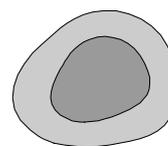




**CEPHEUS** - gefördertes Projekt:  
EUROPÄISCHE KOMMISSION  
DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY  
THERMIE  
Projekt-Nummer: **BU / 0127 / 97**



**Energieinstitut Vorarlberg**

---

## CEPHEUS-Projektinformation Nr. 29

---



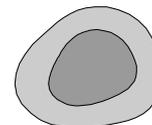
# Wohnanlage Hallein







**CEPHEUS** - gefördertes Projekt:  
EUROPÄISCHE KOMMISSION  
DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY  
THERMIE  
Projekt-Nummer: **BU / 0127 / 97**



**Energieinstitut Vorarlberg**

---

## CEPHEUS-Projektinformation Nr. 29

---

**CEPHEUS**



cost efficient passive houses as european standards

# Wohnanlage Hallein

Autoren:

**Helmut Krapmeier, Eva Müller**

unter Mitwirkung von:

**Otmar Essl, Anton Holzer,  
Rainer Zwitterling, Otto Köck,  
Martin Ploss**

Herausgeber:

**Energieinstitut Vorarlberg  
Stadtstraße 33/CCD, A-6850 Dornbirn**

**EUROPEAN COMISSION**

**DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY  
THERMIE**

Projekt Nr.:

**BU/00127/97/DE/SE/A**

Stand: Dezember 2001



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>PROJEKTBE SCHREIBUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Das Passivhauskonzept	2
1.2	Zentrale Ergebnisse von CEPHEUS	2
<b>2</b>	<b>STANDORTINFORMATIONEN</b>	<b>7</b>
2.1	Übersichtskarten und Pläne	7
2.2	Geografische und klimatische Daten	9
<b>3</b>	<b>BAUBESCHREIBUNG</b>	<b>9</b>
3.1	Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten	9
3.2	Angaben zur Energiebezugsfläche	14
3.3	Beschreibung der Bauweise	14
3.4	Regelquerschnitte der Außenbauteile	15
3.5	Darstellung von Anschlussdetails	18
3.6	Besonderheiten	26
<b>4</b>	<b>LÜFTUNGSKONZEPT</b>	<b>26</b>
4.1	Zu-, Abluft, Überströmzonen	27
4.2	Angaben zu den technischen Parametern	27
4.2.1	Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals	28
4.2.2	Auslegungsluftvolumenströme	28
4.2.3	Druckverluste	28
4.2.4	Filter	28
4.2.5	Zuluftventile	28
4.2.6	Abluftventile	29
4.3	Beschreibung des Wärmetauschers	29
4.4	Regelmöglichkeiten	29
4.5	Beschreibung des Erdreichwärmetauschers	29
<b>5</b>	<b>KONZEPT DER RAUMWÄRMEVERSORGUNG</b>	<b>29</b>
5.1	Heizwärmeverteilung	29
5.2	Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung	30
5.3	Besonderheiten	32
<b>6</b>	<b>KONZEPT DER WARMWASSERVERSORGUNG</b>	<b>32</b>
6.1	Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung	32
6.2	Auslegungsdaten	32

---

<b>6.3</b>	<b>Beschreibung der Solaranlage</b>	<b>32</b>
<b>6.4</b>	<b>Besonderheiten</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>AUSSTATTUNG MIT ELEKTRISCHEN HAUSHALTSGERÄTEN UND BELEUCHTUNG</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>KOSTEN UND MEHRKOSTEN</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>BESCHREIBUNG DES BAUABLAUFS</b>	<b>36</b>
<b>9.1</b>	<b>Zeitliche Daten</b>	<b>36</b>
<b>9.2</b>	<b>Beteiligte und Organisation des Bauablaufs</b>	<b>36</b>
<b>9.3</b>	<b>Baudurchführung im Detail</b>	<b>36</b>
9.3.1	Aktivitäten zur Qualitätssicherung	36
9.3.2	Fußbodenaufbau im Erdgeschoss	37
9.3.3	Wandaufbau	37
9.3.4	Dachaufbau	37
9.3.5	Verschattung	37
<b>9.4</b>	<b>Erfahrungen mit Beteiligten bzw. den geplanten technischen Lösungen hinsichtlich der Realisierung der Qualitätsanforderungen</b>	<b>37</b>
<b>9.5</b>	<b>Besonderheiten</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>ERGEBNISSE QUALITÄTSSICHERNDER MAßNAHMEN</b>	<b>38</b>
<b>10.1</b>	<b>PHPP-Berechnung</b>	<b>38</b>
<b>10.2</b>	<b>Berechnungen der Wärmebrücken</b>	<b>41</b>
<b>10.3</b>	<b>Ergebnisse der Luftdichtheitstests</b>	<b>41</b>
<b>10.4</b>	<b>Ergebnisse der Thermografien</b>	<b>42</b>
<b>11</b>	<b>ANGABEN ZU ERWERBERN/BAUHERREN BZW. MIETERN</b>	<b>46</b>
<b>11.1</b>	<b>Durchgeführte Einweisungen</b>	<b>46</b>
<b>12</b>	<b>MESSERGEBNISSE</b>	<b>47</b>
<b>13</b>	<b>AKTIVITÄTEN ZUR INFORMATIONSVERBREITUNG</b>	<b>48</b>
<b>14</b>	<b>FOTODOKUMENTATION</b>	<b>49</b>
<b>15</b>	<b>CEPHEUS-PUBLIKATIONEN</b>	<b>50</b>
<b>16</b>	<b>QUELLEN</b>	<b>52</b>

# 1 Projektbeschreibung

Im Rahmen des EU-Forschungs- und Demonstrationsprojekts CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standards) wurden im Laufe der Jahre 1999 bis 2001 an 14 Standorten in Europa Passivhäuser unterschiedlicher Bauart mit insgesamt 221 Wohneinheiten fertiggestellt.



Abbildung 1: Übersicht aller CEPHEUS-Projekte

## 1.1 Das Passivhauskonzept

Die Grundbausteine von Passivhäusern sind:

- **Superdämmung:**  
Passivhäuser haben eine besonders gute Wärmedämmung, vermeiden Wärmebrücken und haben eine hohe Luftdichtheit. Dies ist wichtig, um ohne Komfortverluste auf Heizkörper verzichten zu können.
- **Kombination von effizienter Nachheizung mit Wärmerückgewinnung:**  
Passivhäuser werden über eine Komfortlüftung ständig mit frischer Luft versorgt. Mittels eines sehr effizienten Wärmetauschers wird die Wärme aus der Abluft auf die einströmende Frischluft übertragen. Dabei werden die Luftströme nicht vermischt. Eine Vorerwärmung der Frischluft über einen Erdreich-Wärmetauscher ist möglich und senkt den Nachheizbedarf. Die Heizwärme wird über die frische Zuluft in die Räume gebracht. Sie kann auch über zusätzliche Heizflächen verteilt werden, was jedoch mit höheren Investitionskosten verbunden ist.
- **Passive Solarnutzung:**  
Südorientierte Passivhäuser sind zugleich Solarhäuser. Nach Ausschöpfung der Effizienzpotentiale deckt die passive Nutzung der Sonneneinstrahlung etwa ein Drittel des verbleibenden Heizenergiebedarfs. Dafür werden in der Regel neuentwickelte Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung und supergedämmten Rahmen eingesetzt. Vorteilhaft ist eine Südorientierung der Hauptbelichtungsflächen und Verschattungsfreiheit.
- **Stromeffizienz (Ausstattung mit effizienten Geräten):**  
Durch Ausstattung mit effizienten Haushaltsgeräten sowie Stromsparlampen wird auch der Haushaltsstromverbrauch der Passivhäuser ohne Komforteinschränkungen sehr stark reduziert. Die gesamte Haustechnik ist ebenfalls höchst effizient.
- **Restenergiebedarfsdeckung durch erneuerbare Energieträger:**  
Eine kostenoptimierte thermische Solaranlage kann etwa 40-60 % des gesamten Nieder-temperaturwärmebedarfs eines Passivhauses decken. Aufgrund des geringen Restenergiebedarfs eines Passivhauses wird es darüber hinaus möglich, den verbleibenden Energieverbrauch (für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom) vollständig durch erneuerbare Energieträger (Solarthermie, Photovoltaik, Windenergie, Biomasse) in der Jahres-Primärenergie- bzw. CO<sub>2</sub>-Bilanz zu decken. Passivhäuser ermöglichen so zu marktgängigen Preisen klimaneutrale Wohnungsneubauten.

## 1.2 Zentrale Ergebnisse von CEPHEUS

**Der Passivhausstandard ist universell:**

Alle Gebäudetypen (Einfamilienhaus, Reihenhaus, Geschosswohnbau,...) sind in unterschiedlichsten Bauweisen (Massivbau, Mischbau, Holzbau,...) für unterschiedlich finanzkräftige Käufer und Mieter als Passivhaus realisierbar.

Projekt	Gebäudetyp	WE [m <sup>2</sup> ]	WNF	Konstruktion	Rechtsform
D – Hannover	Reihenhaus	32	3805	Mischbau	Eigentum
D - Kassel	Geschoss-Wohnbau	40	3164	Massivbau	Sozialbau
S – Göteborg	Reihenhaus	20	2704	Holzbau	Eigentum
A – Egg	Mehrfamilienhaus	4	321	Massivbau	Eigentum
A – Hörbranz	Reihenhaus	3	370	Massivbau	Eigentum
A – Wolfurt	Mehrfamilienhaus	10	1200	Mischbau	Eigentum
A – Dornbirn	Einfamilienhaus	1	133	Mischbau	Eigentum
A – Salzburg	Mehrfamilienhaus	6	337	Mischbau	Sozialbau
A – Kuchl	Geschoss-Wohnbau	25	1400	Mischbau	Sozialbau
A – Hallein	Geschoss-Wohnbau	31	2340	Mischbau	Eigentum
A – Horn	Einfamilienhaus	1	170	Mischbau	Eigentum
A – Steyr	Reihenhaus	3	468	Massivbau	Eigentum/Miete
CH – Nebikon	Reihenhaus	5	641	Holzbau	Eigentum
F - Rennes	Geschoss-Wohnbau	40	2744	Mischbau	Eigentum

Tabelle 1: Übersicht aller CEPHEUS-Projekte

**Die Energieeinsparung wurde erreicht:**

Der angestrebte Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) und damit eine Reduktion des Heizwärmeverbrauchs um 80% gegenüber üblichen Neubauten wurde im Mittel über alle gemessenen Gebäude bereits im ersten Betriebsjahr eingehalten.

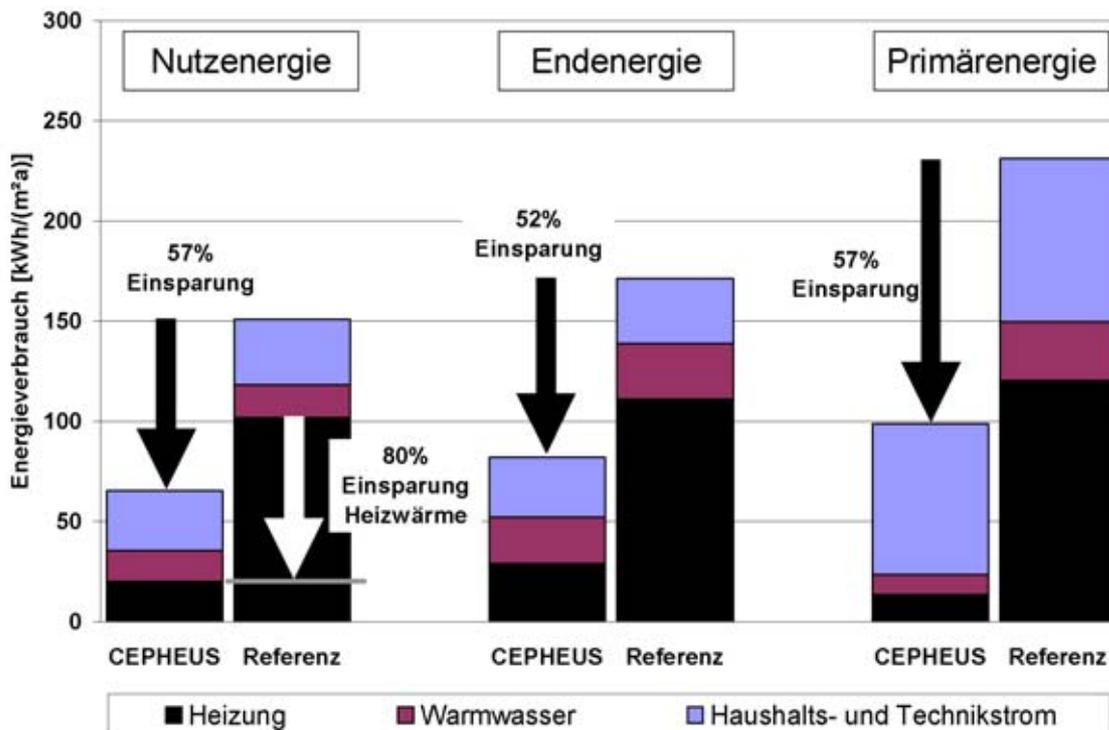


Abbildung 2: Erreichte Energieeinsparungen im Vergleich zu Referenzgebäuden

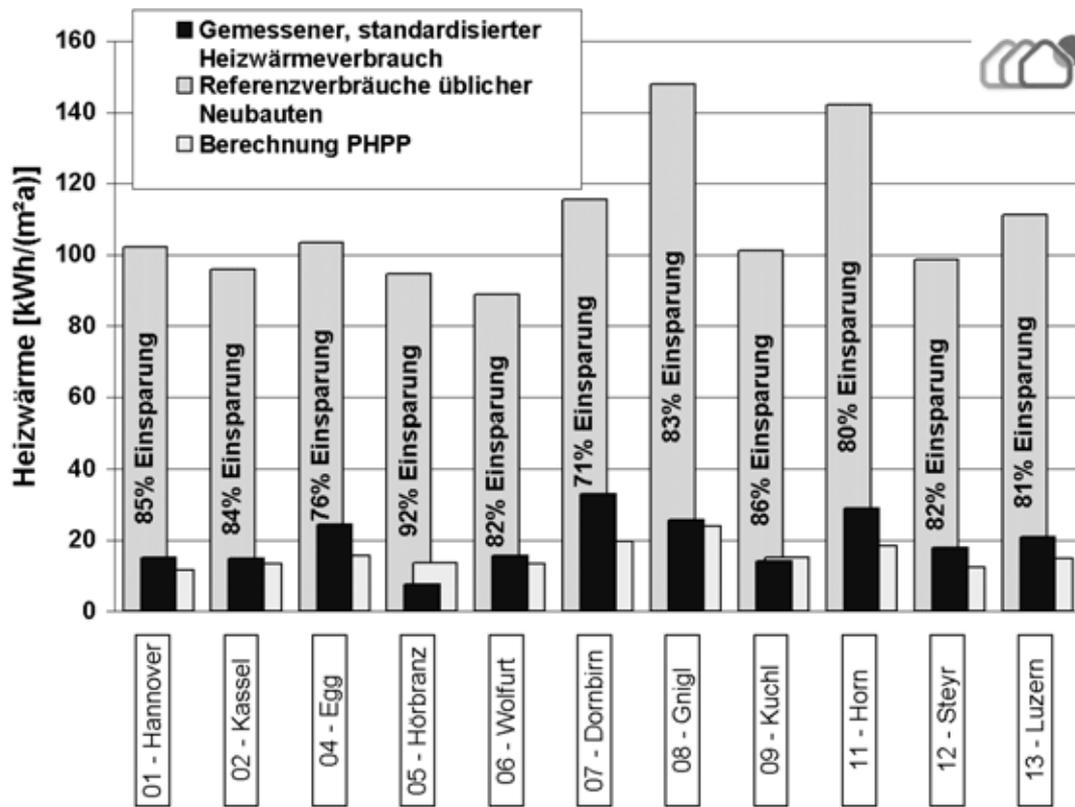


Abbildung 3: Berechneter und gemessener Heizwärmeverbrauch aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

**Die Mehrkosten sind gering:**

Die Mehrkosten für die Bauvorhaben liegen, verglichen mit anderen Gebäuden, die von den Baurägern nach den gültigen Bauvorschriften errichtet wurden, im Mittel unter 10%.

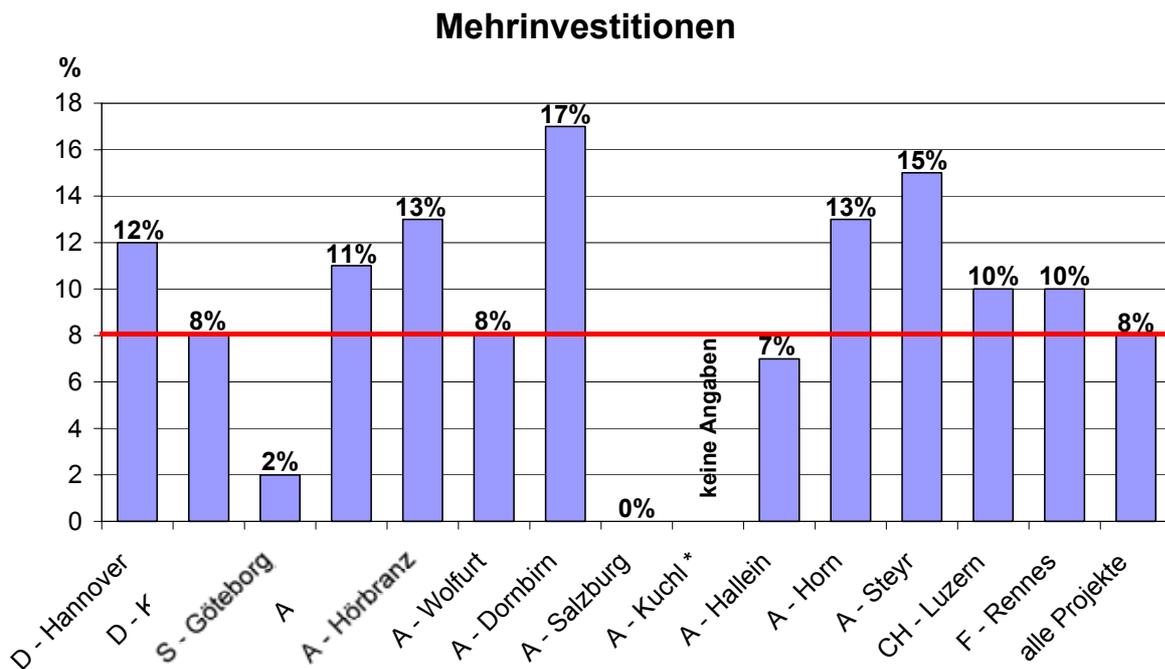


Abbildung 4: Mehrkosten in % aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

**Passivhäuser sind behaglich:**

Die **Behaglichkeit** in den gebauten Wohnungen ist im Winter wie im Sommer ausgezeichnet.

