungsenergieaufwand (ca. 35 kWh/m<sup>2</sup>a). Das Gebäude wurde zertifiziert und erfüllt zusätzlich alle Kriterien der „2000-Watt-Gesellschaft“.

#### Versorgungslösung

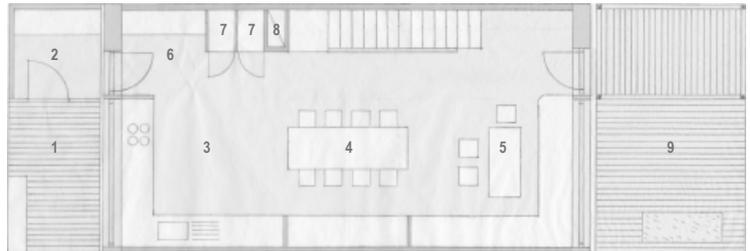
Als Versorgungslösung wurde ein Lüftungskompaktgerät mit integrierter Kleinstwärmepumpe gewählt. Durch die Aufstellung innerhalb der Hülle sind die Wärmespeicher- und -verteilverluste sehr gering. Es war kein weiterer Hausanschluss notwendig und es fallen keine Heizablesekosten an. Zusätzlich wurde das Versorgungskonzept um eine Solaranlage und einen Erdreichwärmetauscher für jedes Haus ergänzt. Drei Baufamilien haben zusätzlich eine Fotovoltaikanlage errichtet



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.3 Grundrisse

#### Erdgeschoß



#### 1. Obergeschoß

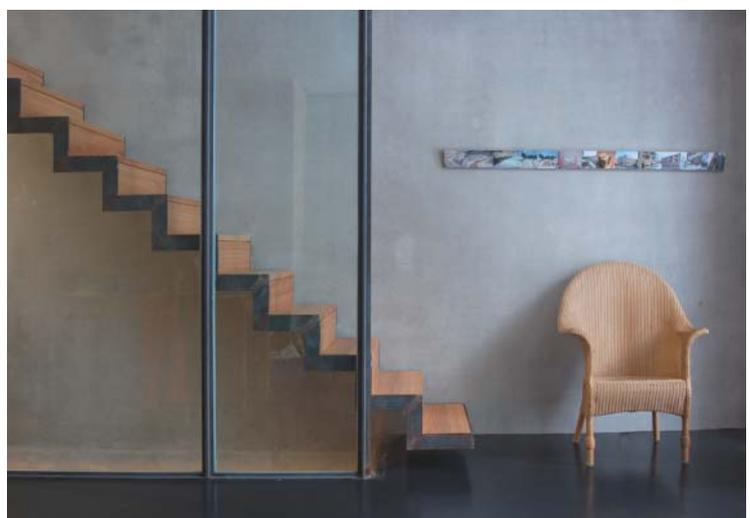


#### 2. Obergeschoß



#### Legende

- 1 Eingangsterrasse
- 2 Windfang
- 3 Küche
- 4 Essen
- 5 Wohnen
- 6 Garderobe
- 7 Schränke
- 8 Zentraler Leitungsschacht
- 9 Gartenterrasse
- 10 Individualräume
- 11 Bad
- 12 Balkon
- 13 Flur
- 14 Alkoven
- 16 Spielflur



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.4 Aussenansichten: Fotodokumentation

Ansicht von Westen



Ansicht von Norden



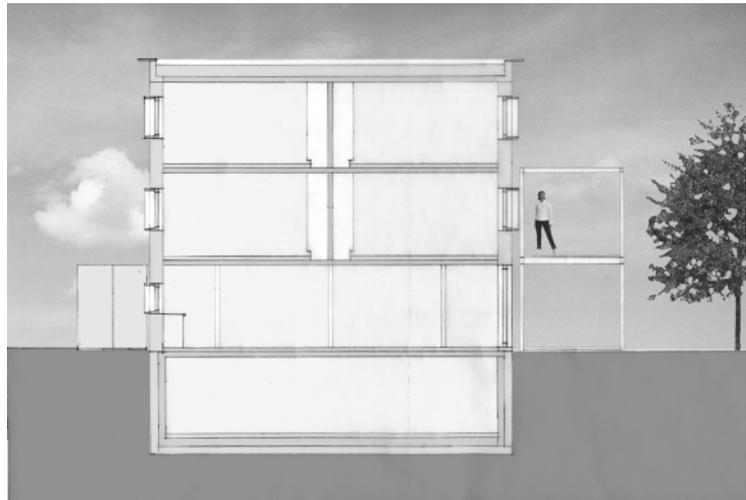
Ansicht Nord-West-Ecke



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.5 Gebäudeschnitt

#### Schemaschnitt



Im Gebäudeschnitt werden weitere Merkmale des Gebäudes deutlich:

- Der Keller ist in das beheizte Volumen integriert. Damit stellte die Einbindung der Treppen in das Dämmkonzept kein Problem dar. Alle Kellerräume sind in das Lüftungskonzept eingebunden.
- Windfang und Balkon sind unabhängig vor die Gebäudehülle gestellt. Der Windfang ist als Holzkonstruktion, der Balkon als Stahlkonstruktion errichtet worden.
- Das Gebäude weist ein Flachdach mit Aussenentwässerung auf. Eine Innenentwässerung hätte ein gedämmtes Fallrohr (Platzbedarf/Vereisungsgefahr) und damit ein deutlich höheres Risiko zur Folge gehabt.
- Die Hauptfenster weisen Fensterrahmungen auf, die neben dem gestalterischen Ausdruck eine einfache Integration des Sonnenschutzes (Aussenmarkisen) in Verbindung mit der Überdämmung der Fensterrahmen ermöglicht haben.
- Die Konstruktion des Gebäudes ist als Mischbauweise ausgeführt: Die Tragstruktur wurde als Stahlbeton-Schottenbauweise ausgeführt. Damit ist ein guter Schallschutz zwischen den Häusern möglich und es sind Speichermassen (Sommerfall) vorhanden. Die Fassaden sind als Leichtbaukonstruktion ausgeführt, um möglichst geringe Konstruktionsstärken zu erzielen. Mit ca. 40 cm ist die Aussenwandstärke nicht größer als bei konventionellen Aussenwandkonstruktionen gem. EnEV. Hintergrund ist, dass der Grundstückspreis nicht nach Grundstücksfläche sondern nach Bruttogeschoßfläche (Aussenmaße der Vollgeschosse) erhoben wurde.

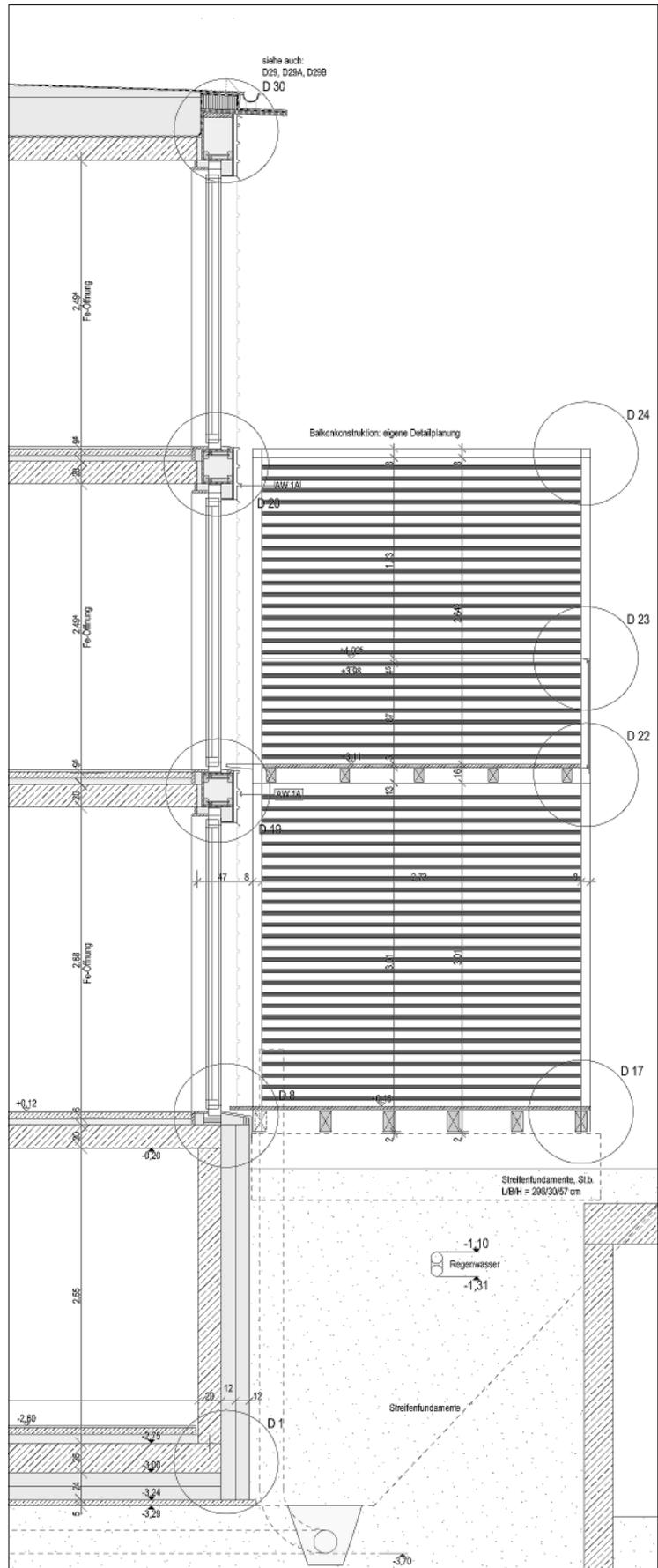




8 Passivhaus-Projektdokumentation

8.6 Werkplanung (Fortsetzung)

Schnitt Südfassade



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.7 Detailplanung

#### Dachaufbau DA 1

- Gründachaufbau (extensive Begrünung)
- Drän-Filter-Schutz-Matte
- EPDM-Bahn (werkseitig vorkonfektioniert)
- Gefälledämmung EPS DAA dh, WLG 035, 50 ... 200 mm
- Dachdämmung, EPS DAA dh, WLG 035, 350 mm
- Dampfbremse PYE PV 200 DD, unterlaufsicher
- Stahlbetondecke, 200 mm
- U-Wert Dachaufbau DA 1: 0,074 W/m<sup>2</sup>K

#### Aussenwand AW 1

- Holzschalung, Lärche 24 mm (bzw. Kupfer, Falzdeckung)
- Insektenschutzgitter, vollflächig verlegt
- Luftlattung 30/60 mm
- DWD-Unterdachplatte, 16 mm, diffusionsoffen
- Holzkonstruktion aus TJI-Trägern, dazwischen Zellulosefaserdämmung, WLG 040, 241 mm
- OSB-Platte, 18 mm, Stöße luftdicht verklebt
- Installationsebene, Steinwolle, 60 mm
- Gipskartonplatte (F30), 12,5 mm
- U-Wert Aussenwand AW 1: 0,137 W/m<sup>2</sup>K

#### Fenster FE

- Holzfenster, Kiefer lackiert, mit gedämmten PU-Kern
- Fabrikat: „Variotec-Energyframe“, mit  $U_F = 0,76$  W/m<sup>2</sup>K
- 3-fach-Wärmeschutzverglasung, mittlere Scheibe ESG, selektive Beschichtungen auf 3. und 5. Ebene,  $U_G = 0,60$  W/m<sup>2</sup>K; g-Wert = 0,54
- Thermix-Abstandshalter, tieferer Glaseinstand, mit  $\Psi_{\text{Glasrand}} = 0,03$  W/mK
- Einbau mit überdämmten Fensterrahmen, mit  $\Psi_{\text{Glasrand}} = 0,01$  W/mK
- $U_{w,F}$ -Wert aller Fenster (eingebaut): 0,74