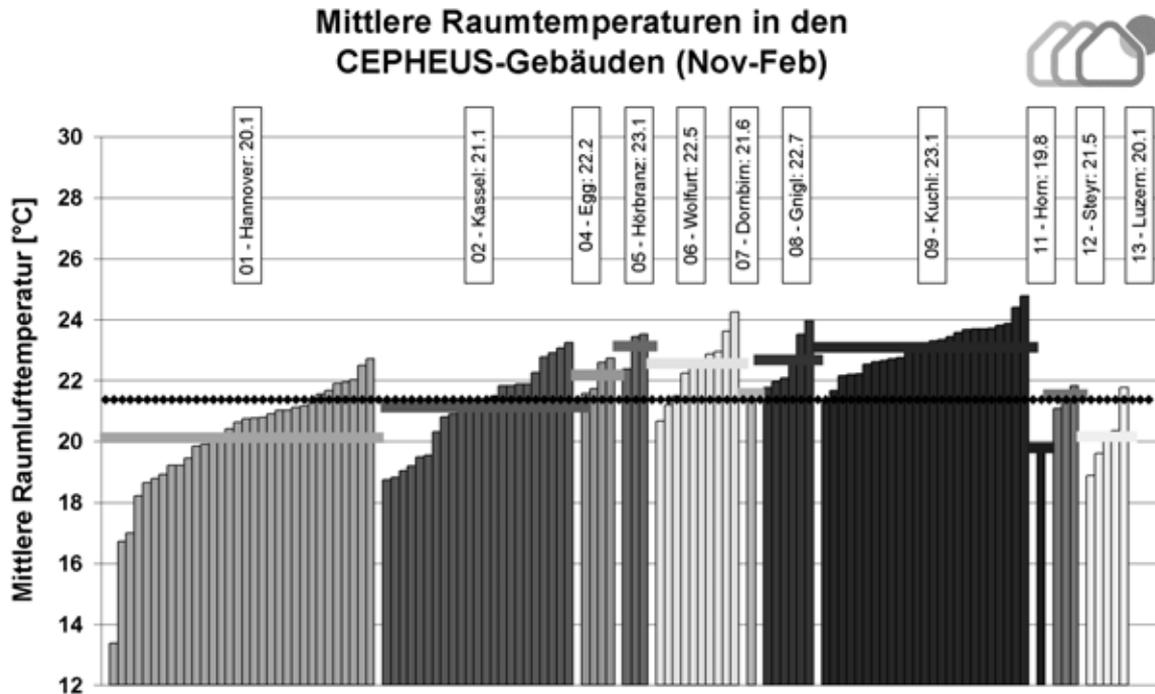


Abbildung 5: Gemessene Innenraum-Temperaturen aller Projekte

**Die Bewohner sind zufrieden:**

Die außerordentlich **hohe Nutzerakzeptanz** des Passivhausstandards ist eine geeignete Basis, um noch bestehende Vorbehalte bei Bauträgern und Wohnungsgesellschaften abbauen zu helfen.



Abbildung 6: Ergebnis einer Bewohnerbefragung

**Weitere nützliche Erfahrungen:**

- Es zeigte sich auch, dass noch ein unzureichendes Wissen von Teilaspekten (z. B. Wärmebrücken, Luftdichtheit) bei den Architekten, Planern und ausführenden Handwerkern besteht.
- Das CEPHEUS - Projekt konnte bedeutende Innovationsimpulse für die Entwicklung hocheffizienter Bauteile und Technik-Komponenten von Passivhäusern (z. B. Dämmsysteme, Fenster, Lüftungsanlagen, Kompaktheizgeräte) sowie für eine breite Markteinführung von Passivhäusern geben.
- Das Projekt lieferte wichtige Erfahrungen und Instrumente, die in die jetzt diskutierte Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über das Energieprofil von Gebäuden einfließen können.
- Für die thermische Sanierung des Gebäudebestandes können die Passivhausbauelemente (Fenster, Dämmsysteme, energieeffiziente Geräte) eingesetzt werden, wodurch höhere Energieeinsparungen erzielt werden können.

Diese Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass das CEPHEUS-Projekt sehr erfolgreich verlaufen ist und alle angestrebten Ziele erreicht wurden.

Alle 14 CEPHEUS-Projekte sind bis ins Detail dokumentiert. Neben diesen Detailberichten der einzelnen Bauprojekte gibt es noch zahlreiche andere CEPHEUS-Publikationen. Eine Auflistung der gesamten CEPHEUS-Literatur finden Sie im Kapitel 15.

Im folgenden wird eines der österreichischen Projekte - das Passivhaus in Hallein, Salzburg - genau beschrieben.

## 2 Standortinformationen

Hallein liegt im Bundesland Salzburg, dem mit 480.000 Einwohnern 7.-größten Bundesland Österreichs. Die Stadt Hallein hat 20.000 Einwohner und liegt 15 km südlich der Landeshauptstadt Salzburg.

Das CEPHEUS-Projekt befindet sich im nördlichen Bereich der Altstadt von Hallein (diese ist in ca. fünf Minuten zu Fuß erreichbar) und ist infrastrukturell bestens erschlossen (Bahn- und Busverbindung in unmittelbarer Nähe).

### 2.1 Übersichtskarten und Pläne

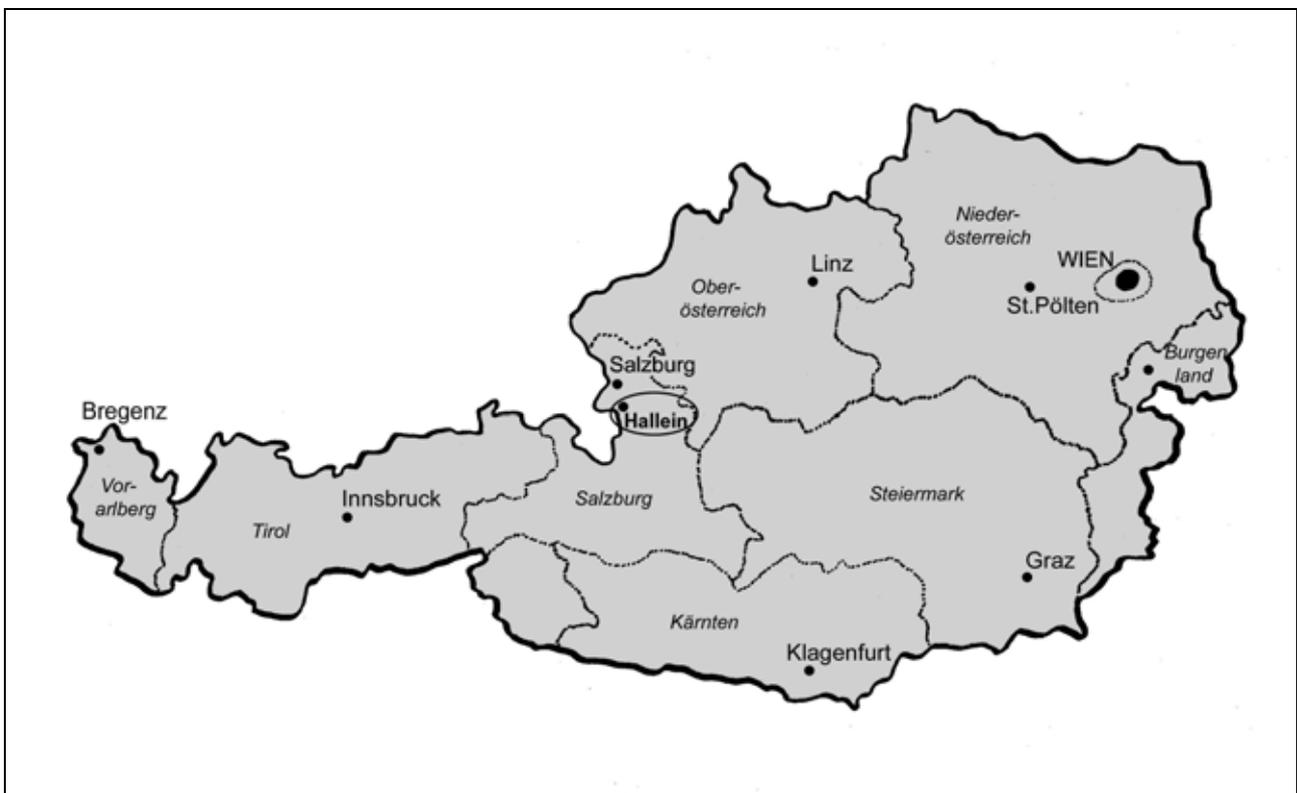


Abbildung 7: Hallein im Bundesland Salzburg

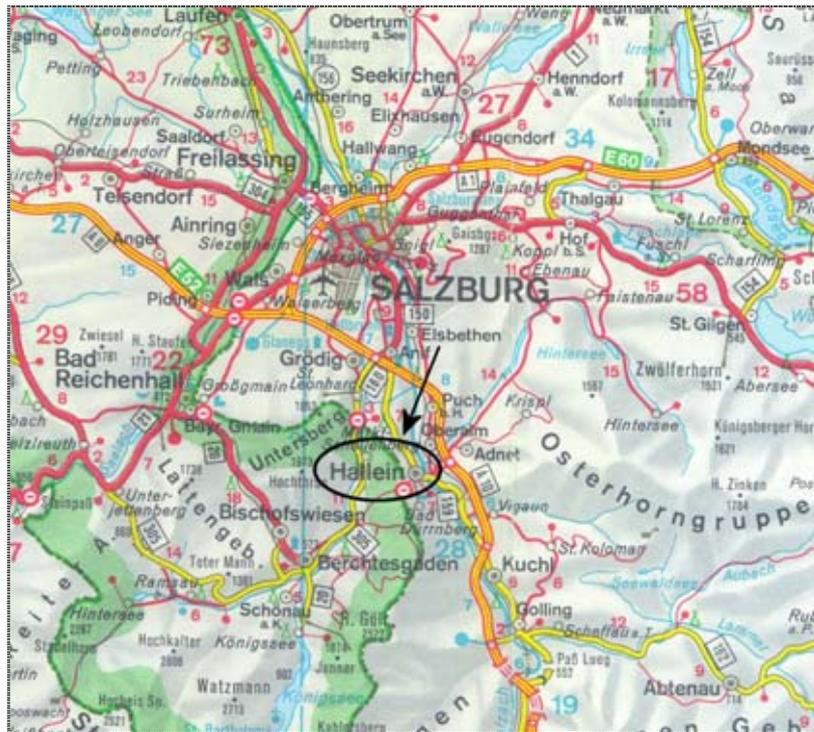


Abbildung 8: Die Lage von Hallein im Salzburger Land

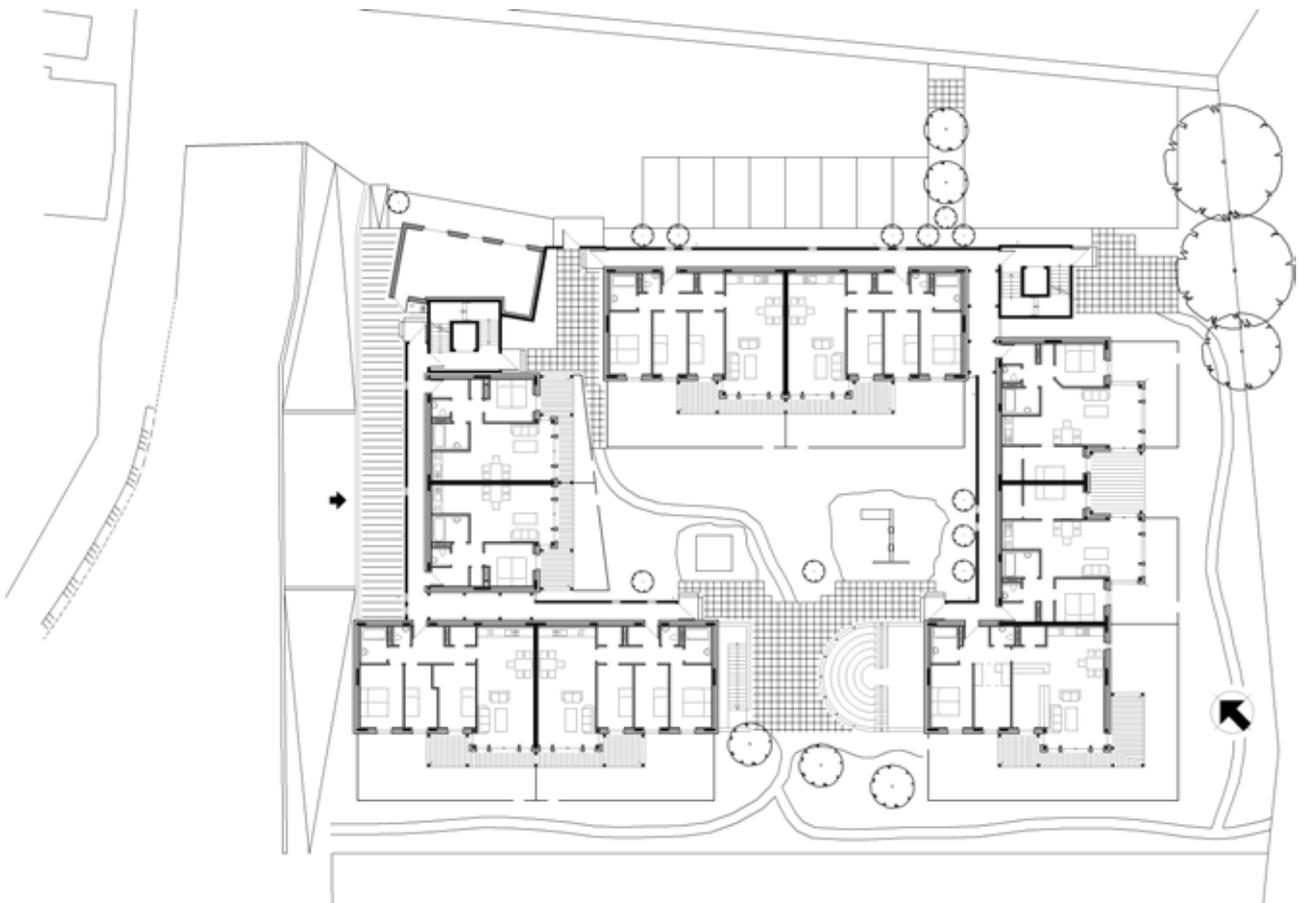


Abbildung 9: Lage des Baugrundstücks

## 2.2 Geografische und klimatische Daten

Salzburg-Gnigl: Geographische Länge: 13° 06'  
 Geographische Breite: 47° 41'  
 Meereshöhe (Postamt): 445 m ü.M.

Monat/Jahr	Mittlere Außentemp.	Heizgradtage (12°/20°)	Mittlere tägliche Globalstrahlung auf horizontale Fläche
	[C°]	[Kd]	[Wh/m²d]
Januar	-1,1	650	942
Februar	0,4	546	1.653
März	4,1	486	2.733
April	8,6	308	3.855
Mai	12,7	144	4.713
Juni	15,7	51	5.127
Juli	17,3	21	5.041
August	16,8	19	4.355
September	13,9	83	3.187
Oktober	9,2	296	1.941
November	4	476	1.061
Dezember	0,1	615	734
<b>Jahr</b>	<b>8,5</b>	<b>3.695</b>	<b>2.945</b>

Tabelle 2: Langjährige Mittelwerte der wichtigsten Klimadaten [Klimadatenkatalog]

## 3 Baubeschreibung

Die Grundstücksgröße beträgt 3.875 m<sup>2</sup>, im Nordosten verläuft die Westbahnstrecke, südöstlich wird das Grundstück durch den Almbach abgegrenzt und im südwestlichen Bereich befindet sich der städtische Kindergarten.

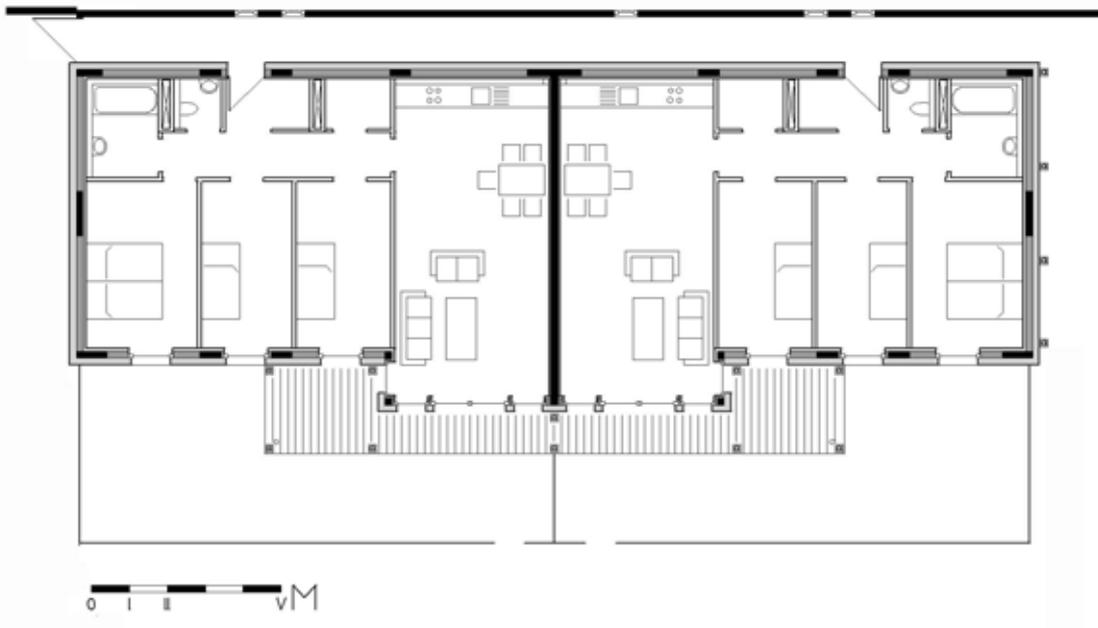
### 3.1 Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten

Die Baukörper der Wohnanlage gliedern sich in vier Bauteile (Bauteil A, B/C, D, E), wobei sich die Bauteile B und E nach Südosten, und die Bauteile A, C, D nach Südwesten orientieren. Sämtliche Wohnungen sind mittels Laubengänge erschlossen, die sich außerhalb der wärmedämmenden Hülle befinden. Die vertikale Erschließung erfolgt durch zwei Stiegehäuser, auch diese befinden sich außerhalb der wärmedämmenden Hülle. Weiters wurde im nördlichen Bereich der Anlage ein Jugendraum situiert.

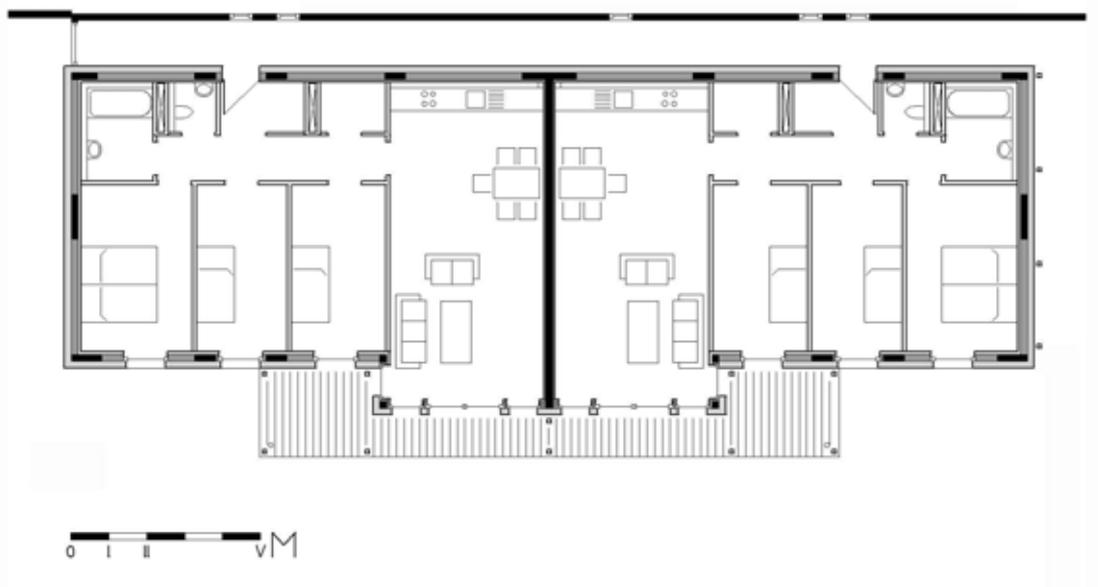
Im Kellergeschoss befinden sich Tiefgarage, Kellerabteile, Freizeitraum, Waschraum, Trockenraum, Regenwassersammelraum, Tiefkühlboxen sowie die Haustechnikzentrale.

Insgesamt sind in der Wohnanlage 31 Wohneinheiten untergebracht, davon im Bauteil A 8 Vierzimmer-Wohnungen (4-Geschosse), im Bauteil B 6 Dreizimmer-Wohnungen (3-Geschosse), im Bauteil C 3 Vierzimmerwohnungen (3-Geschosse), im Bauteil D 6 Vierzimmerwohnungen (3-Geschosse) und im Bauteil E 8 Zweizimmerwohnungen (4-Geschosse). Alle Wohneinheiten sind mit Balkonen ausgestattet, diese sind thermisch entkoppelt vorgelagert und dienen in den Sommermonaten als Sonnenschutz.

Sämtliche Baukörper sind dreiseitig von opaken Bauteilen umschlossen, die Verglasungsflächen befinden sich ausschließlich in den sonnenzugewandten Seiten.



**Abbildung 10: Grundriss Block A, Erdgeschoss**



**Abbildung 11: Grundriss Block A, 1. und 2. Obergeschoss**

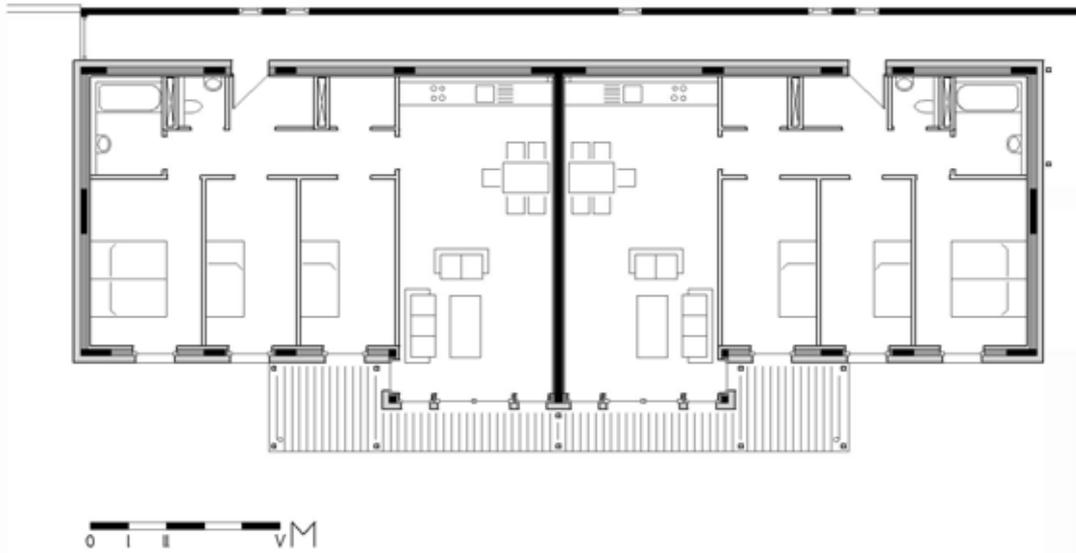


Abbildung 12: Grundriss Block A, 3.Obergeschoss

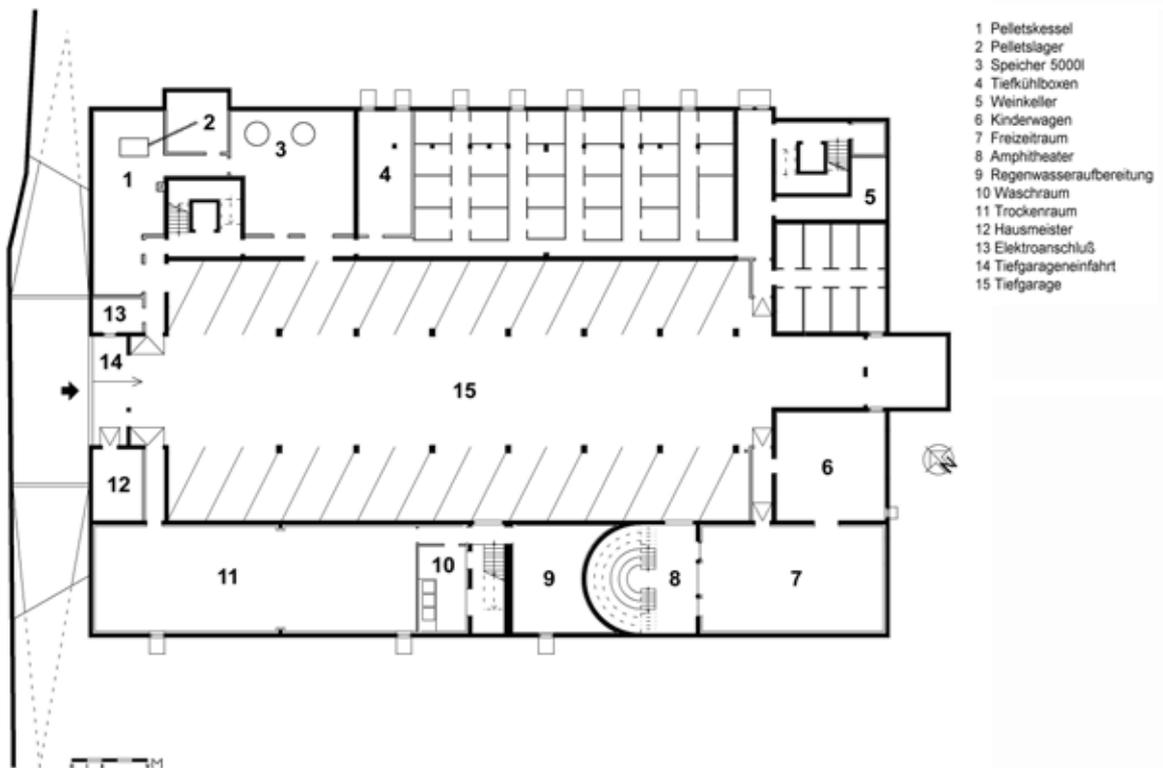


Abbildung 13: Grundriss Kellergeschoss

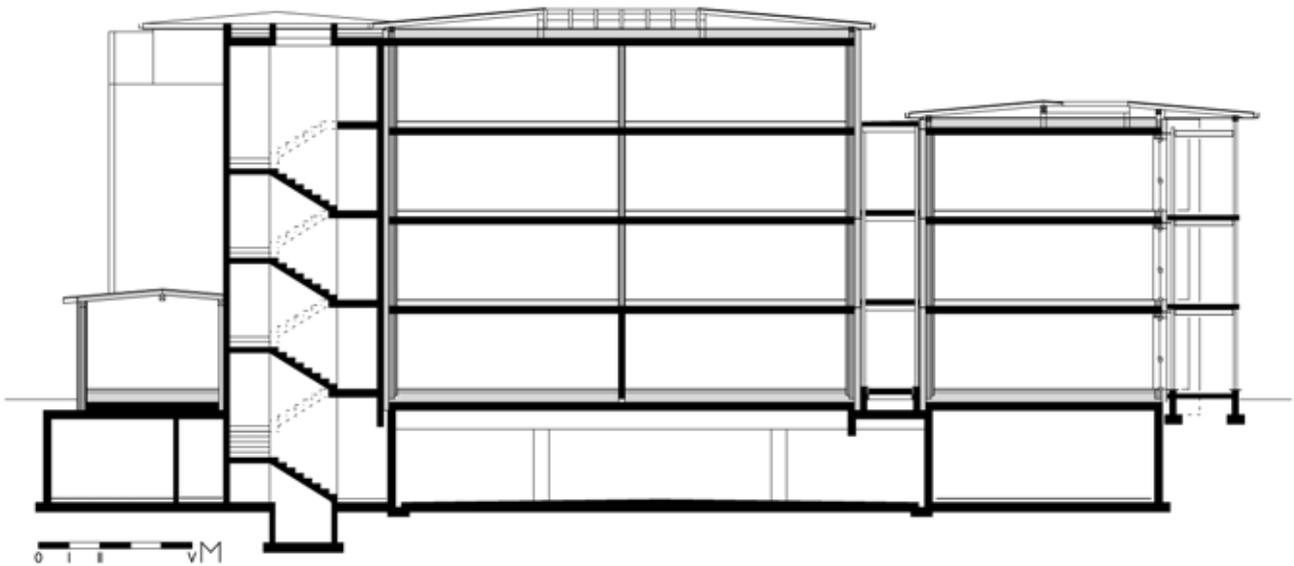


Abbildung 14: Schnitt durch Stiegenhaus, Block E und Block D



© ZUCHNA Objektpräsentation Salzburg

Abbildung 15: Perspektive der gesamten Wohnanlage



**Abbildung 16: Ansicht Innenhof, Blick auf Block A**



**Abbildung 17: Block B, Ostfassade**

### 3.2 Angaben zur Energiebezugsfläche

	Wohnnutzfläche lt. ÖNORM 1800 [m <sup>2</sup> ]	Energiebezugsfläche "treated floor area (TFA)" nach vereinbartem EU- Berechnungsmodus [m <sup>2</sup> ]
Block A		
Top A1 – A8, je	87,01	87,01
<b>Summe Block A</b>	<b>696,08</b>	<b>696,08</b>
Block B		
Top B1 – B6, je	68,01	68,01
<b>Summe Block B</b>	<b>408,06</b>	<b>408,06</b>
Block C		
Top C1	86,83	86,83
Top C2 und C3, je	87,06	87,06
<b>Summe Block C</b>	<b>260,95</b>	<b>260,95</b>
Block D		
Top D1 – D6, je	87,24	87,24
<b>Summe Block D</b>	<b>523,44</b>	<b>523,44</b>
Block E		
Top E1 und E2, je	53,83	53,83
Top E3 und E4, je	53,70	53,70
Top E5 und E6, je	53,57	53,57
Top E7 und E8, je	53,44	53,44
<b>Summe Block E</b>	<b>429,08</b>	<b>429,08</b>
<b>Gesamt</b>	<b>2.317,61</b>	<b>2.317,61</b>

**Tabelle 3: Gegenüberstellung der Energiebezugsflächen**

Die Treated Floor Area (TFA) ist eine für das CEPHEUS-Projekt definierte, nach vereinheitlichten Regeln berechnete Energiebezugsfläche [CEPHEUS 1]. Diese kann mehr oder weniger stark von den nach nationalen Normen berechneten Flächen abweichen.

### 3.3 Beschreibung der Bauweise

Die Baukörper wurden in Stahlbetonskelettbauweise errichtet. Die Felder zwischen den Stahlbetonscheiben bestehen aus einer Holzausfachung. Die Stahlbetonscheiben sind 18 cm stark, die Geschosdecken haben eine Stärke von 24 cm und wurden auch in Stahlbeton errichtet. Das Kellergeschoss sowie die Laubengänge und die Stiegenhäuser wurden ausschließlich in Stahlbeton ausgeführt.

### 3.4 Regelquerschnitte der Außenbauteile

Abbildung 12 zeigt die Regelaufbauten der Bauteile der hochwärmegedämmten Gebäudehülle. Die U-Werte der opaken Bauteile liegen zwischen 0,11 und 0,16 W/(m<sup>2</sup>K), der mittlere U-Wert der Fenster bei 0,79 W/(m<sup>2</sup>K). Im Projekt wurden Kunststofffenster der Fa. Pazen eingesetzt, die PVC-Rahmen sind PU-gedämmt. Als Verglasung wurde eine dreifach-Wärmeschutzverglasung mit Argon-Füllung gewählt. Die Scheibenzwischenräume betragen 18 mm, die Scheibendicken 4 mm. Der U-Wert der Verglasung liegt lt. Deutschem Bundesanzeiger bei 0,7 W/(m<sup>2</sup>K), der g-Wert bei 0,53. Eingesetzt wurde der thermisch getrennte „Thermix“-Abstandhalter. Das Mitteldichtungssystem besteht aus drei Dichtungsebenen aus Naturkautschuk, die Verstärkung erfolgt durch feuerverzinkte Stahlprofile.

Die Holz-Außenwand besteht aus beidseitig beplankten, vorgefertigten Elementen mit 18 cm Mineralwolldämmung. Auf der Innenseite befindet sich eine mit 5 cm Mineralwolle gedämmte Vorsatzschale, auf der Außenseite ein Wärmedämm-Verbundsystem mit 15 cm Polystyrol. Die oberste Geschossdecke ist mit 30 cm Polystyrol, zweilagig mit versetzten Fugen, gedämmt. Die Kellerdecke ist mit 2 \* 12 cm Polystyrol und 10 cm Isolit gedämmt.

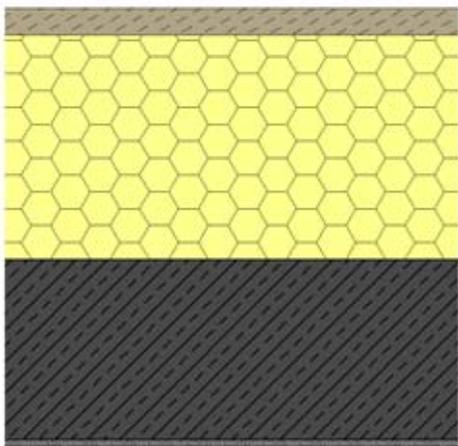
**Dach**

**U = 0,11 W/(m²K)**



<b>Außen / kalt</b>	
Walzblech	-----
Dachpappe	-----
Rauh Schalung	2,4 cm
Sparren	10/14

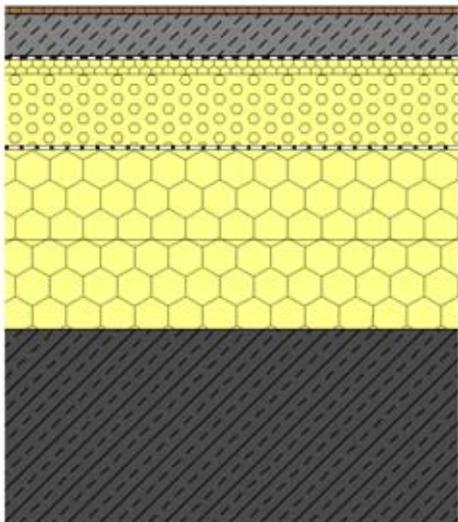
**Luftraum / hinterlüftet**



Holzwohle-Leichtbau-Platte	3,5 cm
Polystyrol	30,0 cm
Stahlbetondecke	24,0 cm
Gipsputz	1,0 cm
<b>Innen / warm</b>	

**Kellerdecke**

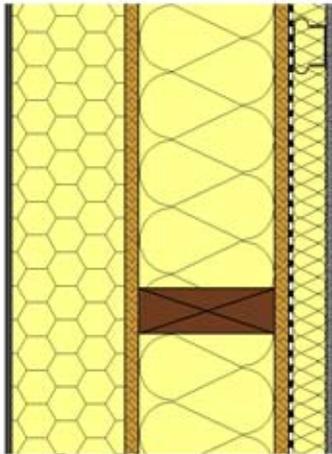
**U = 0,11 W/(m²K)**



<b>Innen / warm</b>	
Parkett	1,2 cm
Estrich	6,0 cm
LDPE-Folie	-----
Trittschalldämmung	2,0 cm
Polystyrol-Beton	10,0 cm
Baupapier	-----
Polystyrol-Hartschaum	24,0 cm
Stahlbetondecke	26,0 cm
<b>Keller / unbeheizt</b>	

### Außenwand 1

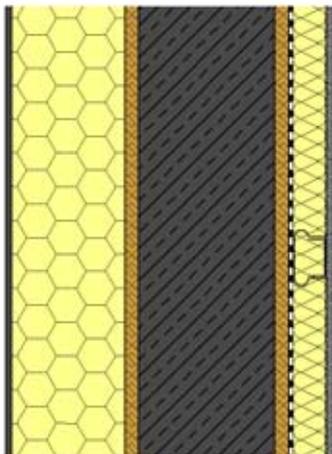
**U = 0,11 W/(m²K)**



<b>Außen / kalt</b>	
Kunstharzputz	0,7 cm
Polystyrol HSEPS-F	15,0 cm
OSB-Paneel	1,8 cm
Riegel / Mineralwolle	6/18
OSB-Paneel	1,8 cm
LPDE-Folie	-----
Federn / Mineralwolle	5,0 cm
Gipskartonplatte	1,25 cm
<b>Innen / warm</b>	

### Außenwand 2

**U = 0,16 W/(m²K)**

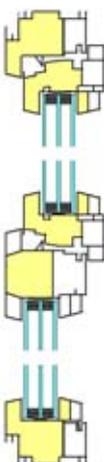


<b>Außen / kalt</b>	
Kunstharzputz	0,7 cm
Polystyrol HSEPS-F	15,0 cm
OSB-Paneel	1,8 cm
Stahlbetonscheibe	18,0 cm
OSB-Paneel	1,8 cm
LPDE-Folie	-----
Federn / Mineralwolle	5,0 cm
Gipskartonplatte	1,25 cm
<b>Innen / warm</b>	

### Fenster

**U = 0,79 W/(m²K)**

(Mittel aller Fensterflächen)



<b>Rahmen</b>	Eco-2
Hersteller	Eurotec-Pazen
Material	Kunststoff
U-Wert	$U_{\text{Rahmen}} = 0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

<b>Verglasung</b>	Unitop-identisch
Abstände	4 / 18 / 4 / 18 / 4 mm
Gasfüllung	Argon
Randverbund	Kunststoff (Thermix)
U-Wert	$U_{\text{Glas}} = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
g-Wert	$g = 53\%$

Abbildung 18: Regelquerschnitte der Gebäudehülle

### 3.5 Darstellung von Anschlussdetails

Voraussetzung für die Realisierung von Gebäuden im Passivhaus-Niveau ist nicht nur der sehr gute Wärmeschutz aller Bauteile der Gebäudehülle im Regelquerschnitt, sondern auch die wärmebrückenfreie und luftdichte Ausführung aller Bauteilanschlüsse.

Die Gebäudehülle der CEPHEUS-Projekte wurde daher durch planungsbegleitende Wärmebrückenberechnungen optimiert. Ziel der Optimierung ist die wärmebrückenfreie Ausführung aller Bauteilanschlüsse. Erläuterungen zum Begriff „wärmebrückenfrei“ finden sich in [PHI 2]. Die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen für das Projekt in Hallein sind in Kapitel 9.2 dargestellt.

Ein weiterer Schwerpunkt bei der Detailplanung der CEPHEUS-Projekte lag auf der Entwicklung luftdichter Bauteilanschlüsse. Ziel war der Passivhaus-Grenzwert der Luftdichtheit  $n_{50}$  von  $0,6 \text{ h}^{-1}$  und damit eine Reduktion der Wärmeverluste durch In- und Exfiltration um den Faktor 4 bis 6 gegenüber durchschnittlichen Neubauten. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle wurde im Rahmen der Qualitätssicherung gemessen, die Messergebnisse sind in Kapitel 9.3 dargestellt. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die wichtigsten Detailpunkte des Projekts in Hallein.