#### Kellerwand AW 2

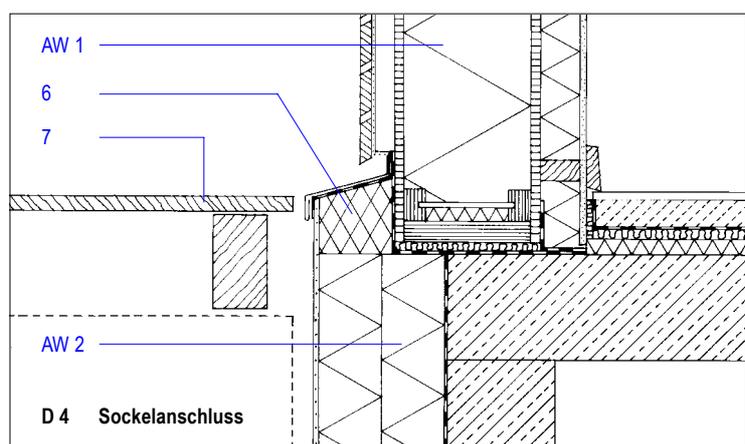
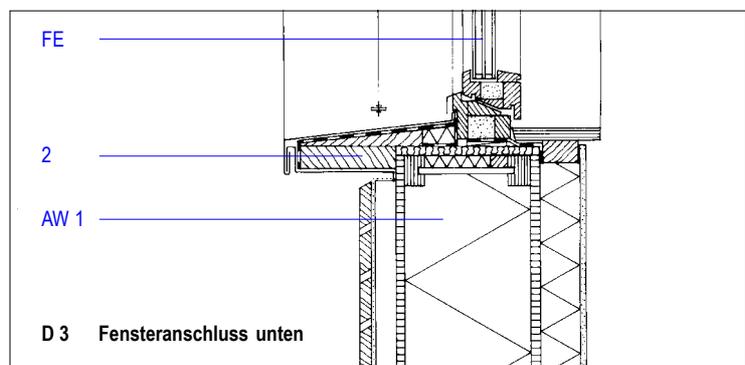
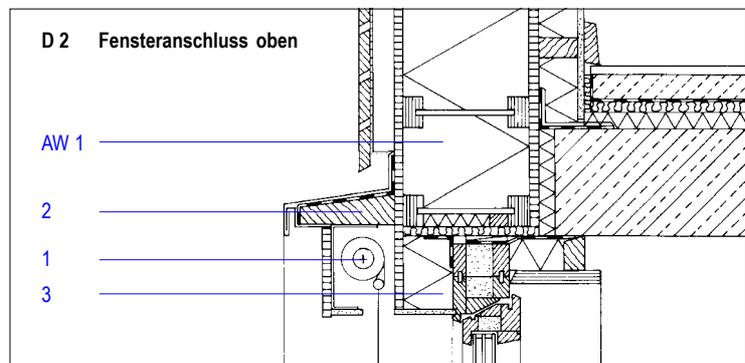
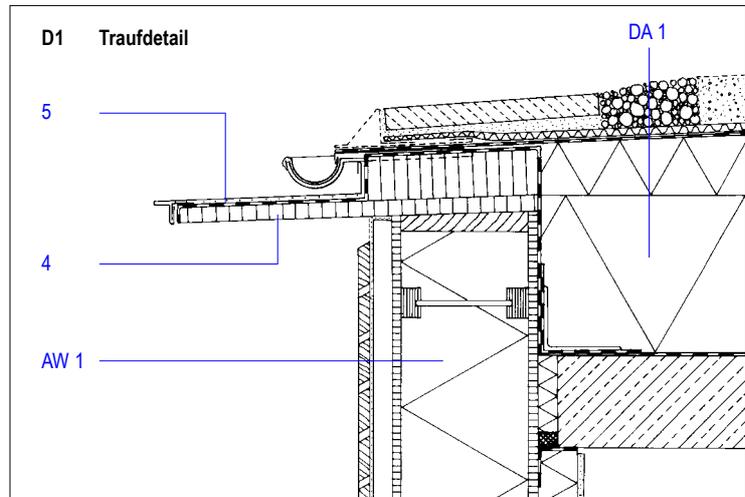
- Drän-Schutz-Matte
- Perimeterdämmung, Styrodur, WLG 040, 2 x 120 mm
- Vollflächige Abdichtung Bitumen-KSK-Bahn
- Kaltflüssiger Voranstrich
- Stahlbetonwand (WU-Beton), 200 mm
- U-Wert Kellerwand AW 2: 0,161 W/m<sup>2</sup>K

#### Bodenplatte BP 1

- Belag
- Zementestrich, 55 mm
- Trittschalldämmung, WLG 040, 20 mm
- PU-Dämmung, WLG 025, 60 mm
- Bitumenschweißbahn G 200 S4, vollflächig verklebt
- Stahlbeton-Bodenplatte (WU-Beton), 250 mm
- PE-Folie, 2-lagig
- Lastabtragende Dämmung, Styrodur, 2 x 120 mm
- Magerbeton, 50 mm
- U-Wert Bodenplatte BP 1: 0,107 W/m<sup>2</sup>K

#### Legende

- 1 Aussenmarkise
- 2 Fensterrahmung, mit Kupferblech bekleidet
- 3 Überdämmung Fensterrahmen, XPS
- 4 Lärche-Dreischichtplatte
- 5 EPDM-Abdichtung, mit Kupferblech abgedeckt
- 6 Dämmkeil, XPS, mit Bitumen-KSK-Bahn eingedichtet und mit Kupferblech abgedeckt
- 7 Terrasse, Bohlenbelag Lärche



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.7 Detailplanung (Fortsetzung)

#### Dachkonstruktion

Das Gebäude weist, aufgrund der Vorgaben des Bebauungsplanes, ein Flachdach mit Dachbegrünung auf. Zusammen mit dem planungs- und baubegleitenden Gutachter Dipl. Ing. Hirschbeck wurde eine Lösung mit Aussenentwässerung entwickelt. Eine Innenentwässerung hätte ein gedämmtes Fallrohr (Platzbedarf/Vereisungsgefahr) und damit ein deutlich höheres Risiko zur Folge gehabt. Die Hauptabdichtung erfolgt mit werkseitig vorkonfektionierten EPDM-Plänen. Auch das kleine Vordach wurde mit EPDM-Bahnen abgedichtet, das Kupferblech dient nur als Abdeckung und UV-Schutz. Die Ausführung des Flachdaches war, wegen des langen und schnee- und eisreichen Winters eine besondere Herausforderung und stellte dadurch das schwierigste Bauteil in der Ausführungsphase dar. Aus Brandschutzgründen wurde im Bereich der Wohnungstrennwände ein Brandschutzschott aus druckfester Mineralwolle (formstabil, Schmelzpunkt > 1000 °C) ausgeführt und oberseitig mit einem Kiesstreifen versehen.

#### Aussenwände

Die Aussenwände wurden als Holz-Leichtbau-Fertigteilen mit Doppelstegträgern ausgeführt. Die Hohlräume wurden mit Zellulosefasern gedämmt. Aussenseitig wurden die Elemente mit einer diffusionsoffenen DWD-Platte, innenseitig mit einer aussteifenden OSB-Platte beplankt. Innen wurde eine Installationsebene für das Verlegen der Elektroleitungen vorgesehen, auch um die luftdichte Abklebung der Aussenwände mit den Stahlbetonwänden und -decken zu überdecken. Im Sockelbereich wurde eine Schwelle aus Kerto-Schichtholz montiert, um eine saubere Höhenausrichtung und Montagehilfe für das Aufstellen der Fertigteile zu ermöglichen. Die Eindichtung erfolgte aussenseitig gegen Spritzwasser und innenseitig als Luftsperrschicht mit Butylkautschukbändern bzw. EPDM-Bahnen. Der Übergang zur Perimeterdämmung der Kelleraussenwände wurde mit einem Dämmkeil aus XPS ausgeführt, der ebenfalls eingedichtet und mit einem Kupferblech abgedeckt wurde. Diese Stelle stellt eine lineare Wärmebrücke dar.