### KELLERANSCHLUSS

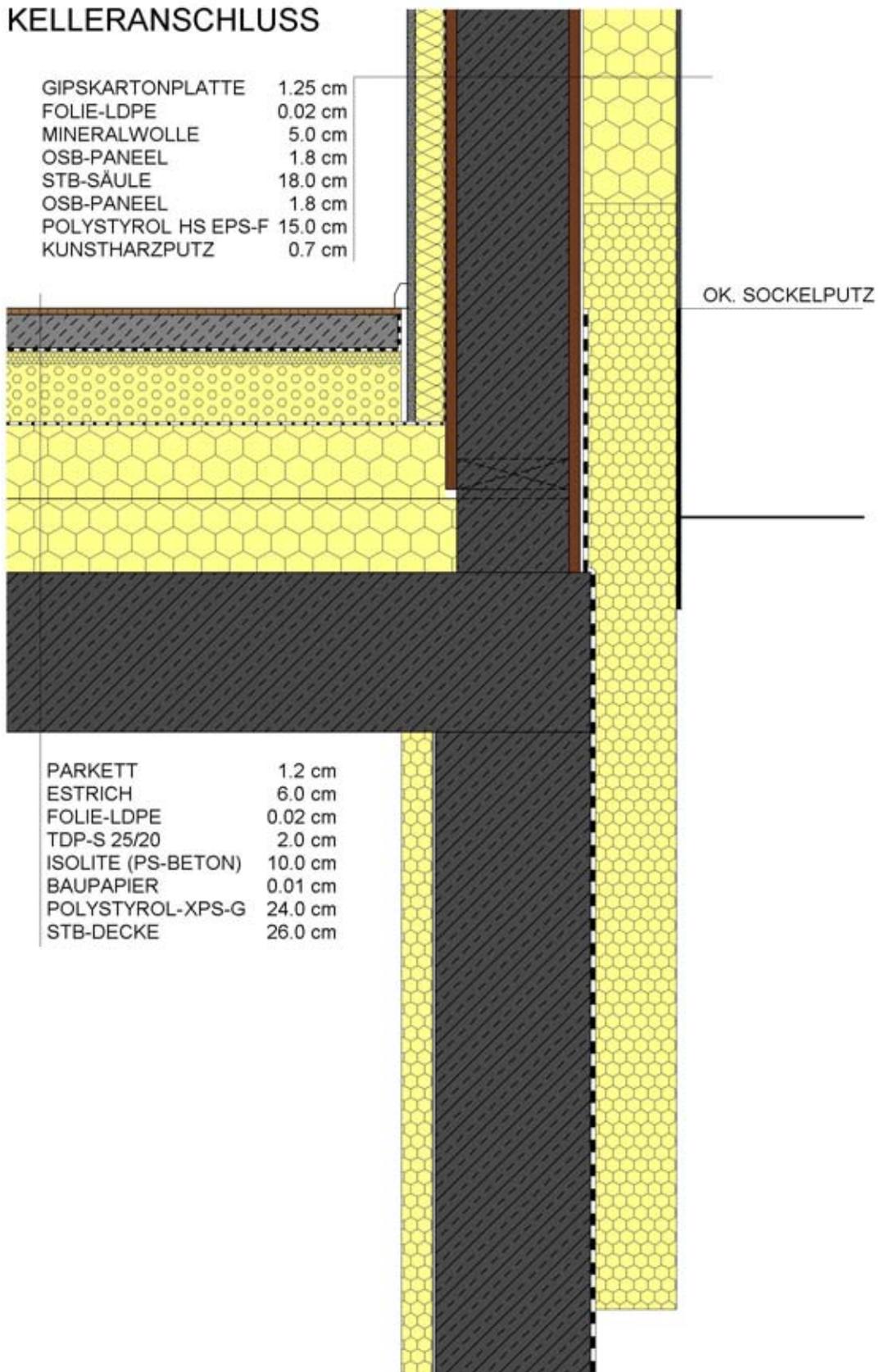


Abbildung 19: Detail Sockelanschluss

WAND HORIZONTAL

WAND VERTIKAL

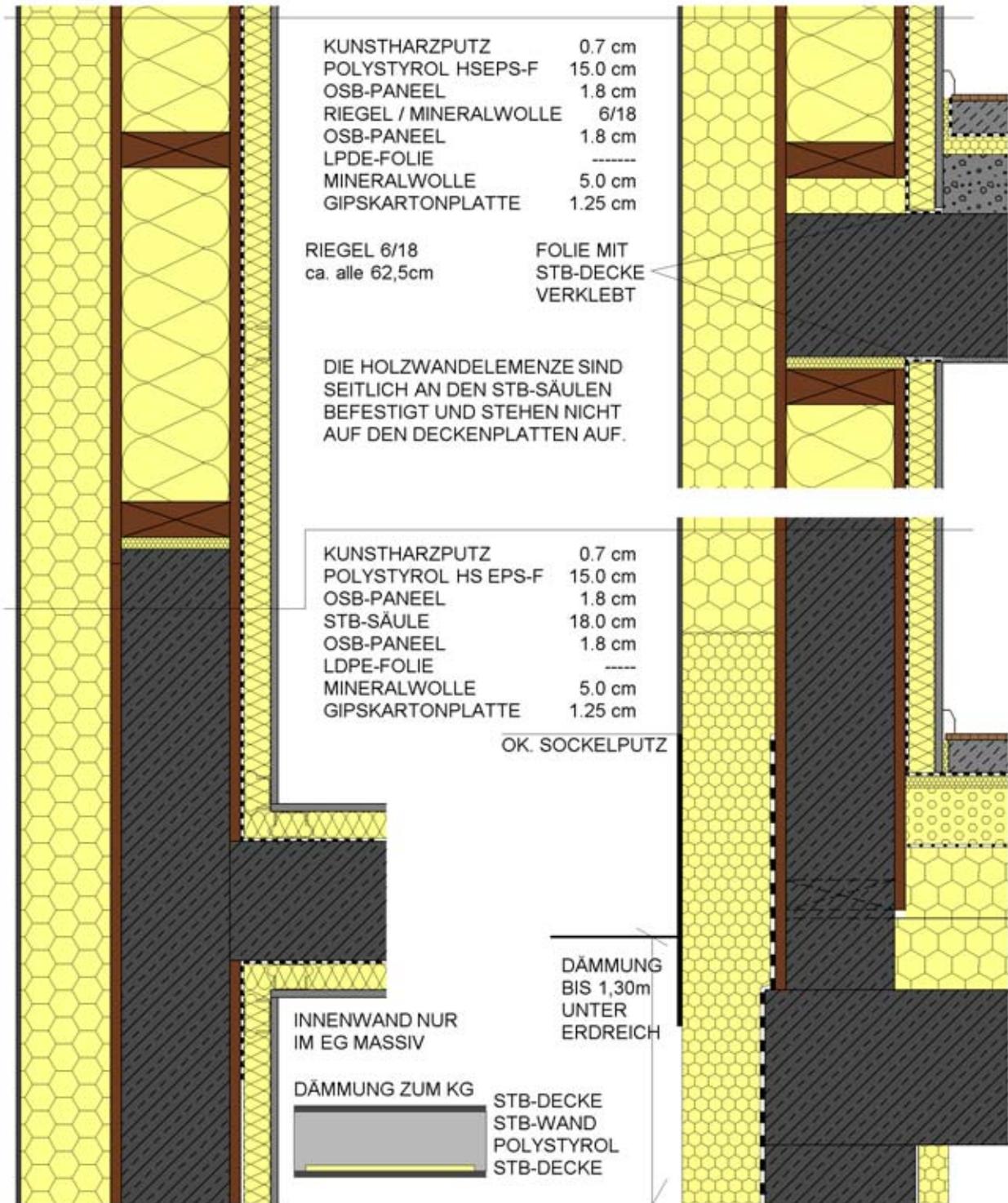


Abbildung 20: Details Außenwand horizontal und vertikal

Der Vertikalschnitt zeigt die in die Außenwandebene eingreifende STB-Decke. Die luftdichtende PE-Folie der Außenwände ist mit der Decke verklebt. Die Stirnseite der Decke und die in der Ebene der Holzwand liegenden STB-Wandteile sind außenseitig mit 15 cm Wärmedämm-Verbundsystem gedämmt.

**ANSCHLUSS LAUBENGANGWAND**  
(WANDSchnitt DURCH STB-SÄULE)

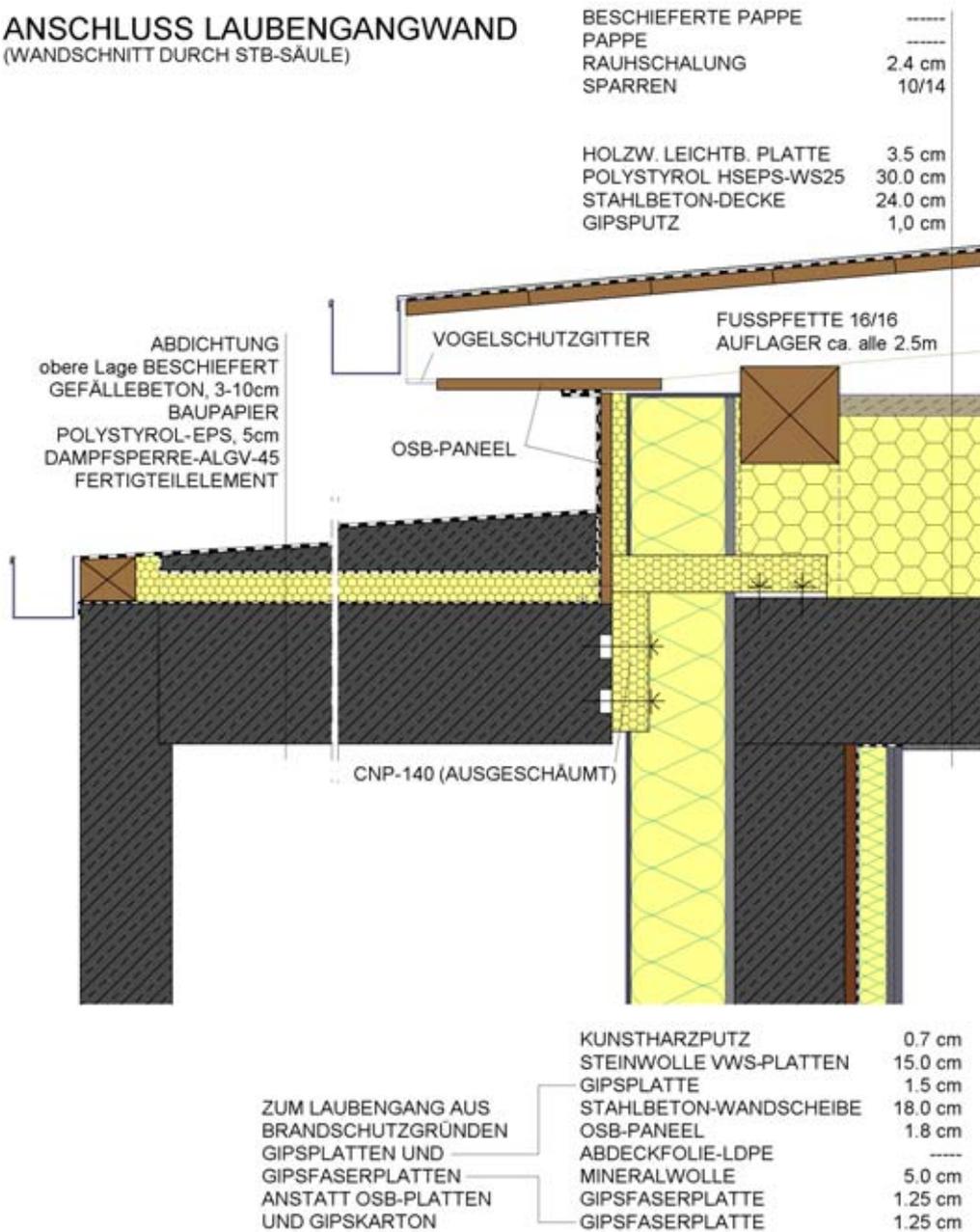


Abbildung 21: Detail Dachanschluss mit Laubengang

### DACHANSCHLUSS TERRASSENGERÜST

(WANDSCHNITT DURCH HOLZELEMENT)

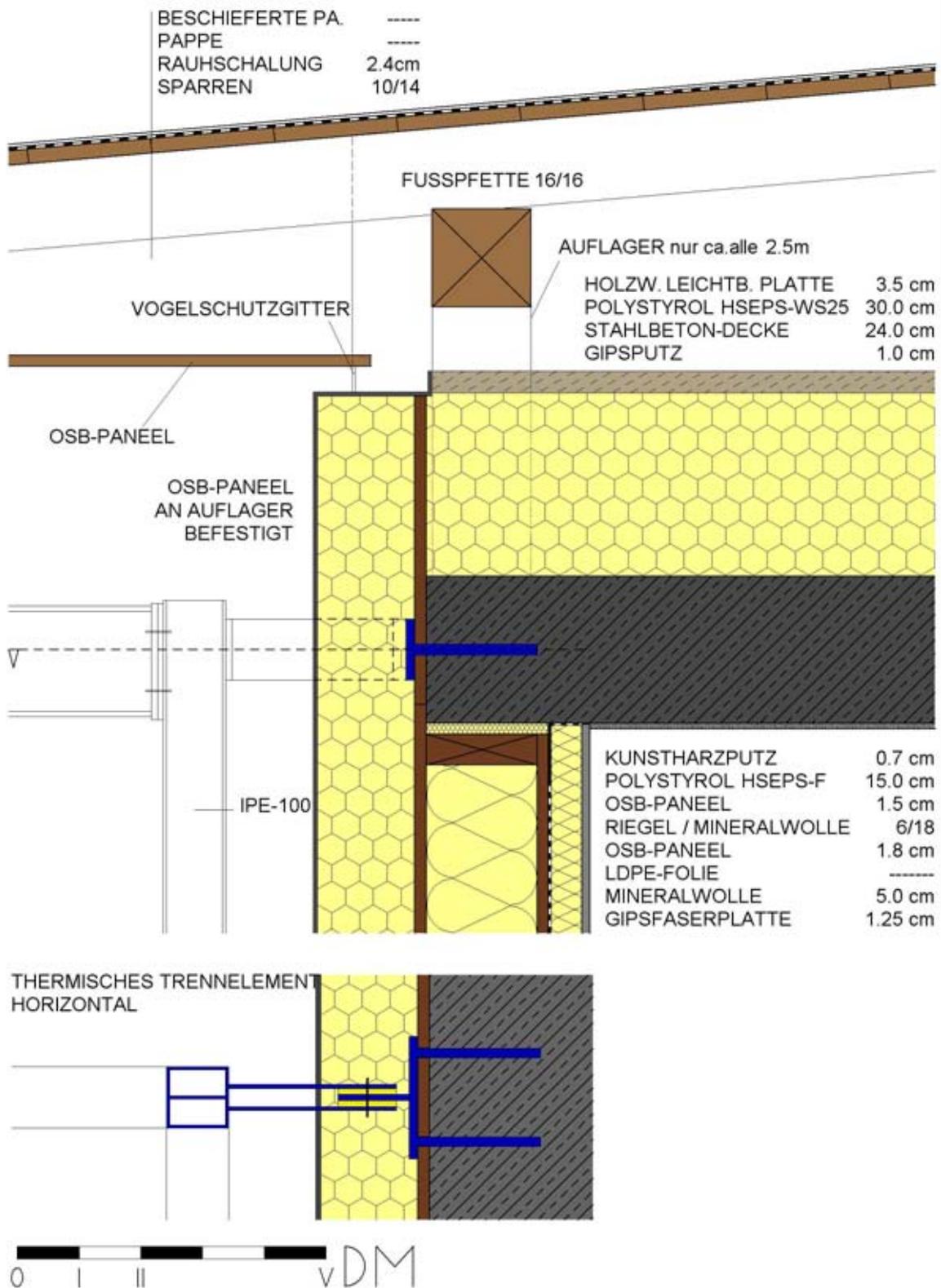


Abbildung 22: Detail Dachanschluss mit Befestigung des Terrassengerüsts

Abbildung 16 zeigt die thermisch getrennte Befestigung des Terrassengerüsts.

FENSTER VERTIKAL

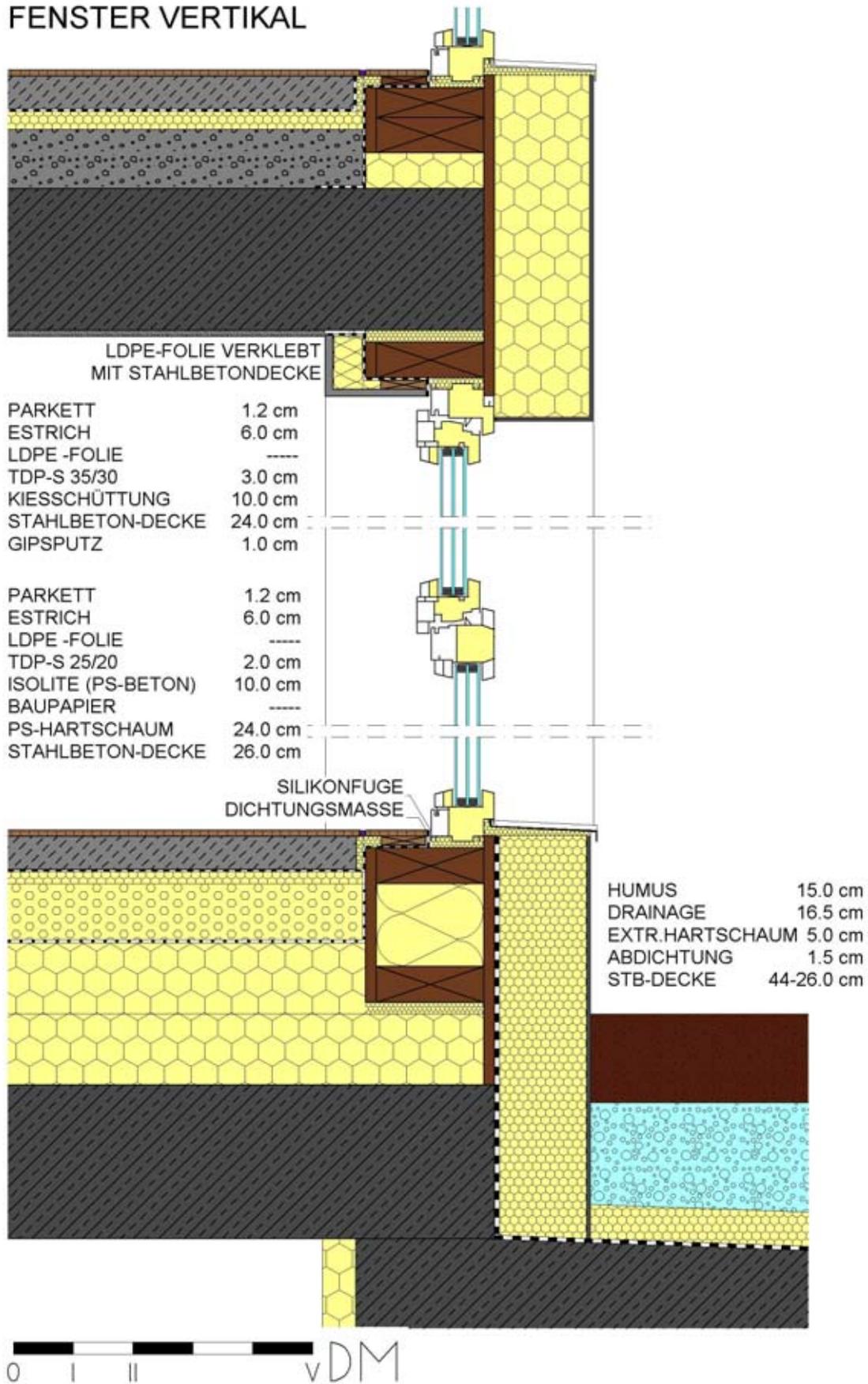


Abbildung 23: Anschluss Geschosswischendecke an Außenwand und Fensteranschluss

## FENSTER HORIZONTAL

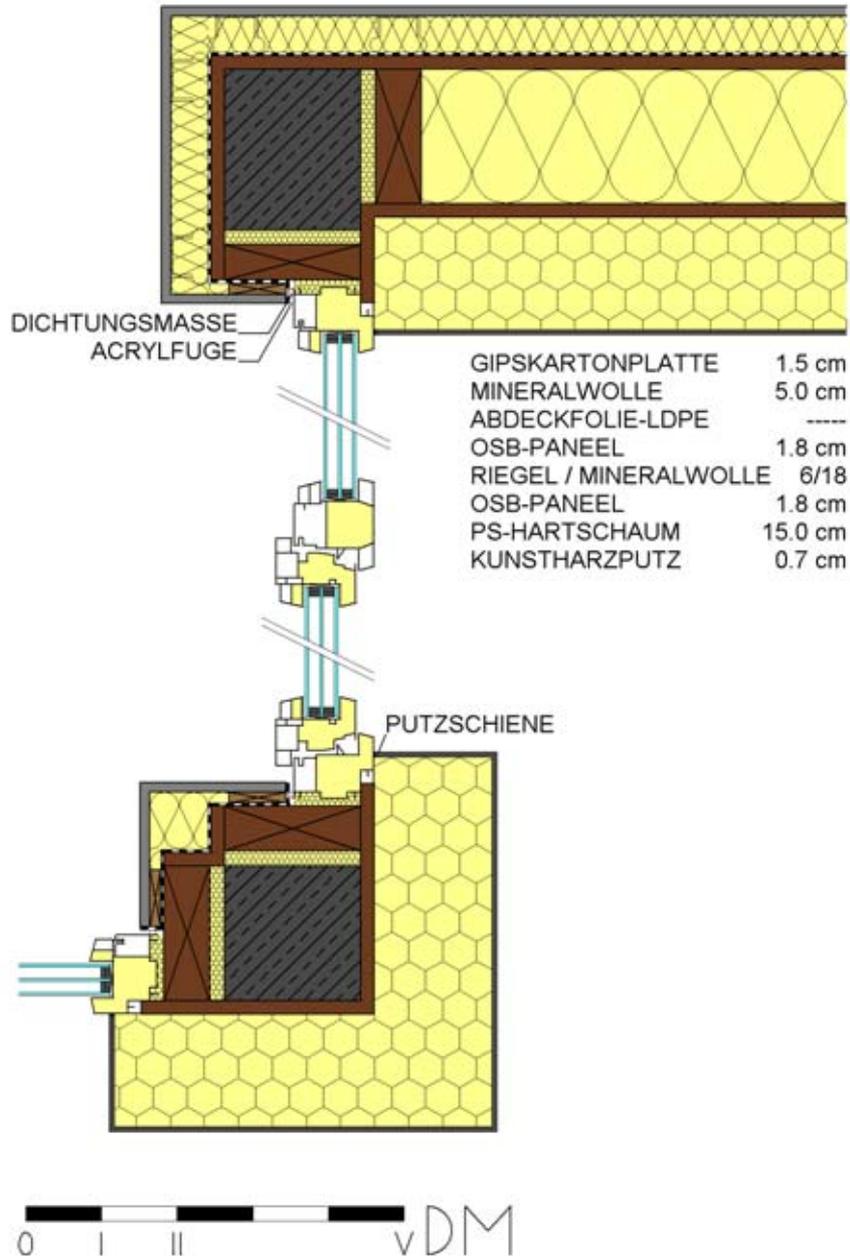


Abbildung 24: Detail Fensteranschluss horizontal

# EINGANGSTÜR EG KELLERDECKE

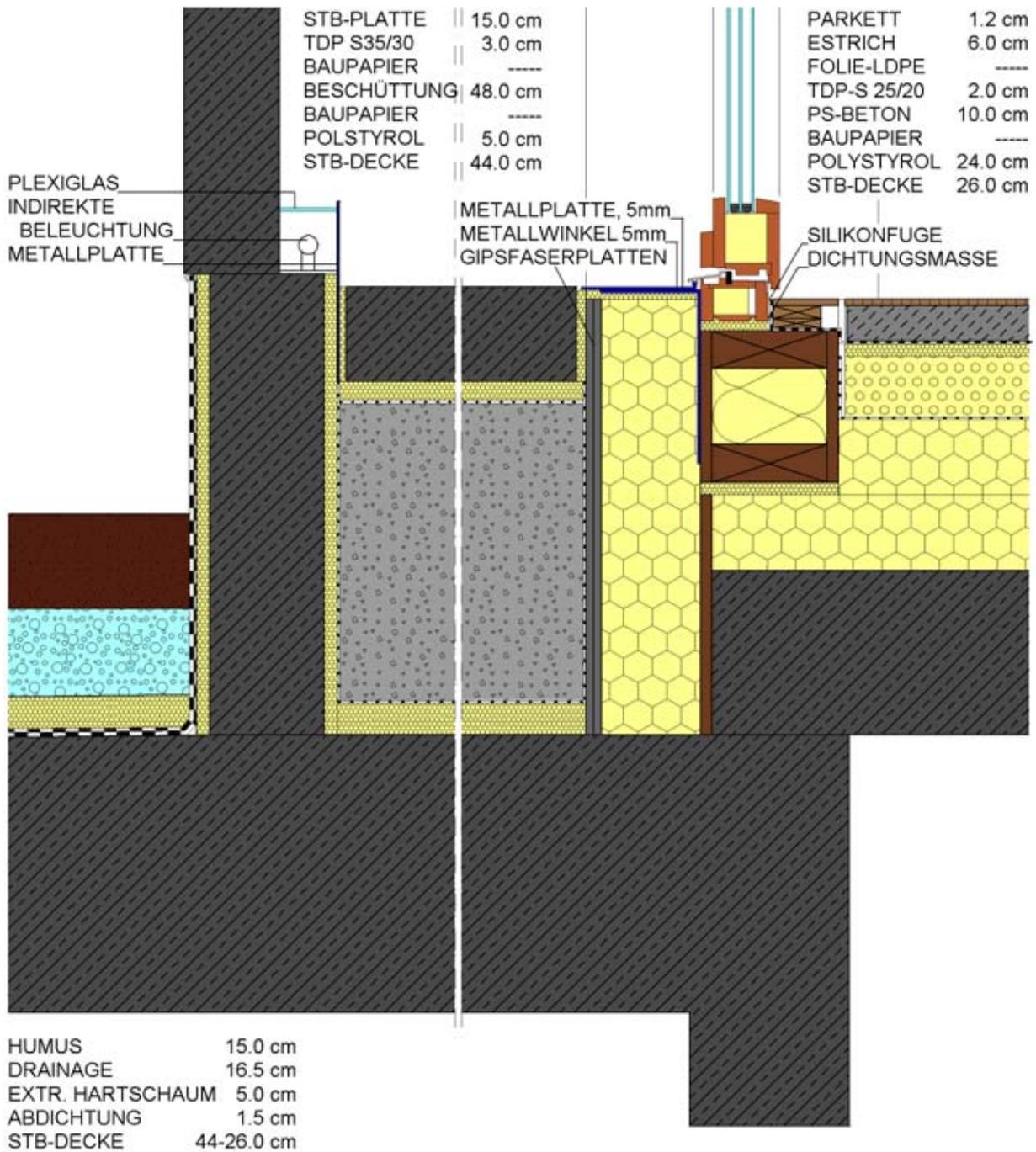


Abbildung 25: Detail Eingangstür Erdgeschoss, unterer Anschluss

## WANDANSCHLUSS-WOHNUNGSEINGANGSTÜR

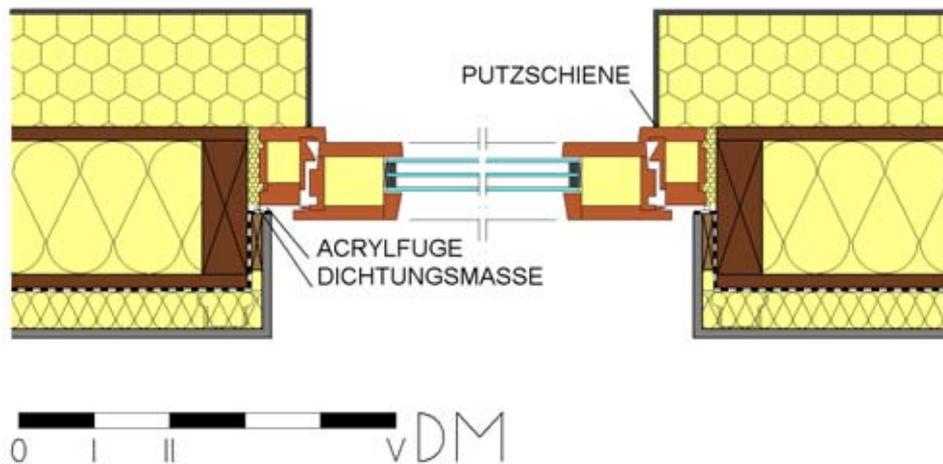


Abbildung 26: Detail Anschluss Eingangstür horizontal

### 3.6 Besonderheiten

Um auf das Gefrierfach in Kombination mit den Kühlschränken in den einzelnen Wohnungen ganz verzichten zu können, wurde im Keller ein Raum mit 31 Tiefkühlboxen eingeplant. Diese Tiefkühlboxen (jede Box hat ein Fassungsvermögen von 210 Liter) werden von einem zentralen Kühlaggregat betrieben.

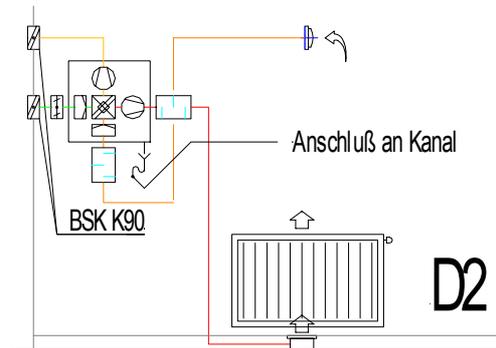
Die gewonnene Abwärme (ca. 4,5 kWh bei Vollbelegung der Tiefkühlboxen) wird in den Trockenraum (146 m<sup>2</sup>) transportiert und gewährleistet damit eine konstante Temperatur von ca. 18°C. Um den relativ hohen Luftfeuchtegehalt auf ein Niveau von ca. 55% zu bringen, wurde ein Fortluftventilator (ausgestattet mit einem Feuchtefühler) sowie ein Frischluftventilator installiert. Weiters sind die im benachbarten Raum befindlichen Waschmaschinen mit einem Warmwasseranschluss ausgestattet.

Die WC – Spülung erfolgt mittels gesammelten Regenwasser.

## 4 Lüftungskonzept

Die Wohneinheiten werden dezentral be- und entlüftet. Jede Wohneinheit wurde mit einem Lüftungsgerät mit Gegenstromwärmetauscher aus Kunststoff ausgestattet. Die Geräte sind als Wandgeräte ausgeführt und jeweils im Abstellraum der Wohneinheit untergebracht. Die Frischluftansaugung erfolgt über eine Leitung aus dem Freien. Diese Leitungen sind durch den vorgelagerten Laubengang geführt. Die Fortluft wird über Dach ausgeblasen, wobei jeweils zwei Geräte an einem gemeinsamen Fortluftstrang angeschlossen sind. Die Zuluft wird über ein spezielles Zuluft-Kanalsystem, welches im Fußbodenaufbau verlegt ist, eingeblasen. Dabei wurden die Boden-Zuluftgitter immer unterhalb der Heizflächen angeordnet. Zugscheinungen können dadurch ausgeschlossen werden. Die Abluft wird über Tellerventile in den Abluftzonen abgesaugt.

Schematische Darstellung der Wohnraumlüftung :



**Abbildung 27: Schematische Darstellung des Lüftungssystems in einer Wohneinheit**

Von der ursprünglichen Planung mit einem zentralen Zuluftgerät und vorgeschaltetem Erdreichwärmetauscher wurde von Seiten der Bauherrschaft aus Kostengründen Abstand genommen.

#### 4.1 Zu-, Abluft, Überströmzonen

Die Wohnungen sind von der Gestaltung der Grundrisse weitgehend ähnlich. Als Zuluftzonen wurden die Wohnbereiche, die Schlaf- und Kinderzimmer vorgesehen. Die Sanitärbereiche und die Küchen bilden die Abluftzonen. Als Überströmzonen wurden die Vorbereiche herangezogen. In die Türen wurden keine zusätzlichen Überströmöffnungen montiert. Die Überströmung erfolgt durch den Schwellenbereich.

#### 4.2 Angaben zu den technischen Parametern

Nachstehend sind die Technische Daten der Wohnraumlüftungsgeräte angeführt:

Luftvolumenstrom :	freiblasend 100 - 285 m <sup>3</sup> /h
Gesamtdruck:	37-100 Pa
Gleichstromventilatoren:	
Leistungsaufnahme:	25 -140 Watt
Dauerbetrieb:	ca. 38 Watt
Gehäuse:	
Abmessungen BxHxT:	624 x 779 x 539 mm
Versorgungsspannung:	230 / 50 V / Hz
Gewicht:	ca. 35 kg

Die Lüftungskanäle des Zuluftsystems inklusive Bögen und Formstücke bestehen aus :

Material:	PP
Farbe:	schwarz
Abmessungen BxH:	92x50mm
Lieferlänge:	25m

#### 4.2.1 Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals

Die Frischluftansaugung erfolgt über einen verzinkten Blechkanal mit einem Durchmesser von 150 mm. Um Schwitzwasserbildung auszuschließen wurden die Frischluftleitungen mit Armaflex-Isoliermaterial ummantelt.

Bei Eintritt der Frischluftleitungen in die Wohneinheit sowie der Fortluftkanäle in den Steigschacht wurden aus brandschutztechnischen Anforderungen Brandschutzklappen eingebaut.

Die Verteilung der Zuluft erfolgt über einen Verteiler mit den Abmessungen 100 mm x 110 mm mit integrierten Drossel- und Voreinstellklappen zur raumweisen Einregulierung der Zuluft.

#### 4.2.2 Auslegungsluftvolumenströme

Jede Wohnung wurde auf Grund der nahezu gleichen Grundrisse mit dem gleichem Lüftungsgerät ausgestattet. Die Zuluftmengen sind daher bei allen Wohnungen annähernd gleich.

Wohnung Typ A	120 m <sup>3</sup> /h
Wohnung Typ B	150 m <sup>3</sup> /h

#### 4.2.3 Druckverluste

Die gesamte Pressung der Ventilatoren beträgt bei einem Volumenstrom von ca. 120 m<sup>3</sup>/h ca. 100 Pa.

#### 4.2.4 Filter

Die Lüftungsgeräte sind mit Filtern der Güteklasse EU 3 ausgestattet, diese können jederzeit durch den Anlagennutzer selbstständig ausgetauscht werden. Die ersten drei Jahre werden diese Arbeiten durch die Errichterfirma durchgeführt. Dieser Zeitraum dient auch zur detaillierten Einschulung.

#### 4.2.5 Zuluftventile

Als Zuluftventile wurden Bodenauslässe mit folgender Spezifikation eingebaut :  
Abdeckgitter, zur Abdeckung der Bodendose und Zuluftgitter

Material:	PP
Farbe:	weiß
Abmessungen (LxBxH):	312x141x25 mm
Bodendose zur Bodenmontage mit dreifacher Anschlussmöglichkeit für Zuluftkanal	
Material:	PP
Farbe:	schwarz
Abmessungen (LxBxH):	300x138x75 mm



Abbildung 28: Zuluftventil am Boden

#### 4.2.6 Abluftventile

Als Abluftventile dienen herkömmliche Tellerventile.

### 4.3 Beschreibung des Wärmetauschers

Der eingesetzte Gegenstromwärmetauscher besteht aus Kunststoff und ist für einen Nennvolumenstrom von max. 285 m<sup>3</sup>/h dimensioniert. Der Einfrierschutz erfolgt über eine automatische Regelung der Luftvolumenströme in Abhängigkeit der Frischluft und Ablufttemperaturen.

### 4.4 Regelmöglichkeiten

Da jede Wohneinheit mit einem eigenen Lüftungsgerät ausgestattet wurde, ist eine wohnungsweise Steuerung der Lüftungsanlage unkompliziert. Auf eine Nachheizung kann auf Grund der Anlagenkonzipierung verzichtet werden, d.h. die Steuerung der Abluftmenge erfolgt über einen 3-Stufenschalter welcher im Abstellraum untergebracht wurde.

Stufe 1 – Grundbetrieb

Stufe 2 – Dauerbetrieb

Stufe 3 – erhöhter Lüftungsbedarf ( z.B. durch Rauchen u.dgl. )

Zusätzlich wird die Stellung der Brandschutzklappen (Kontakt / zu) über eine Leuchtdiode angezeigt.

### 4.5 Beschreibung des Erdreichwärmetauschers

Auf einen Erdreichwärmetauscher wurde vom Bauherrn aus Kostengründen verzichtet.

## 5 Konzept der Raumwärmeversorgung

Die Verringerung der maximalen Heizlast auf Werte unter 10 W/m<sup>2</sup> in Passivhäusern ermöglicht eine Beheizung allein über die aus hygienischen Gründen notwendige, durch die automatische Lüftungsanlage bereitgestellte Zuluft. Die Möglichkeit der Begrenzung der maximalen Heizlast auf 10 W/m<sup>2</sup> wurde schon im ersten Passivhaus in Passiv-Kranichstein in der Praxis nachgewiesen, die Beheizbarkeit über die Zuluft wurde im Rahmen des CEPHEUS-Projekts detailliert ermittelt [PHI 3]. Im Projekt in Hallein wurde nicht auf die Möglichkeit der Beheizung über das Lüftungssystem zurückgegriffen.

### 5.1 Heizwärmeverteilung

Als Wärmeverteilung dient ein konventionelles Zweirohr-System. Vom Verteiler in der Heizzentrale aus wurden die Verteilleitungen an der Kellerdecke zu den einzelnen Objekten geführt. In den Objekten führen die Verteilleitungen in die Steigschächte. Von diesen Schächten sind die einzelnen Wohneinheiten an die Wärmeverteilung angeschlossen.

Unmittelbar nach Eintritt in die Wohnung befindet sich ein Heizungsverteiler mit Zonenventil mit thermischen Stellantrieb und Differenzdruckregler. Weiters ist ein geeichter Wärmezähler zur Erfassung der Wärmemenge untergebracht.

Vom Wohnungsverteiler werden die einzelnen Heizkörper versorgt.



## 5.2 Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung

Zur Abdeckung des Wärmebedarfes wurde im Kellergeschoss des Objektes eine mit Pellets befeuerte Kesselanlage untergebracht. Über diese Kesselanlage wird Brauchwarmwasser mit einer maximalen Vorlauftemperatur von +50 °C bereitgestellt. Für die beiden Heizungsgruppen wurde ein Verteiler errichtet. Die Warmwasserbereitung erfolgt in erster Linie über die Solaranlage, eine eventuell erforderliche Nachheizung erfolgt über die Kesselanlage. Als Heizflächen wurden Ventilheizkörper verwendet.

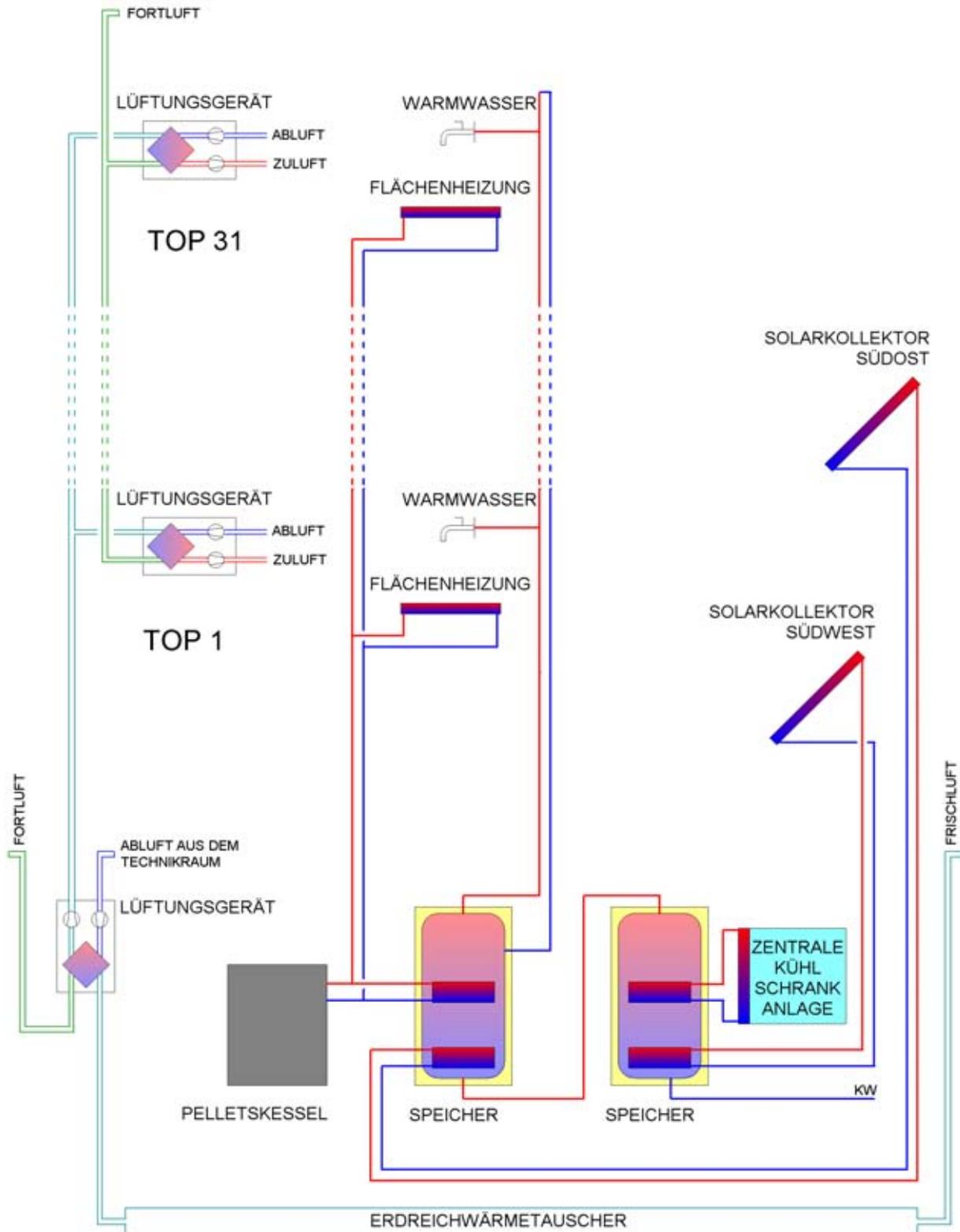


Abbildung 29: Haustechnik-Schema

### 5.3 Besonderheiten

Auf Grund der klimatischen Bedingungen mit bis zu neun Wochen langen (strahlungsarmen) Schlechtwetterperioden erfolgt die Wärmeverteilung nicht über das Lüftungssystem, sondern konventionell über ein Zweirohr-System. Die Wärmeabgabe erfolgt über Heizflächen. Jede Wohneinheit ist mit einem eigenem Raumtemperaturregler mit Tages- und Wochenprogramm zur individuellen Regelung der Heizzeiten ausgestattet.