#### Einbau der Passivhausfenster

Die Passivhausfenster wurden in etwa mittig montiert und aussenseitig überdämmt (10 cm XPS-Dämmung). Die Hauptfenster weisen Fensterrahmen auf, die nicht nur ein gestalterische Aufgabe erfüllen, sondern zugleich die Überdämmung des Fensterrahmens und die Unterbringung des Sicht- und Sonnenschutzes (Aussenmarkisen) ermöglichten, ohne dass hier störende Elemente das Gesamtbild der Fassade beeinträchtigt hätten. Die Fensterrahmen dienen zusätzlich als wirksamer passiver Sonnenschutz für die Südfenster (z.B. für die Häuser, bei denen der Sicht- und Sonnenschutz vorerst nicht ausgeführt wurde; eine Vorrichtung (Elektrokabel; Hohlraum für Markisenkasten) wurde jedoch in allen Häusern ausgeführt).

#### Gebäudetrennwand

Die Gebäudetrennwände wurden als zweischalige Konstruktion mit 2 Stahlbeton-Fertigteilen je 14 cm und einer Trennwanddämmung aus Mineralfasern mit 2 x 3 cm ausgeführt. Besondere brandschutztechnische Anforderungen wurden an die Ausführung der Gebäudetrennwände im Bereich der Aussenwände gestellt. Nach bayerischer Bauordnung wird hier eine F90-/F-30-Konstruktion gefordert. Hierbei ist jedoch nicht geklärt, wie die Ausbildung des stirnseitigen Kopfes auszubilden ist. In Absprache mit der Bauaufsichtsbehörde und der städtischen Feuerwehr wurde ein Detail mit Brandschutzfugenband (F90) und einer Einkapselung der Holzkonstruktion mit F90- (bzw. F30)-Beplankungen entwickelt. Durch den Wechsel zwischen Holzschalung und Kupferbekleidung konnte auch die Forderung einen mindestens 1 m breiten Streifens nichtbrennbarer Aussenbekleidung gemäß Musterbauordnung eingelöst werden. Die Innenbekleidungen müssen als F-30-Konstruktion ausgeführt werden, was mit GKF-Platten und einer Dämmung der Installationsebene mit Steinwolle ohne Mehraufwand erfüllt werden konnte.

## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.7 Detailplanung (Fortsetzung)

#### Wohnungstrennwand IW 1

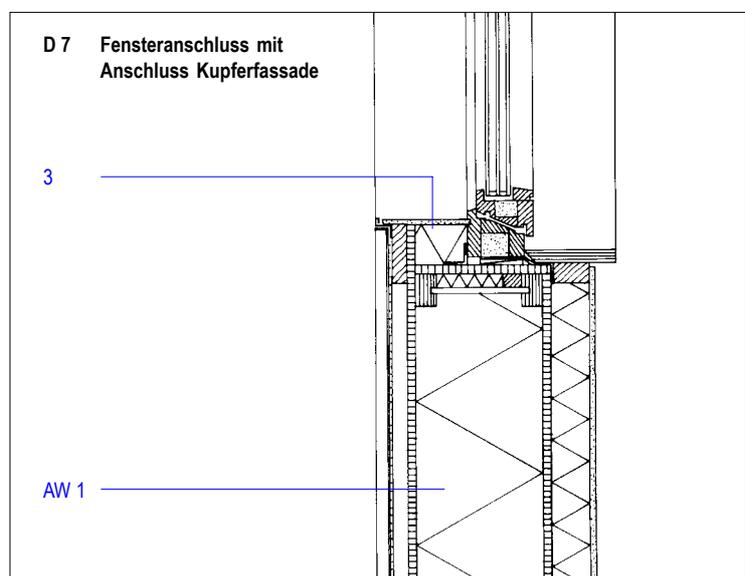
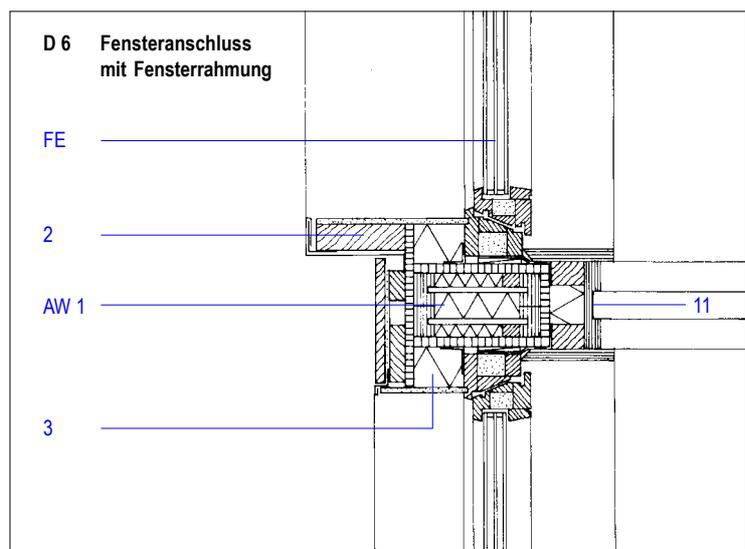
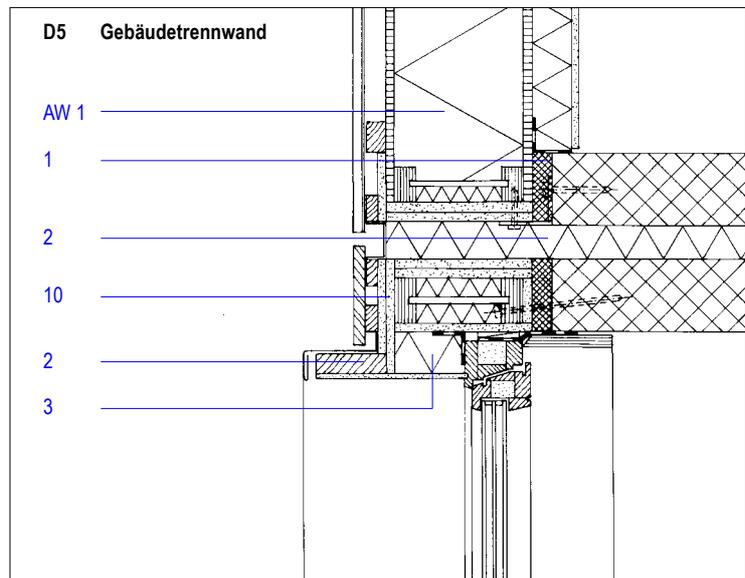
- Stahlbeton-Fertigteilwand, 140 mm
- Schallschutzmatte, Mineralwolle, 2 x 30 mm
- Stahlbeton-Fertigteilwand, 140 mm
- U-Wert Wohnungstrennwand IW 1: 0,533 W/m<sup>2</sup>K