Die eingebauten Wärmezähler sind an ein M-BUS-System angeschlossen.

## 6 Konzept der Warmwasserversorgung

### 6.1 Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung

Für die Warmwasserbereitung wurde eine zentrale Lösung gewählt. In der Technikzentrale wurde ein 200 Liter fassender Warmwasserspeicher aufgestellt. Dieser Warmwasserbereiter wird über zwei Pufferspeicher mit einem Gesamtvolumen von 5.000 Liter gespeist. Die Pufferspeicher werden über die Solaranlage mit einem Schichtladesystem gespeist. Der restliche Energiebedarf wird über den Pelletskessel zugeführt. Zusätzlich kann der Warmwasserspeicher mit der Abwärme aus der zentralen Tiefkühlshrankanlage mit Energie versorgt werden. Die Zirkulationsleitungen sind mit thermostatischen Zirkulationsreglern ausgestattet. Die Abrechnung der Verbräuche erfolgt über Warmwasserzähler, welche gemeinsam mit dem Kaltwasserzähler in einem Unterputz-Montageblock untergebracht sind. Beide Zähler sind wie der Heizungszähler an ein M-Bus System angeschlossen.

### 6.2 Auslegungsdaten

Die Auslegung der Warmwasserversorgung erfolgte mit einem Verbrauchswert von 25 l/Person und Tag.

### 6.3 Beschreibung der Solaranlage

Als Solaranlage dient ein auf dem Dach aufgeständertes Kollektorfeld mit insgesamt 107 m<sup>2</sup> Bruttofläche. Die Netto-Absorberfläche beträgt 93 m<sup>2</sup>, die Solargewinne wird in zwei 2.500 Liter fassende Pufferspeicher eingebracht. Die Kollektoren wurden mit einem Aufstellwinkel von 45° und einem Azimutwinkel von 45° aufgestellt.



**Abbildung 30: Die am Dach aufgeständerte Solaranlage**

## 6.4 Besonderheiten

Das Projekt wurde mit einer Regenwassernutzungsanlage ausgestattet. Aus der zentralen Speicheranlage werden die WC-Spülkästen und die Außenanlagenbewässerung versorgt.

## 7 Ausstattung mit elektrischen Haushaltsgeräten und Beleuchtung

Als Teil des Gesamt-Informationspakets wurden alle CEPHEUS-Partner über die Bedeutung des Themas Stromeffizienz informiert. Unter anderem erhielten Sie aktuelle Listen energieeffizienter Haushaltsgeräte [NEI]. Finanzielle Anreize zum Kauf energieeffizienter Geräte konnten nicht gewährt werden, die Ausstattung der Wohnung mit Haushaltsgeräten blieb den Errichtern/Erwerbenden/Bewohnern überlassen. Ausnahme ist das Projekt in Kuchl. Dort wurden die Wohnungen vom Errichter mit Haushaltsgeräten der Effizienzklasse A ausgestattet.

Bei diesem Projekt in Hallein wurden im Kellergeschoss in einem eigenen Raum Gefrierschränke aufgestellt. Für jede Wohneinheit ist ein Gefrierschrank vorgesehen. Die Gefrierschränke sind an eine gemeinsame Kälteanlage angeschlossen. Die Abwärme wird für die Brauchwasserbereitung und für die Temperierung des Trockenraumes verwendet.

Die Haushaltsgeräte in den Wohnungen wurden von den Wohnungseigentümern selbst angeschafft. Die Wohnungseigentümer wurden auf den jeweiligen Einsatz energiesparender Geräte hingewiesen.



**Abbildung 31: Der Tiefkühlraum im Keller**

## 8 Kosten und Mehrkosten

Jedes Gebäude ist ein Unikat.

Jedes Gebäude wird bestimmt durch den Ort, die Zeit und die handelnden Personen.

Jedes Gebäude ist unverwechselbar.

Ein Kostenvergleich zwischen den einzelnen Projekten und ein Kostenvergleich mit fiktiven Gebäuden ist daher nur beschränkt machbar.

Darüber hinaus wird der Vergleich zwischen den einzelnen Projekten durch die unterschiedlichen Ausstattungsstandards, die in den Baukosten (Kostenbereich 2 bis 4 ÖNORM 181-1) enthalten sind, erschwert:

- Einige Projekte haben Tiefgaragen, einige Carports und einige Stellplätze im Freien.
- Einige Projekte haben Keller andere haben keine.
- Wenige Projekte sind mit großzügigen Gemeinschaftseinrichtungen (Waschküchen, Aufenthaltsräume für Kinder, Veranstaltungsräume, Hobbyräume, etc.) ausgestattet, manche bloß mit Waschküchen und die meisten haben keine Gemeinschaftseinrichtungen.

Unabhängig von den Ausstattungs- und energietechnischen Standards werden Baukosten noch von vielen anderen Faktoren beeinflusst, wie zum Beispiel:

- Allgemeine Wirtschaftslage des Landes
- Lokale Wirtschaftslage im Großraum der Baustelle
- Spezielle Wirtschaftslage der jeweiligen Unternehmen (Auftragslage, Auslastung, etc.)
- Position der Auftraggeber (großer Bauträger oder kleine Errichtergemeinschaft)
- Größe des Projekts generell
- Größe des Projekts in Relation zu den anderen Aufträgen im Unternehmen
- Fördersystem

Diese Liste könnte sicherlich noch ergänzt werden. Um aber trotz dieser Einschränkungen eine Vergleichbarkeit der Projekte zu erreichen, werden die „Gesamtbaukosten“ auf die Bauwerkskosten lt. ÖNORM 1801-1 (Kostenbereiche 2 bis 4) beschränkt und alle flächenbezogenen Angaben auf die einheitlich ermittelte Energiebezugsfläche (TFA) bezogen.

Die dementsprechend ermittelten Bauwerkskosten und Kostenrelationen sind in nachfolgender Tabelle ersichtlich:

CEPHEUS		10: Hallein Austria	CEPHEUS gesamt
Anzahl der Wohneinheiten (WE)		31	223
Energiebezugsfläche (TFA)	[m <sup>2</sup> ]	2.318	19.674
TFA / WE	[m <sup>2</sup> ]	75	88
Bauwerkskosten (inkl. Kosten f. Energieeffizienz + ern. Energie)	[€]	3.066.860	20.210.704
	%	100%	100%
Bauwerkskosten / m <sup>2</sup>	[€/m <sup>2</sup> ]	1.323	1.184
Bauwerkskosten / WE	[€/WE]	98.931	110.441
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.) und erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	228.919	1.908.352
	%	7%	9%
Investitionskosten. f. Energieeffizienz u. ern. Energie / m <sup>2</sup>	[€/m <sup>2</sup> ]	99	97
Investitionskosten. f. Energieeffizienz u. ern. Energie / WE	[€/WE]	7.384	8.558
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.)	[€]	196.217	1.715.705
	%	6%	8%
Investitionskosten. f. Energieeffizienz / m <sup>2</sup>	[€/m <sup>2</sup> ]	85	87
Investitionskosten. f. Energieeffizienz / WE	[€/WE]	6.330	7.694
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	32.703	196.996
	%	1%	1%
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / m <sup>2</sup>	[€/m <sup>2</sup> ]	14	10
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / WE	[€/WE]	1.055	883

Die angeführten Kosten basieren auf Angaben des Bauträgers. Es wurde eine positionsweise Abrechnung vorgelegt, die ungefähr den Kostenbereichen 1-6 der ÖNORM 1801-1 entsprechen. Aus diesen wurden vom Energieinstitut Vorarlberg die Bauwerkskosten (Kostenbereiche 2-4) herausgefiltert.

Die Energiebezugsfläche (TFA – Treated Floor Area) wurde vom Energieinstitut Vorarlberg aus den Ausführungsplänen ermittelt, da diese nicht mit der Flächenberechnung laut ÖNORM 1800 übereinstimmt.

Die Bauwerkskosten pro m<sup>2</sup> liegen für Hallein nur knapp über dem CEPHEUS – Durchschnitt, obwohl die Anlage mit sehr großzügigen Gemeinschaftseinrichtungen, wie Gemeinschaftskühlraum, Veranstaltungsraum und einer Tiefgarage ausgestattet ist.

Die „zusätzlichen Investitionskosten für Energieeffizienz und erneuerbare Energie“ entstehen, wie beim Passivhaus noch üblich, vor allem bei der Lüftung, den Fenstern und Türen sowie der Solaranlage. Daher werden dafür keine Zusatzkosten ausgewiesen. Aus diesem Grund liegt auch der relative Wert der Zusatzkosten mit 7% etwas unter dem Durchschnitt der CEPHEUS – Projekte.

## 9 Beschreibung des Bauablaufs

### 9.1 Zeitliche Daten

Planungsbeginn	Sommer 1998
Baugenehmigung	September 1999
Baubeginn	Oktober 1999

Es wurde mit dem Bau der Tiefgarage begonnen, folgend wurden die Bauteile im Uhrzeigersinn (Ausnahme Bauteil A) errichtet. Im Februar 2001 wurde mit dem Bau des Bauteils B/C begonnen. Anschließend wurde der Bauteil A, der Bauteil D sowie der Bauteil E errichtet.

Übergabe der Wohnanlage an die Wohnungseigentümer	Dezember 2000.
--	----------------

### 9.2 Beteiligte und Organisation des Bauablaufs

Am gesamten Bauablauf waren folgende Planungsbüros beteiligt:

Architekt:	Otmar Essl	Hallein
Bauphysik:	Zivilingenieur-ARGE Lukas, Fischer	Salzburg-Wals
Haustechnik:	Ingenieurbüro Pusterhofer	Fürstenbrunn
Elektrotechnik:	Zuchna – Taferner	Salzburg
Generalunternehmer:	Spiluttini – Dorrer	Bruck/Glstr.

Bereits in der Anfangsphase war eine intensive Auseinandersetzung aller Beteiligten am Planungsprozess mit den besonderen Anforderungen an Gebäude im Passivhaus-Niveau notwendig.

Danach erfolgte die Ausschreibung aller Gewerke, wobei sich alle Mitarbeiter zu regelmäßigen Treffen zusammenfanden. Ein Vorteil in Bezug Fixpreisgarantie entstand darin, dass ein geschäftsführender Gesellschafter sowohl an der Bauträgerfirma als auch am Generalunternehmer beteiligt war.

### 9.3 Baudurchführung im Detail

#### 9.3.1 Aktivitäten zur Qualitätssicherung

Im Frühjahr 2000 wurde eine Informations-Veranstaltung für alle ausführenden Handwerker veranstaltet. Dabei wurde allgemein auf mögliche Gefahrenquellen bei ähnlichen Bauvorhaben hingewiesen. Weiters wurden die Ausführungspläne und Detailpläne erörtert. Dieses Treffen aller Ausführenden war ein großer Erfolg, da sich so die einzelnen Handwerker ganzheitlich über die Bauausführung informieren konnten.

Ein wesentlicher Punkt der Qualitätssicherung war das Luftdichtheitskonzept, dass während der Bauphase noch optimiert werden musste.

Die Qualitätssicherung vor Ort erfolgte durch Fotodokumentation und mehreren Luftdichtheits-tests. Weiters war eine tagtägliche Baustellenbetreuung durch die Bauleitung unumgänglich.

### **9.3.2 Fußbodenaufbau im Erdgeschoss**

Als Wärmedämmung auf der Kellerdecke wurde eine expandierte Polystyrolämmung mit einer Gesamtstärke von 24 cm in zwei Schichten stoßversetzt aufgebracht. Die Stöße wurden mit PU – Schaum ausgefüllt. Als zusätzliche Wärmedämmung wurde eine 10 cm Isolit - Schüttung eingebracht, in der unter anderem die Zuluftkanäle geführt werden. Die luftdichte Ebene befindet sich oberhalb der Trittschalldämmplatten (befinden sich auf der Isolit – Schüttung), Durchführungen (Einblasöffnung der Zuluft, etc.) wurden mit einer Gummimanschette abgedichtet.

### **9.3.3 Wandaufbau**

Die Stärke der Holzausfachung zwischen den Stahlbetonscheiben weisen die gleiche Stärke wie die Stahlbetonscheiben auf (18 cm). Um an der Außenseite keine Hinterspülung des Wärmeverbundsystemes zu erhalten, wurden die OSB-Paneele am Holzrahmen flächenbündig mit den Stahlbetonscheiben montiert.

Darauf wurde zweilagig das Wärmedämmverbundsystem (Polystyrol EPS) stoßversetzt angebracht (Gesamtstärke 15 cm).

Die Holzausfachung wurde mit Mineralwolle gefüllt. Die luftdichte Ebene befindet sich an der Innenseite der Holzausfachung an den OSB-Platten. Die Lattungen für die Vorsatzschalen wurden an Justierschwingbügeln angebracht. Um die luftdichte Ebene nicht zu beschädigen, wurden an den Justierschwingbügeln Anschlussdichtungen aufgebracht.

### **9.3.4 Dachaufbau**

Als Wärmedämmung auf der Stahlbetondecke (diese bildet die luftdichte Ebene) wurde eine expandierte Polystyrolämmung mit einer Gesamtstärke von 30 cm in zwei Schichten stoßversetzt aufgebracht. Die Stöße wurden mit PU – Schaum ausgefüllt. Darauf befinden sich 3,5 cm starke Heraklith-EPV-Original Platten, die Konstruktion erreicht die Feuerwiderstandsklasse F30.

### **9.3.5 Verschattung**

Die Balkone oberhalb der Verglasungsflächen im Bereich der Wohnräume dienen als Verschattung und beugen sommerlicher Überhitzung vor. Weiters stehen ausreichende Speichermaßen zur Verfügung, die in der Nacht durch die mechanische Lüftung (Bypass) entladen werden.

## **9.4 Erfahrungen mit Beteiligten bzw. den geplanten technischen Lösungen hinsichtlich der Realisierung der Qualitätsanforderungen**

Durch gezielt geführte Gespräche mit allen Beteiligten (Planern, Handwerkern) konnten präventiv Maßnahmen gesetzt werden, die einen hohen Qualitätsstandart gewährleisten.

Trotz der sehr guten Detailausarbeitung im Vorfeld war es notwendig, während der Bauphase einige Details zu optimieren und nochmals zu überdenken.

## 9.5 Besonderheiten

Da an der Nordwestfassade des Bauteiles B/C die OSB-Platten durch eine Regenperiode ziemlich durchnässt wurden und durch die Bauleitung Bedenken hinsichtlich der Haftung der Polystyrolplatten an den OSB-Platten geäußert wurden, hat man sich kurzfristig entschlossen, das Wärmedämmverbundsystem (die erste Lage) an die Fassade zu dübeln (Kunststoffdübel). Die so entstandenen „Wärmebrücken“ wurden nachträglich gerechnet und als absolut vernachlässigbar eingestuft.

## 10 Ergebnisse qualitätssichernder Maßnahmen

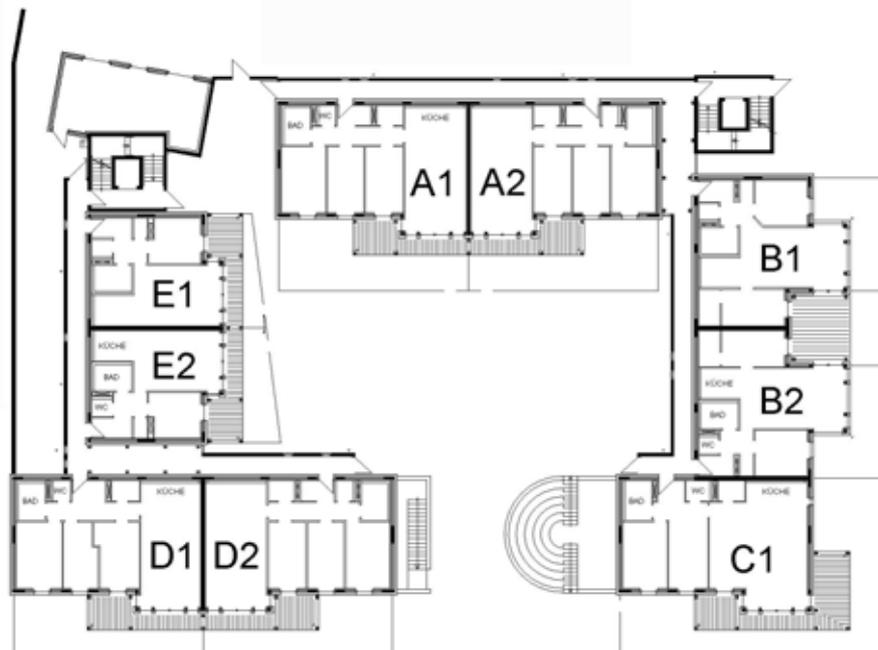
Ein Schwerpunkt der Projektbegleitung lag auf der Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen. Für alle Projekte wurden detaillierte Berechnungen mit dem Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) sowie Luftdichtheitstests und Thermographien durchgeführt.

### 10.1 PHPP-Berechnung

Zur energetischen Optimierung der CEPHEUS-Gebäude und zum Nachweis der Passivhaus-Grenzwerte (spezifischer Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, maximale Heizlast) wurde das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) des PHI eingesetzt. Das Verfahren lehnt sich an EN 832 an und ist gut validiert [PHI 1]. Die Berechnungsannahmen wurden wo möglich vereinheitlicht, um die Vergleichbarkeit zwischen den Projekten zu erleichtern.

- Energiebezugsfläche ist die „Treated Floor Area“ (TFA) [CEPHEUS 1]
- Raumlufttemperatur einheitlich 20°C für die gesamte Energiebezugsfläche
- Interne Wärmequellen: Standardwert von 2,1 W/m<sup>2</sup>
- Reduktionsfaktoren solare Einstrahlung: Verschmutzung 0,95, nicht senkrechter Lichteinfall: 0,85
- Verglasungsanteil und Verschattungsfaktoren wurden projektspezifisch und orientierungsabhängig ermittelt, die Eigenverschattung wurde projektspezifisch ermittelt, die Horizontverschattung i.d.R. nicht.

Für das Projekt in Hallein wurde der spezifische Heizwärmebedarf und die maximale Heizlast für den Baukörper A berechnet.



**Abbildung 32: Einteilung der Wohnanlage in die Baukörper A – E**

Projektspezifische Eingabedaten und wichtige Annahmen für die PHPP-Berechnungen:

- Energiebezugsfläche: 696,5 m<sup>2</sup> (TFA von Baukörper A)
- Außentemperaturen: regionale Klimadaten mit 83 kWh/a
- Solarstrahlung langjährige Mittelwerte für Hallein [Krec]
- Luftdichtheit: tatsächlicher n<sub>50</sub>-Wert von 0,58 LW/h
- Wärmebereitstellungsgrad WRG: 80%
- Lineare Wärmebrücken: Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen (siehe Kapitel 9.2)
- Mittlerer Luftwechsel: Berechnungsannahme 840 m<sup>3</sup>/h, entsprechend 0,48 LW/h

Ergebnisse Baukörper A:

Der berechnete spezifische Heizwärmebedarf liegt bei 13,9 kWh/(m<sup>2</sup>a), die maximale Heizlast im Mittel des Hauses bei 9,0 W/m<sup>2</sup>.

Die folgende Abbildung zeigt das PHPP-Rechenblatt zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs.

## Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: <input type="text" value="Deutschland"/>	Gebäudetyp/Nutzung: <input type="text" value="Wohnanlage - Block"/>
Objekt: <input type="text" value="CEPHEUS - Projekt Nr.7"/>	Energiebezugsfläche A <sub>EG</sub> : <input type="text" value="696,5 m²"/>
Standort: <input type="text" value="Hallein - Almbach"/>	

Bauteile	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor ξ	G <sub>i</sub> kWh/a	WW/a
1. AW 1	484,9	0,110	1,0	83	4427
2. AW 2	165,7	0,160	1,0	83	2200
3. Kellerdecke	210,5	0,110	0,5	83	961
4. obere Decke	210,5	0,110	1,0	83	1921
5. Türen	16,0	1,500	1,0	83	1992
6.					
7.					
8. Fenster	160,4	0,792	1,0	83	10544
Wbrücken außen (Länge/m)	306,0	0,017	1,0	84	435
Wbrücken Boden (Länge/m)	50,4	-0,052	0,5	04	-109

<b>Transmissionswärmeverluste Q<sub>T</sub></b>	Summe	22372	32,1
---	-------	-------	------

<b>Lüftungsanlage:</b>	wirksames Luftvolumen V <sub>L</sub>	A <sub>EG</sub> m²	lichte Raumhöhe m	m³
	<input type="text" value="0,8"/>	<input type="text" value="696,5"/>	<input type="text" value="2,50"/>	<input type="text" value="1741"/>
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmtauschers	ξ <sub>WRG</sub> <input type="text" value="0,8"/>			
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmtauschers	ξ <sub>EW</sub> <input type="text" value="0,0"/>			
energetisch wirksamer Luftwechsel n <sub>L</sub>	<input type="text" value="0,482"/>	n <sub>L,anlage</sub> 1/h	Φ <sub>WRG</sub>	n <sub>L,Rest</sub> 1/h
	$0,482 * (1 - 0,78) + 0,005$			<input type="text" value="0,111"/>

<b>Lüftungswärmeverluste Q<sub>L</sub></b>	V <sub>L</sub> m³	n <sub>L</sub> 1/h	c <sub>Luft</sub> Wh/(m³K)	G <sub>i</sub> kWh/a	WW/a
	<input type="text" value="1741"/>	<input type="text" value="0,111"/>	<input type="text" value="0,33"/>	<input type="text" value="83"/>	<input type="text" value="5310"/>
					7,6

<b>Summe Wärmeverluste Q<sub>V</sub></b>	Q <sub>T</sub> kWh/a	Q <sub>L</sub> kWh/a	Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendaussenkung	kWh/a	WW/a
	<input type="text" value="22372"/>	<input type="text" value="5310"/>	<input type="text" value="1,0"/>	<input type="text" value="27682"/>	39,7

<b>Wärmeangebot Solarstrahlung Q<sub>S</sub></b>	Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m²a)	WW/a
	<input type="text" value="Ost"/>	<input type="text" value="0,31"/>	<input type="text" value="0,53"/>	<input type="text" value="8,65"/>	<input type="text" value="297"/>	<input type="text" value="420"/>
	<input type="text" value="Süd"/>	<input type="text" value="0,46"/>	<input type="text" value="0,53"/>	<input type="text" value="143,08"/>	<input type="text" value="301"/>	<input type="text" value="10497"/>
	<input type="text" value="West"/>	<input type="text" value="0,31"/>	<input type="text" value="0,53"/>	<input type="text" value="8,65"/>	<input type="text" value="151"/>	<input type="text" value="213"/>
	<input type="text" value="Nord"/>	<input type="text" value="0,45"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="143"/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value="Horizontal"/>	<input type="text" value="0,45"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="354"/>	<input type="text" value=""/>
						16,0

<b>Wärmeangebot Solarstrahlung Q<sub>S</sub></b>	Summe	11129	16,0
--	-------	-------	------

<b>Interne Wärmequellen Q<sub>I</sub></b>	Länge Heizzeit h/a	spezif. Leistung q <sub>I</sub> Wh/m²	A <sub>EG</sub> m²	kWh/a	WW/a
	<input type="text" value="0,024"/>	<input type="text" value="225"/>	<input type="text" value="2,10"/>	<input type="text" value="696,5"/>	<input type="text" value="7898"/>
					11,3

Freie Wärme Q <sub>F</sub>	Q <sub>S</sub> + Q <sub>I</sub>	<input type="text" value="19027"/>	27,3
----------------------------	---------------------------------	------------------------------------	------

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten	Q <sub>F</sub> / Q <sub>V</sub>	<input type="text" value="0,687"/>
-------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------

Nutzungsgrad Wärmegewinne η <sub>G</sub>	$(1 - (Q_F / Q_V)^0.8) / (1 - (Q_F / Q_V)^0.8)$	<input type="text" value="0,946"/>
--	---	------------------------------------

<b>Wärmegewinne Q<sub>G</sub></b>	η <sub>G</sub> * Q <sub>F</sub>	<input type="text" value="18007"/>	25,9
-----------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	------

<b>Heizwärmebedarf Q<sub>H</sub></b>	Q <sub>V</sub> - Q <sub>G</sub>	<input type="text" value="9675"/>	13,9
--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------

Abbildung 33: PHPP-Berechnungsblatt Heizwärme&WBV

## 10.2 Berechnungen der Wärmebrücken

Zur Optimierung der Bauteilanschlüsse wurden für den Großteil der österreichischen CEPHEUS-Projekte stationäre, zweidimensionale Wärmebrückenberechnungen durchgeführt. Ziel der Optimierung war die Entwicklung wärmebrückenfreier Bauteilanschlüsse. Das Kriterium der Wärmebrückenfreiheit gilt als erfüllt, wenn die Wärmebrücken-Verlustkoeffizienten  $\psi$  aller Bauteilanschlüsse bei unter 0,01 W/mK liegen [PHI 2] bzw. wenn der Wärmeverlust über die Gebäudehülle inklusive aller Wärmebrückeneffekte den Verlust bei Berechnung mit den U-Werten der Regelbauteile bei Außenmaßbezug nicht übersteigt [PHI 4].

Als Ergebnis der Berechnungen gemäß ÖNORM EN ISO 10211-1 ergeben sich für das Projekt in Hallein die folgenden außenmaßbezogenen Wärmebrückenkoeffizienten  $\Psi$  [ARGE]:

Nummer	Bezeichnung Detail	$\Psi$ [W/mK]
1	STB-Pfeiler in Außenwand auf Kellerdecke	-0,073
2	Holzausfachung in Außenwand auf Kellerdecke	-0,081
3	STB-Pfeiler auf Kellerdecke mit Tiefgaragen-Anschluss	-0,052
4	Holz- Außenwand auf Kellerdecke mit Tiefgaragen-Anschluss	-0,065
5	STB-Pfeiler in Außenwand auf Tiefgarage	-0,042
6	Holz-Außenwand auf Tiefgarage	-0,088
7	Innenwand STB-Pfeiler auf Kellerdecke	0,381
8	Innenwand STB-Scheibe auf XPS-Dämmung über Kellerdecke	0,041
9	Innenwand STB-Scheibe auf XPS-Dämmung über Tiefgarage	0,044
10	Decke auf STB Pfeiler, EG bis 2.OG	0,077
11	Decke auf Holz Außenwand, EG bis 2.OG	0,010
12	Oberste Decke auf STB-Außenwand	0,044
13	Oberste Decke auf Holz -Außenwand	0,030

**Tabelle 4: Psi-Werte der berechneten Wärmebrücken**

Einige der untersuchten Detailpunkte erreichen nicht ganz das Kriterium eines Wärmebrückenkoeffizienten  $\Psi$  von unter 0,01 W/(mK). Da die zugehörigen Längen der Wärmebrücken jedoch nur gering sind, sind die Gesamt-Wärmebrückenverluste insgesamt gering.

## 10.3 Ergebnisse der Luftdichtheitstests

Als wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung wurden für alle CEPHEUS-Projekte Luftdichtheitstests gemäß ÖNORM EN ISO 9972, Entwurf 1/1997 durchgeführt. Ziel ist der Nachweis des Passivhausgrenzwertes  $n_{50}$  von  $\leq 0,6h^{-1}$ .

Mit den Luftdichtheitstests wurde bei diesem Projekt schon sehr früh begonnen. Es wurden während der Bauphase immer wieder kontrollierende Luftdichtheitstests durchgeführt, bei denen entdeckte Schwachstellen sofort nachgebessert werden konnten.

Die abschließenden Luftdichtheitstests wurden am 15.9.2001 kurz vor Bezug der Gebäude durchgeführt. Es wurden exemplarisch einige Wohneinheiten herausgegriffen und gemessen. Die Ergebnisse sind in [ISOCELL] dokumentiert.

Aus technischen Gründen konnten keine Schutzdruckmessungen durchgeführt werden, die im Test auftretenden Ex- und Infiltrationsvolumenströme enthalten daher nicht nur den Luftaustausch mit der Außenluft, sondern auch den energetisch nicht relevanten Austausch mit den Nachbarwohnungen.

Die Messungen ergaben folgende Ergebnisse:

Haus	Wohnung	Unterdruck [h <sup>-1</sup> ]	Überdruck [h <sup>-1</sup> ]	Mittelwert [h <sup>-1</sup> ]
B	B1	0,59	0,58	0,58
B	B4	0,57	0,57	0,57
C	C2	0,59	0,57	0,58

**Tabelle 5: Ergebnisse der Luftdichtheitstests**

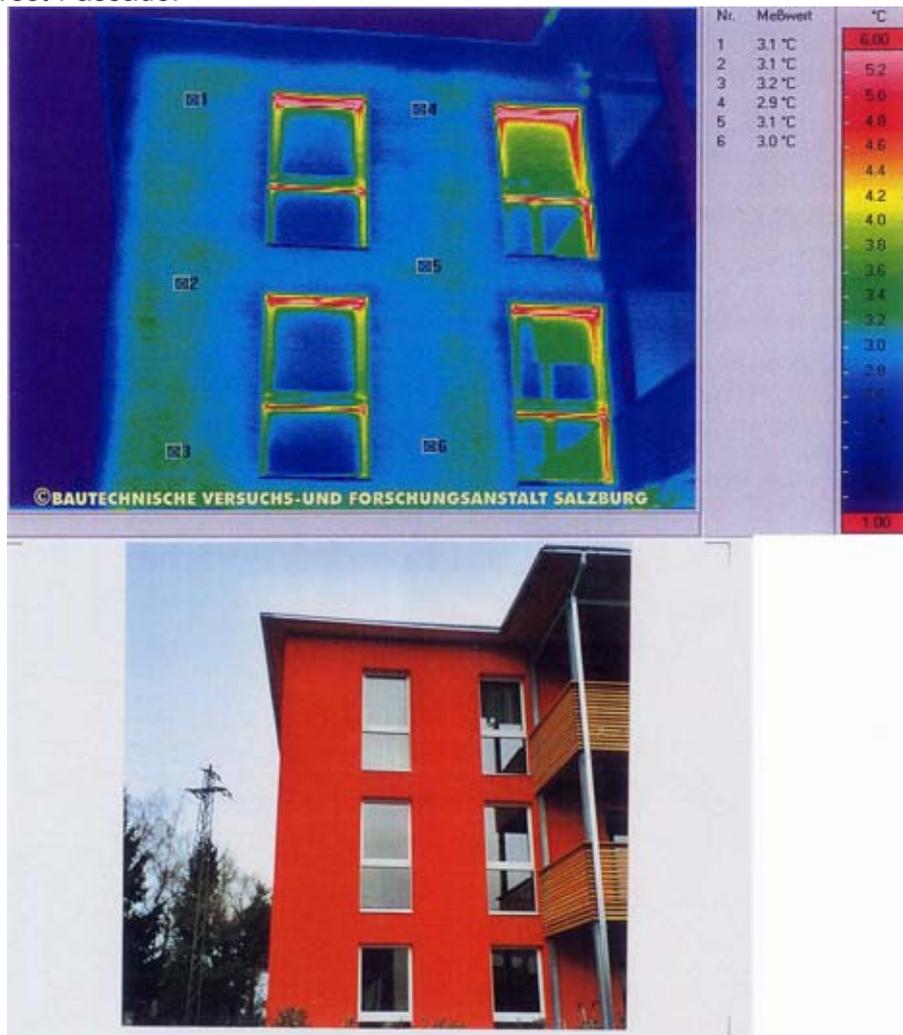
Alle gemessenen Wohneinheiten erreichen damit den Passivhaus-Grenzwert von 0,6h<sup>-1</sup>.

### 10.4 Ergebnisse der Thermografien

Die Ausführungsqualität der Gebäudehülle der CEPHEUS-Projekte wurde durch Infrarot-thermographische Aufnahmen gemäß ÖNORM EN 13187 überprüft.

Die Ausführungsqualität der Gebäudehülle des Projekts in Hallein wurde sowohl durch thermographische Außen- als auch Innenaufnahmen kontrolliert. Die Aufnahmen bestätigen die gute Ausführungsqualität der Gebäude. Nachfolgend einige beispielhafte Aufnahmen:

Block D, Südwest-Fassade:



**Abbildung 34: Thermografie Block D, Südwest-Fassade**

Das nicht ganz homogene Farbbild der Außenthermographie (Abbildung 34) lässt die Lage des Innenwandanschlusses und des STB-Wandpfeilers erahnen. In diesen Bereichen liegt die äußere Oberflächentemperatur geringfügig über der Temperatur im ungestörten Wandbereich.

Block C, Nordwest-Fassade:

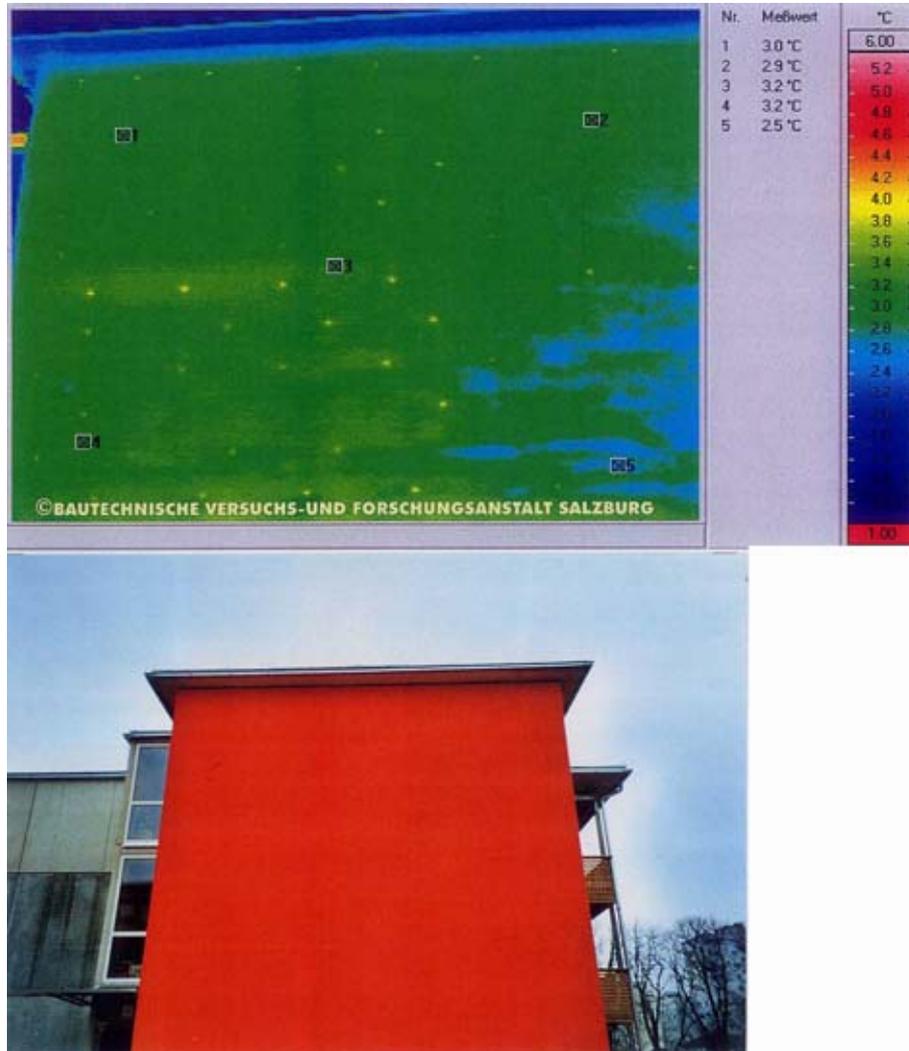
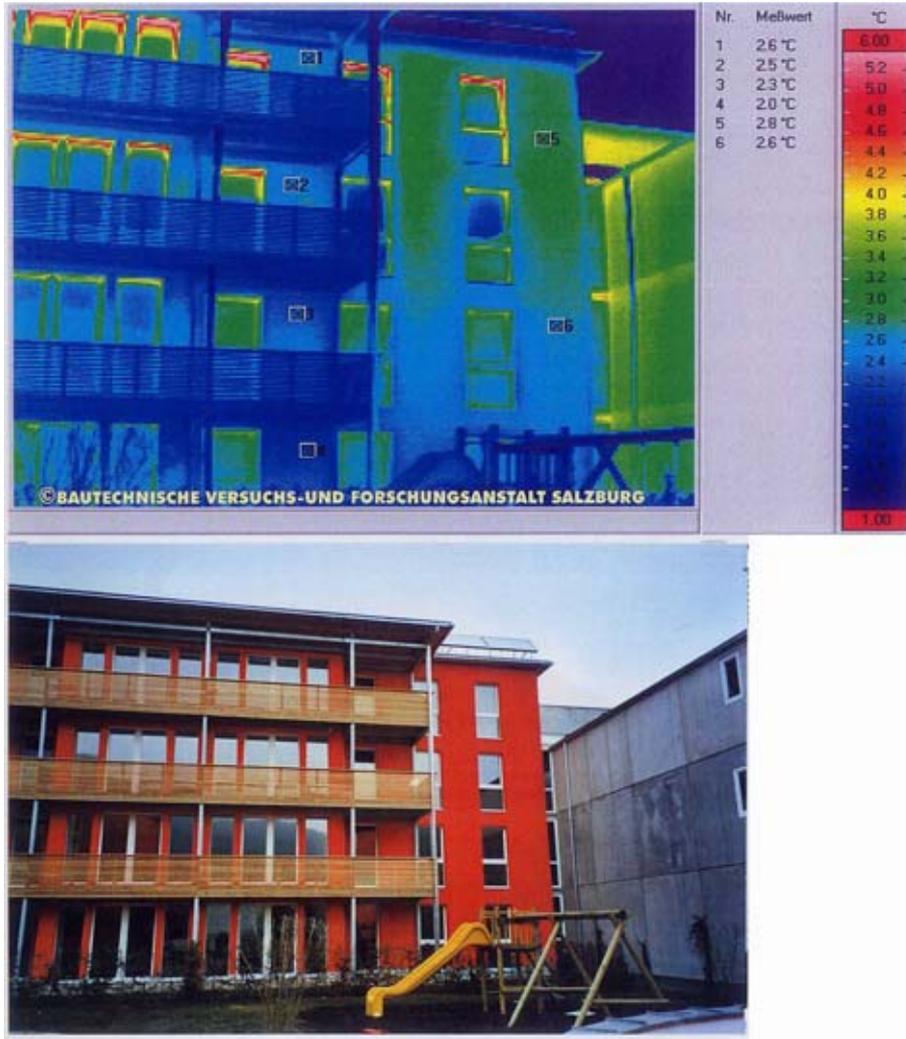


Abbildung 35: Thermografie Block C, Nordwest-Fassade

Die in der Thermographie erkennbaren Punkte mit höherer Oberflächentemperatur sind vermutlich auf die Verdübelung des Wärmedämm-Verbundsystems zurückzuführen. Wegen der sehr kleinen Fläche spielen die zusätzlichen Verluste keine wahrnehmbare Rolle.