#### Aussenwand AW 1

- Holzschalung, Lärche 24 mm (bzw. Kupfer, Falzdeckung)
- Insektenschutzgitter, vollflächig verlegt
- Luftlattung 30/60 mm
- DWD-Unterdachplatte, 16 mm, diffusionsoffen
- Holzkonstruktion aus TJI-Trägern, dazwischen Zellulosefaserdämmung, WLG 040, 241 mm
- OSB-Platte, 18 mm, Stöße luftdicht verklebt
- Installationsebene, Steinwolle, 60 mm
- Gipskartonplatte (F30), 12,5 mm
- U-Wert Aussenwand AW 1: 0,137 W/m<sup>2</sup>K

#### Fenster FE

- Holzfenster, Kiefer lackiert, mit gedämmten PU-Kern
- Fabrikat: „Variotec-Energyframe“, mit  $U_F = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 3-fach-Wärmeschutzverglasung, mittlere Scheibe ESG, selektive Beschichtungen auf 3. und 5. Ebene,  $U_g = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; g-Wert = 0,54
- Thermix-Abstandshalter, tieferer Glaseinstand, mit  $\Psi_{\text{Glasrand}} = 0,03 \text{ W/mK}$
- Einbau mit überdämmten Fensterrahmen, mit  $\Psi_{\text{Glasrand}} = 0,01 \text{ W/mK}$
- $U_{w,F}$ -Wert aller Fenster (eingebaut): 0,74



#### Legende

- 2 Fensterrahmung, mit Kupferblech bekleidet
- 3 Überdämmung Fensterrahmen, XPS
- 8 Brandschutz-Fugenband
- 9 Trennwand-Dämmplatten, MW, 2 x 30 mm
- 10 Brandschutz-Platten, imprägniert
- 11 Schiebetüranschlag

## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.7 Detailplanung (Fortsetzung)

#### Bodenplatte

Die Gründung des Gebäudes erfolgte über eine Stahlbetonbodenplatte, unter der eine lastabtragende Perimeterdämmung (2-lagig, 2 x 12 cm) angeordnet wurde. Dadurch konnte die Dämmung des Kellers (Kellerwände - Bodenplatte) ohne Versprünge um den Kellerbaukörper geführt werden. Die aussenseitige Dämmung ist bauphysikalisch unproblematisch (z.B. hinsichtlich Abdichtung Keller - Feuchteschutz). Der Bodenaufbau des Kellers beginnt mit einer vollflächig verklebten Schweißbahn, die an allen aufsteigenden Bauteilen bis OK Estrich geführt wurde. Darauf folgt ein konventioneller Estrichausbau mit 6 cm PU-Dämmung, 2 cm Trittschalldämmung und 5,5 cm Zementestrich. Die einbindenden Aussen- und Innenwände aus Stahlbeton-Fertigteilen stellen Wärmebrücken dar, die im PHPP berücksichtigt wurden.

#### Kelleraußenwände

Die Kelleraußenwände bestehen ebenfalls aus Stahlbeton mit WU-Zusatz und wurden aussenseitig mit Perimeterdämmung (2-lagig, 2 x 12 cm) und einer Abdichtung aus Bitumen-KSK-Bahnen versehen.

#### Kellerfenster - Lichtschächte

Ein spezielles Problem bei gedämmten Kellern stellt die Einbindung der Kellerfenster und Lichtschächte in das Dämm- und Dichtkonzept dar. Die marktverfügbaren Kellerlichtschachtsysteme sind für Passivhäuser nicht geeignet. Die Lichtschächte wurden mit speziellen Rohrhülsen und langen Schwerlastdübeln an der Kelleraußenwand befestigt (punkt förmige Wärmebrücke), ansonsten wird die Dämmung an dieser Stelle nicht geschwächt. Zusätzlich wurden die Lichtschächte auf Streifenfundamente gestellt, um die Lastabtragung nicht alleine auf die Schwerlastdübel zu konzentrieren. Als Kellerfenster wurden ebenfalls Passivhausfenster gewählt, die mit Purenit-Umleimern versehen wurden, um die Fenster in der Dämmebene platzieren zu können. Die Luftdichtigkeit wurde mit Fugenbändern und Klebebändern hergestellt. Eine Überdämmung des Fensterrahmens war aufgrund der zweilagigen Ausführung der Perimeterdämmung problemlos auszuführen.

#### Luftdichtigkeit - Mischbauweise

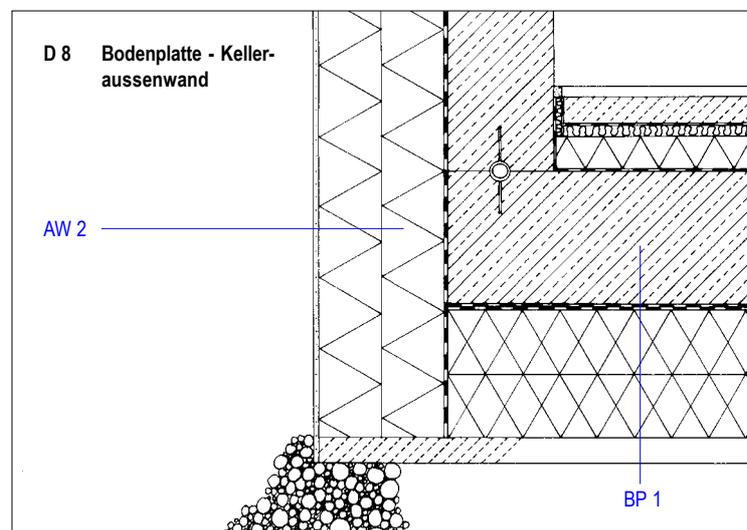
Die hier ausgeführte Mischbauweise hat im Vergleich zu einer reinen Massiv- oder Leichtbaukonstruktion ein aufwändigeres Luftdichtigkeitskonzept zur Folge. Weil auch alle „Nebenwege“ (z.B. Anschluss Deckenplatten- Fassade) mit abzudichten sind, verdoppeln sich in etwa die Fugenlängen. Die Abdichtungsmittel müssen für beide „Materialwelten“ geeignet sein (z.B. Butylkautschuk-Bänder). Die  $n_{50}$ -Kennwerte des Luftdichtigkeitstests lagen bei den Endhäusern mit 0,43 bzw. 0,46  $h^{-1}$  deutlich höher als bei den Mittelhäusern, bei denen Werte zwischen 0,25 und 0,34  $h^{-1}$  gemessen wurden.

#### Kellerwand AW 2

- Drän-Schutz-Matte
- Perimeterdämmung, Styrodur, WLG 040, 2 x 120 mm
- Vollflächige Abdichtung Bitumen-KSK-Bahn
- Kaltflüssiger Voranstrich
- Stahlbetonwand (WU-Beton), 200 mm
- U-Wert Kellerwand AW 2: 0,161 W/m<sup>2</sup>K

#### Bodenplatte BP 1

- Belag
- Zementestrich, 55 mm
- Trittschalldämmung, WLG 040, 20 mm
- PU-Dämmung, WLG 025, 60 mm
- Bitumenschweißbahn G 200 S4, vollflächig verklebt
- Stahlbeton-Bodenplatte (WU-Beton), 250 mm
- PE-Folie, 2-lagig
- Lastabtragende Dämmung, Styrodur, 2 x 120 mm
- Magerbeton, 50 mm
- U-Wert Bodenplatte BP 1: 0,107 W/m<sup>2</sup>K



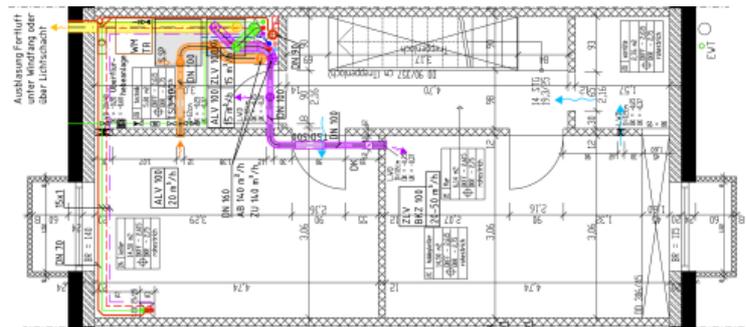
## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.8 Haustechnikplanung

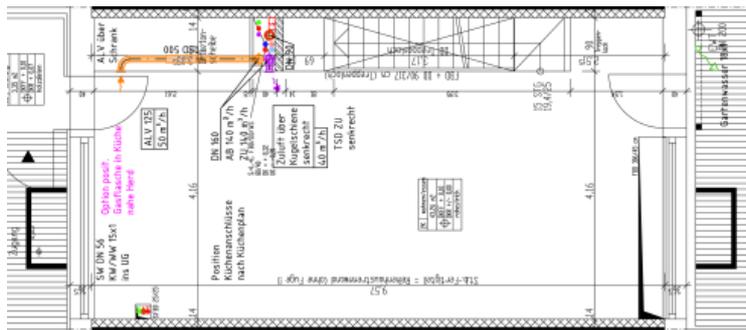
#### Räumliche Anordnung Haustechnik

Der Technikraum ist im Keller platziert. Dort sind die Hausanschlüsse, das Kompaktgerät, der Solarspeicher und alle sonstigen Hilfsaggregate und Technikkomponenten untergebracht. Alle Kellerräume sind in das Lüftungskonzept integriert. Die vertikale Verteilung erfolgt über den zentralen Steigschacht. Im Erdgeschoss und in den Obergeschossen sind die horizontalen Verteilungen in Einbaumöbeln, Vormauerungen und Abhängungen untergebracht. Die Haustechnik ist weitgehend unsichtbar, alle sichtbaren Teile sind diskret und zurückhaltend gestaltet.

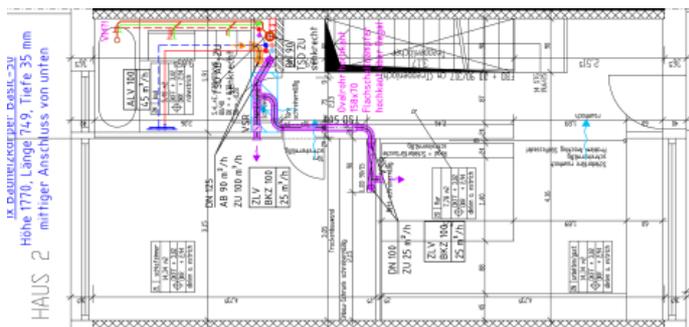
#### Kellergeschoss



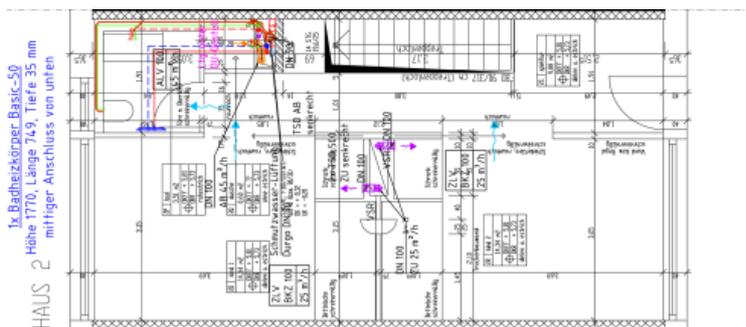
#### Erdgeschoss



#### 1. Obergeschoss



#### 2. Obergeschoss



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.9 Kurzdokumentation PHPP-Ergebnisse

#### Zertifiziertes Passivhaus

Das Projekt „STADTGESTALTEN“ wurde als Passivhaus von der Passivhaus-Dienstleistung GmbH (PHD, Martin Such) zertifiziert und weist folgende Kennwerte auf:

#### PHPP - Kennwerte

Energiebezugsfläche: 1266 m<sup>2</sup>  
Energiekennwert Heizwärme: 13 kWh/m<sup>2</sup>a  
Drucktestergebnis: n<sub>50</sub> = 0,34 h<sup>-1</sup>

Gesamt-Primärenergiekennwert: 83 kWh/m<sup>2</sup>a  
(Heizung, WW, Lüftung, Haushalts-Strom)

Primärenergiekennwert: 34 kWh/m<sup>2</sup>a  
(Heizung, Warmwasser, Hilfsstrom)

Maximale tagesmittlere Heizlast: 9,9 W/m<sup>2</sup>  
Übertemperaturhäufigkeit (über 25 °C): 6,9 %

#### Zum Vergleich: EnEV - Kennwerte

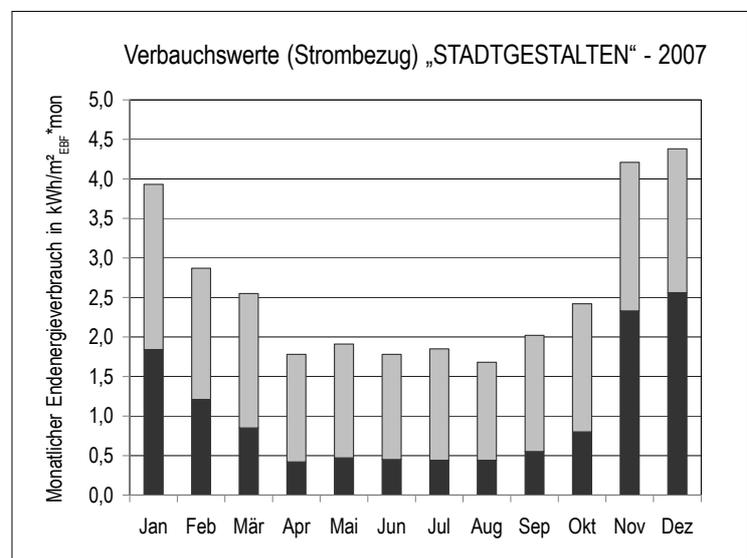
Nutzfläche nach EnEV: 1779 m<sup>2</sup>  
EnEV - Primärenergiekennwert: 24 kWh/m<sup>2</sup>a  
(Heizung, Warmwasser, Hilfsstrom)

#### Verbrauchswerte

Über das monatliche Ablesen der Stromzähler konnte der Endenergieverbrauch in den ersten zwei Heizperioden erfasst werden. Er betrug in der ersten Heizperiode (2006/2007) 26,9 kWh/m<sup>2</sup>a und in der zweiten Heizperiode (2007/2008) 29,3 kWh/m<sup>2</sup>a. Umgerechnet ergeben sich - unter Berücksichtigung der Stromerträge der PV-Anlagen - Gesamt-Primärenergie-Kennwerte von 75,3 kWh/m<sup>2</sup>a bzw. 83,1 kWh/m<sup>2</sup>a. Der höhere Verbrauch in der zweiten Heizperiode resultiert aus höheren gewünschten Raumtemperaturen. Diese liegen nun im Mittel zwischen 21 und 22 °C.

Die Solaranlagen haben 2007 mit 11,9 kWh/m<sup>2</sup>a einen leicht höheren solaren Wärmebeitrag geliefert als im PHPP mit 11,0 kWh/m<sup>2</sup>a berechnet. Der Haushaltsstromverbrauch liegt mit 18,9 kWh/m<sup>2</sup>a jedoch etwas höher, als im PHPP (17,6 kWh/m<sup>2</sup>a) angenommen. Über die Verbesserung der Stromeffizienz bei Beleuchtung und Haushaltsgeräten wären daher weitere (kostengünstige) Einsparpotentiale erschliessbar.

■ Haushaltsgeräte / Beleuchtung  
■ Haustechnik



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

### 8.10 Wird der >Klimaschutzstandard 2050< eingehalten ?

#### >Klimaschutzstandard 2050<

In (Vallentin 2008) wurden belastbare Klimaschutzstandards im Wohnungsbau hergeleitet. Um die Klimaschutzziele in Deutschland einzuhalten sind die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die heute im Mittel bei 64 kg je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr liegen auf nur 12 kg/m<sup>2</sup>a im Jahr 2050 abzusenken. Wohnbauten dürfen im Jahr 2050 im Mittel nur noch 75 kWh/m<sup>2</sup>a an nicht erneuerbarer Primärenergie für Heizen, Warmwasser, Lüftung, Beleuchtung und Haushaltsgeräte beanspruchen. Dieser Grenzwert ist deutlich strenger, als der aktuell für Passivhäuser geforderte Kennwert von kleiner gleich 120 kWh/m<sup>2</sup>a.

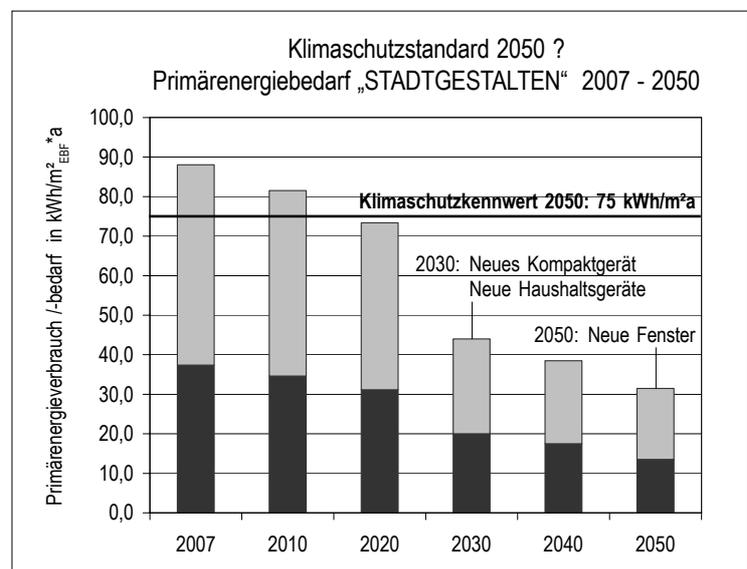
#### Dynamische Entwicklung der Primärenergie-Kennwerte (nicht erneuerbar) aufgrund der Änderungen in der Versorgungsstruktur

Es stellt sich daher die Frage, ob die Stadtreihenhäuser der „STADTGESTALTEN“ ohne weitere bauliche Änderungen die Klimaschutzerfordernungen im Jahr 2050 erfüllen können. Dazu ist eine dynamische Betrachtung erforderlich, die sowohl die Entwicklungen auf der Energieerzeugungsseite, als auch die Erneuerungszyklen des Gebäudes berücksichtigt. Ausgangspunkt ist der tatsächliche Primärenergieverbrauch (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Beleuchtung, Haushaltsgeräte, Gemeinschaftseinrichtungen) im Jahr 2007 von 87 kWh<sub>PE</sub>/m<sup>2</sup>a. Die Stromproduktion wird in den nächsten Jahrzehnten über Effizienzsteigerungen im Kraftwerkspark und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien immer weniger fossiler Primärenergie je Endenenergieeinheit Strom benötigen. Alleine dadurch sinken die Primärenergiekennwerte in den nächsten Jahren kontinuierlich ab.

#### Nachweis Klimaschutzstandard

Schon im Jahr 2020 wird der Klimaschutz-Kennwert unterschritten. Nach Ablauf der Nutzungsdauer wird im Jahr 2030 das Kompaktgerät ausgetauscht und neue effiziente Haushaltsgeräte angeschafft. Weil hierbei Neugeräte mit deutlich höherer Effizienz als heute zum Einsatz kommen (technologische Weiterentwicklung Wärmepumpen!), sinkt der Primärenergie-Kennwert sprunghaft auf knapp 45 kWh/m<sup>2</sup><sub>PE</sub> \*a ab. Im Jahr 2050 werden neue Passivhausfenster (U<sub>w</sub> = 0,6 W/m<sup>2</sup>K) eingebaut. Mit etwas über 30 kWh<sub>PE</sub>/m<sup>2</sup>a im Jahr 2050 können die Reihenhäuser der „STADTGESTALTEN“ den >Klimaschutzstandard 2050< schließlich deutlich unterschreiten. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Projekts „STADTGESTALTEN“ liegen im Jahr 2007 bei 17 kg/m<sup>2</sup><sub>WH</sub> \*a und sinken - aufgrund der oben beschriebenen Entwicklungen - auf ca. 6,5 kg/m<sup>2</sup><sub>WH</sub> \*a im Jahr 2050 ab.

■ Haushaltsgeräte / Beleuchtung  
■ Haustechnik



## 8 Passivhaus-Projektdokumentation

## 8.11 Sonstige Angaben

Urteil der Nutzer	Das Urteil der Nutzer fällt positiv aus. Vor allem die Innenluftqualität wird geschätzt; die Lüftungsanlagen werden auch im Sommer betrieben; die gewünschten Raumtemperaturen liegen mit 21 - 22 °C höher als in den Standardannahmen des PHPP mit 20°C angenommen.
Heizkosten / Energiekosten	Die Stromkosten für Heizung, Lüftung und Warmwasser betragen im Mittel 20 Euro/Monat. Weil die BauherrInnen zusätzlich darauf achteten, bei Neuanschaffungen möglichst energieeffiziente Haushaltsgeräte auszuwählen, liegt der gesamte Stromverbrauch (Haustechnik, Haushaltsgeräte, Beleuchtung) nicht höher, als für einen deutschen 4-Personen-Standard-Haushalt alleine für die Haushaltsanwendungen: Faktisch entfällt damit der Posten >Heizkosten< in der Betriebskostenbilanz.
Technische Angaben zur Versorgungslösung	Jedes Haus wird mit einem Lüftungs-Kompaktgerät mit integrierter Kleinst-Fortluft-Wärmepumpe versorgt. Das Kompaktgerät weist folgende Kennwerte auf (Die Werte in Klammern gelten für die Reihenendhäuser): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitszahl Wärmepumpe (Winter): 3,2</li> <li>- Arbeitszahl Wärmepumpe (Sommer): 2,4</li> <li>- Aufwandszahl Wärmeerzeuger: 0,35</li> <li>- Heizleistung Wärmepumpe: 1400 W (1800 W)</li> <li>- Leistung zusätzlicher elektrischer Heizstab: 6000 W (9000 W)</li> <li>- Maximale Nominalluftmenge: 175 m<sup>3</sup> (225 m<sup>3</sup>)</li> </ul>
Solaranlage / Erdwärmetauscher	Zusätzlich wurde für jedes Haus eine Solaranlage und ein Erdreichwärmetauscher eingebaut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aperturfläche Solaranlage: 4,8 m<sup>2</sup>; Ausrichtung Süd; Neigung: 45 Grad;</li> <li style="padding-left: 20px;">Jährlicher Ertrag (gem. PHPP): 11,0 kWh/m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> *a</li> <li>- Druckloser Solar-Schichtenspeicher 500 Liter</li> <li>- Erdwärmetauscher mit L = 25 - 35 m; DN 200; T = ca. 3,0 m unter Gelände</li> </ul>
Fotovoltaikanlage (3 Häuser)	Auf drei Häusern wurde zusätzlich eine Fotovoltaikanlage installiert. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fläche (Aussenabmessungen): je 7,5 m<sup>2</sup></li> <li>- Hybridzellentechnologie; 1230 Wp; Jahresertrag: ca. 1420 kWh/a</li> </ul>
Baukosten	Spez. Baukosten (KG 300 + 400): 1330 Euro / m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> (bzw. 1495 Euro/m <sup>2</sup> <sub>WFl</sub> ) Mehrkosten Passivhaus: 100 Euro/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> ( bzw. 110 Euro/m <sup>2</sup> <sub>WFl</sub> ) Gesamtbaukosten (KG 300 + 400): 1.680.000 Euro Alle Kostenangaben brutto (incl. 16 % MWSt.)
Literatur / bisherige Veröffentlichungen	(IG Passivhaus 2007) Informations-Gemeinschaft Passivhaus (Hrsg.): Innovative Passivhausprojekte - Objektdokumentation anlässlich des 3. deutschlandweiten Tag des Passivhauses, Eigenverlag, Darmstadt, 2007.  (Vallentin 2008) Vallentin, Rainer: „Herleitung belastbarer Klimaschutzstandards im Wohnungsbau“ In: Tagungsband 12. Passivhaustagung, 11.-12. April 2008 in Nürnberg, Hrsg.: Passivhaus-Institut, Darmstadt, 2008.
Architektur / Planung / Projektanten	Entwurfsverfasser: Rainer Vallentin, Architekt, Centa-Herker-Bogen 8, 80797 München T. 089/161048, Fax: 089/13060380, e-mail: pgph@gmx.de  Haustechnikplaner: Dipl. Ing. Kurt Güttinger, Kempten  Statik: Dipl. Ing. Gerhard Jochum, Alling  Flachdach: Dipl. Ing. Architekt Norbert Hirschbeck, München  Gartengestaltung: Heidi Janicek, München