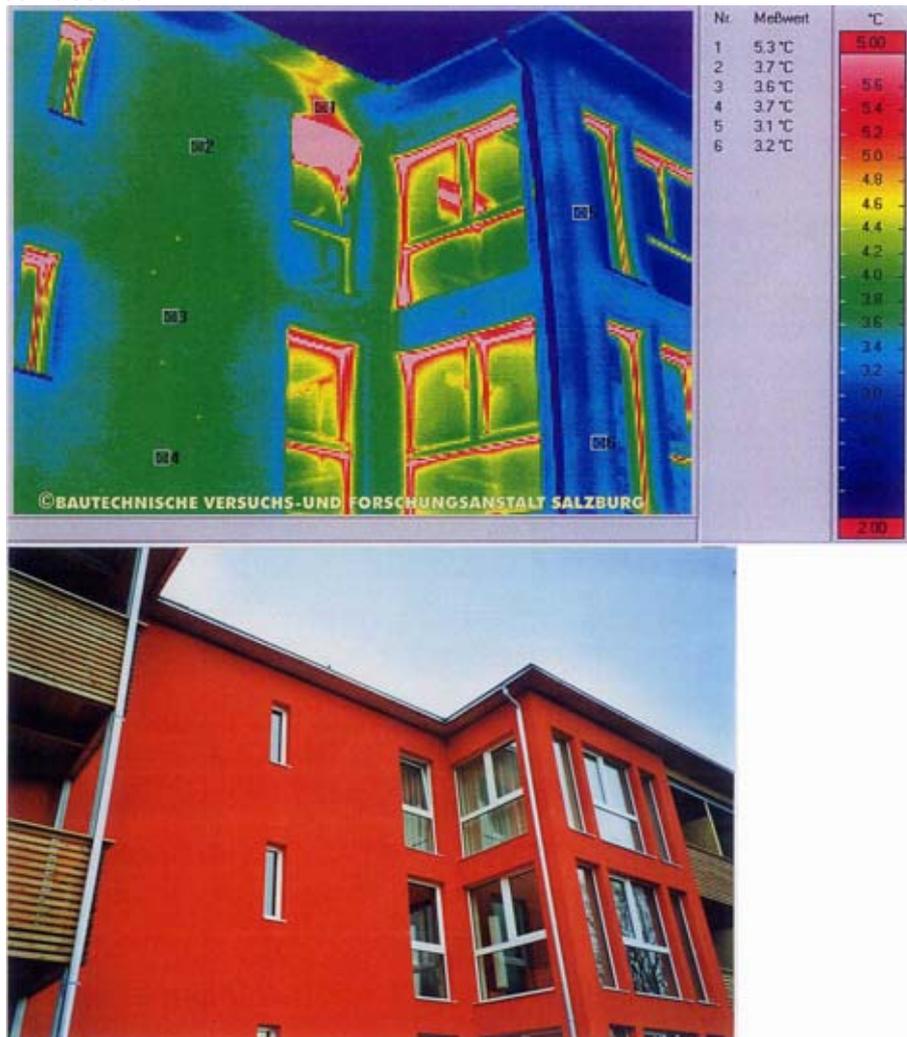
Block A, Südwest-Fassade:



**Abbildung 36: Thermografie Block A, Südwest-Fassade**

Die niedrigeren Oberflächentemperaturen im Erdgeschoss sind darauf zurückzuführen, dass die Wohnung zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht bewohnt war.

Block B, Südost-Fassade:



**Abbildung 37: Thermografie Block B, Südost-Fassade**

Die im Bild erkennbaren höheren Temperaturen auf der Außenoberfläche zwischen den hochformatigen Fenstern sind auf den verminderten Wärmeschutz der Außenwand im Bereich des STB-Wandpfeilers im Bereich der Wohnungstrennwand zurückzuführen. Auch die höheren Temperaturen im Bereich der Innenecke sind auf die verminderte Wärmedämmung im Bereich des STB-Teils (Eckstütze) zurückzuführen.

Block A, Erdgeschoss, Laubengang:

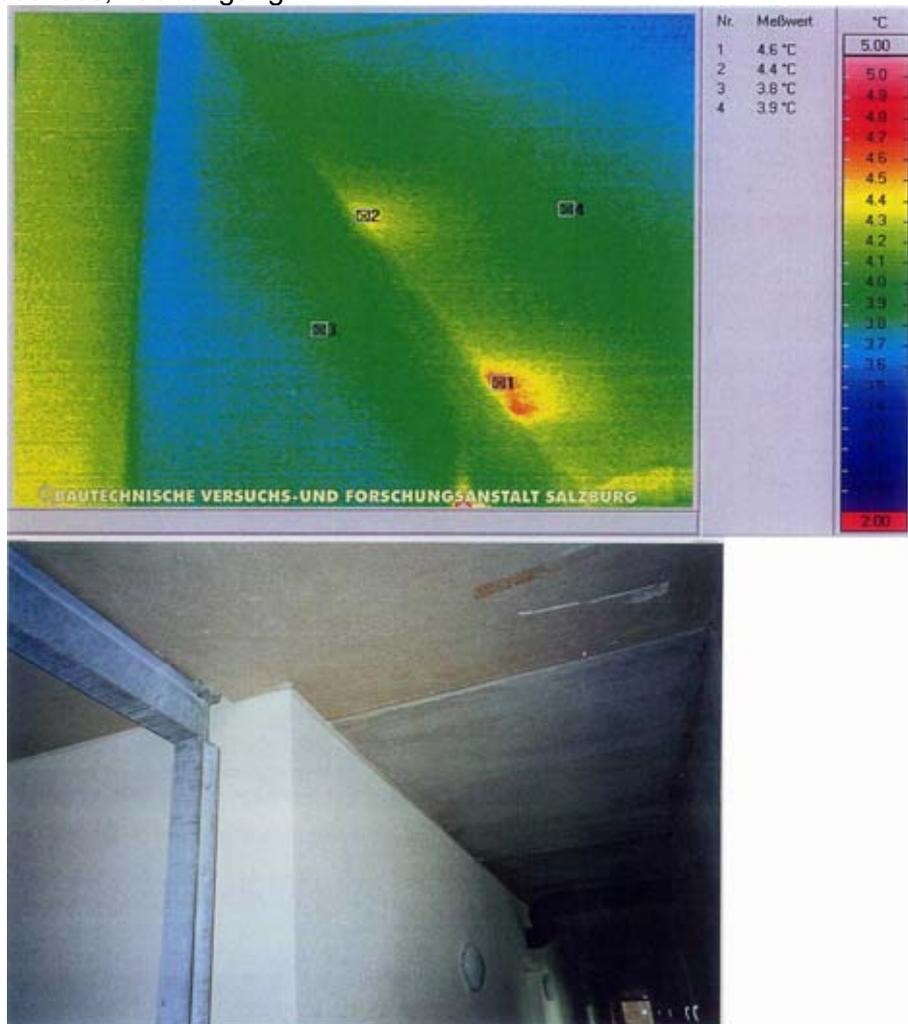


Abbildung 38: Thermografie Block A, Erdgeschoss, Laubengang

## 11 Angaben zu Erwerberr/Bauherren bzw. Mietern

Die Anlage wird von etwa 100 Bewohnern genutzt, nähere Informationen zu den Bewohnern (Familienstruktur, Gründe für Erwerb der Passivhaus-Wohnungen etc.) liegen nicht vor.

### 11.1 Durchgeführte Einweisungen

Es wurde ein gezielter Informationstag für alle Wohnungseigentümer veranstaltet, wobei über das Benutzerverhalten in einem Passivhaus referiert wurde.

Weiters wurde den Eigentümern die Lage der luftdichten Ebenen erklärt, um etwaige Beschädigungen der Folien vorzubeugen.

Es ist auch geplant, in den nächsten beiden Jahren mehrere Veranstaltungen dieser Art zu organisieren.

## 12 Messergebnisse

Hauptziel des Messkonzepts im CEPHEUS-Projekt ist die Bestimmung des Nutz- und Endenergieverbrauchs für Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung, des Stromverbrauchs für Lüftung, Pumpen und Anwendungen im Haushalt sowie die Erfassung der Behaglichkeitskriterien Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte im Wohnzimmer. Zur Bewertung des Einflusses des Nutzerverhaltens wird der Kalt- und der Warmwasserverbrauch aufgezeichnet. Das Grundkonzept für die Messungen an allen europäischen CEPHEUS-Projekten wurde von der Projektleitung einheitlich vorgegeben. Die Ausarbeitung der konkreten Messkonzepte für alle österreichischen Projekte, die Ausschreibung und Vergabe, die Installation der Messfühler, Datenlogger etc. und die Auswertung wurde durch die Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energien – Institut für nachhaltige Energien (AEE INTEC), Alexander Thür durchgeführt. Der Aufbau des Messkonzepts ist in [AEE INTEC] beschrieben, die Messergebnisse sind in [AEE INTEC 2] dokumentiert.

Der Vergleich der Messwerte mit den vorausgerechneten Energiebedarfswerten soll Aufschluss darüber geben, ob die in einzelnen Forschungsprojekten bereits demonstrierten Energieeinsparungen bei gesteigerter Behaglichkeit sich auch im ersten größeren Praxistest realisieren lassen. Wie Erfahrungen aus Messprojekten zeigen, kann der tatsächliche Verbrauch von Gebäuden von den vorausgerechneten Werten abweichen. Abweichungen zwischen Berechnungsergebnis und tatsächlichem Verbrauch können u.a. aus den folgenden Ursachen resultieren:

- Abweichung der wichtigsten Klimadaten (Außenlufttemperatur, Globalstrahlung) im Messzeitraum von den Annahmen der Berechnung (langjährige Mittelwerte)
- Abweichung der mittleren Raumlufttemperatur von der angenommenen Mitteltemperatur
- Sonstige Abweichungen des Nutzerverhaltens von den Annahmen der Berechnung (Fensterlüftung, Personenanwesenheit im Gebäude, Ausstattung mit und Nutzung von Elektrogeräten)
- Von den Berechnungsannahmen abweichende Luftundichtheiten der Gebäudehülle
- Abweichungen der ausgeführten von der geplanten Gebäudekonstruktion (zusätzliche Wärmebrücken, Materialwechsel etc.)
- Austrocknung der Gebäudekonstruktion in den ersten Betriebsjahren
- Erhöhter Bedarf durch Nachbesserungsarbeiten durch Handwerker
- Erstmaliges Aufheizen bei Bezug der Gebäude in der Heizperiode

Zum Vergleich mit den Berechnungsergebnissen bedürfen Messergebnisse daher der Interpretation. Für die CEPHEUS-Projekte wurde dabei wie folgt vorgegangen:

Um den Vergleich der Messwerte mit den Berechnungsergebnissen zu erleichtern, wurde aus dem gemessenen (Nutzwärme)Verbrauch der sogenannte standardisierte Heizwärmeverbrauch ermittelt. Dazu wurde der gemessene Verbrauch mit dem Monatsverfahren nach EN 832 auf den Verbrauch im gesamten Jahr hochgerechnet. Außerdem wurde der bei den tatsächlichen Raumtemperaturen im Messzeitraum gemessene Verbrauch auf den Verbrauch bei 20°C umgerechnet. Eine Korrektur der Klimadaten wurde nicht vorgenommen.

Der Jahresverbrauch für Warmwasser wurde unter Annahme eines jahreszeitlich konstanten Bedarfs aus den Messwerten ermittelt. Der solare Jahresdeckungsgrad wurde für alle CEPHEUS-Projekte einheitlich mit 40% angenommen. Der Jahresstromverbrauch wurde ebenfalls unter der Annahme eines jahreszeitlich konstanten Bedarfs aus den Messwerten ermittelt. Die Berechnung der Primärenergieverbräuche erfolgte auf der Grundlage von Ergebnissen aus Gemis 4.0 [Gemis]. Es wurden die folgenden Primärenergiefaktoren verwendet:

Gas	1,15
Strom	2,50
Fernwärme	0,70
Holzpellets	0,10

Bei den Werten handelt es sich um mittlere Werte des nicht-erneuerbaren, kumulierten Energieaufwands für die Bereitstellung des jeweiligen Energieträgers an der Gebäudehülle. Die Primärenergiefaktoren repräsentieren den europäischen Durchschnitt und können für einzelne Projekte aufgrund der örtlichen Gegebenheiten stark abweichen. Ein Vergleich der Messwerte aller CEPHEUS-Projekte untereinander und mit jeweils identischen Gebäuden in üblicher energetischer Qualität findet sich in [CEPHEUS 1].

Messergebnisse für das Projekt in Hallein liegen wegen Verzögerungen bei der Installation und Inbetriebnahme des Messprojekts nur für einen Teil der Heizperiode vor. Eine aussagekräftige Auswertung der Messergebnisse ist wegen der Kürze des gemessenen Zeitraums nicht möglich, auf die Darstellung in diesem Bericht musste daher verzichtet werden.

### **13 Aktivitäten zur Informationsverbreitung**

In der Wohnanlage werden Schaubilder für Gruppenführungen situiert werden. In Planung ist weiters eine Vortragsreihe über die Passivhaus Wohnanlage am Almbach.

Es sind diverse Artikel in Lokal- und Regionalzeitungen erschienen (Halleiner Zeitung, Tennengauer Nachrichten, Salzburger Fenster, Salzachtaler)

## 14 Fotodokumentation



Rohbau Kellergeschoss



Errichtung des Stahlbeton-Skeletts



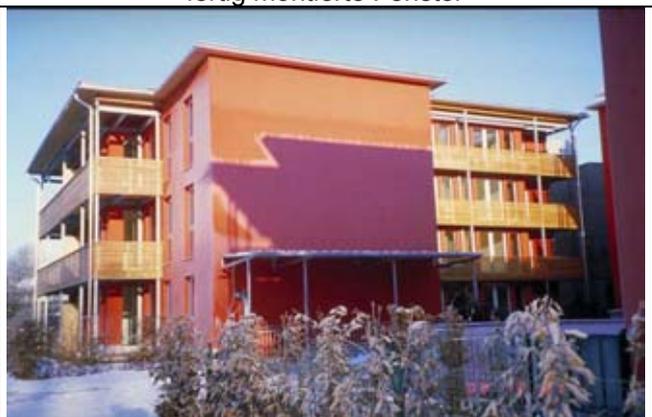
fertig montierte Wandelemente



fertig montierte Fenster



Errichtung der Terrassen



Ansicht fertiges Gebäude bei Frost



Ansicht fertiges Gebäude



Ansicht Innenhof

## 15 CEPHEUS-Publikationen

Nummer	Titel	Bezugs- möglichkeit
<b>1998</b>		
3	Elektrische Geräte für PH und Projektierung des Stromverbrauchs	PHI
4	Sparsames Wäschetrocknen	PHI
5	Passivhaus-Reihenhäuser: Über die Zuluft beheizbar?	PHI
<b>1999</b>		
6	Wärmebrückenfreies Konstruieren	PHI
7	Luftdichtheit im Passivhaus	PHI
8	Luftführung in Passivhäusern	PHI
9	Für das Passivhaus geeignete Fenster	PHI
10	Wärmebedarf und Komfort in einer PH-Altenwohnanlage	PHI
<b>2000</b>		
11	Qualitätssicherung Kassel-Marbachshöhe (aufgegangen in CEPHEUS-Projektinformation Nr.16)	-
12	Messdatenauswertung Kronsberg; Zwischenbericht 2	SWH
<b>2001</b>		
14	Messdatenauswertung Kronsberg; Zwischenbericht 3	SWH
15	Messtechnische Untersuchung und Auswertung; Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover Kronsberg	PHI
16	Kostengünstiger Passivhaus-Geschosswohnungsbau in Kassel-Marbachshöhe: Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung; Enderbericht Juni 2001	PHI
17	Therographische und strömungstechnische Untersuchung des Passivhaus-Geschosswohnungsbaus Kassel-Marbachshöhe	PHI
18	Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover Kronsberg	PHI
19	Messtechnische Untersuchung und Auswertung; Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover Kronsberg	PHI
20	Thermographie Untersuchung der Passivhaussiedlung Hannover Kronsberg; Wissenschaftliche Auswertung	PHI

21	Vergleich von Messung und Simulation am Beispiel eines Passivhauses in Hannover-Kronsberg	PHI
22	CEPHEUS – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung, Endbericht	PHI
23	Projektbericht: A - Egg	EIV
24	Projektbericht: A - Hörbranz	EIV
25	Projektbericht: A - Wolfurt	EIV
26	Projektbericht: A - Dornbirn	EIV
27	Projektbericht: A - Gnigl	EIV
28	Projektbericht: A - Kuchl	EIV
29	Projektbericht: A - Hallein	EIV
30	Projektbericht: A - Horn	EIV
31	Projektbericht: A - Steyr	EIV
32	Österreich gesamt (Zusammenfassung)	EIV
33	Hannover: Sozialwissenschaftliche Evaluation	SWH
34	Nutzerhandbuch Hannover	SWH
35	Full Report (D)	SWH
36	Full Report (Engl.)	SWH
37	Publishable Report (D)	SWH
38	Publishable Report (Engl.)	SWH
39	Projektbericht Schweiz	Renggli AG
40	Projektbericht Frankreich : Residence Salvatierra, Rennes: Raport Final	COOP de Construction

SWH: Stadtwerke Hannover

[www.cepheus.de](http://www.cepheus.de) , e-mail: [proklima@energcity.de](mailto:proklima@energcity.de)

Stadtwerke Hannover AG, Manfred Görg, Ihmeplatz 2, D-30449 Hannover

PHI: Passivhausinstitut

[www.passiv.de](http://www.passiv.de), e-mail: [passivhaus@t-online.de](mailto:passivhaus@t-online.de)

Passivhausinstitut, Dr. Wolfgang Feist, Rheinstr. 44/46, D-64283 Darmstadt

EIV: Energieinstitut Vorarlberg

[www.energieinstitut.at](http://www.energieinstitut.at), e-mail: [office@cepheus.at](mailto:office@cepheus.at)

Energieinstitut Vorarlberg, Helmut Krapmeier, Stadtstraße 33/CCD, A-6850 Dornbirn

Renggli AG:

[www.renggli-haus.ch](http://www.renggli-haus.ch), e-mail: [mail@renggli-haus.ch](mailto:mail@renggli-haus.ch)

Renggli AG; Max Renggli, Gleng, CH-6247 Schötz

COOP de Construction:

e-mail: [coop.de.construction@wanadoo.fr](mailto:coop.de.construction@wanadoo.fr)

Coop de Construction, Jean-Claude Allain, 9 Boulevard de la Tour d' Auvergne, F-35043 Rennes

## 16 Quellen

- [Klimadatenkatalog] Bundesministerium für Bauten und Technik (Herausgeber)  
Klimadatenkatalog Hefte 5 a bis 5c  
Wien, 1984
- [AEE INTEC] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE  
Messkonzept für das EU-Projekt C E P H E U S  
Für das Projekt S10 – Hallein  
Gleisdorf, Januar 2000
- [AEE INTEC 2] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE  
CEPHEUS Austria  
Messdaten Oktober 2000 bis März 2001  
Gleisdorf, 25.05.2001
- [PHI 1] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)  
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II  
Protokollband Nr. 13  
Energiebilanzen mit dem Passivhaus-Projektierungs-Paket  
Darmstadt, Dezember 1998
- [PHI 2] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)  
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II  
Protokollband Nr. 16  
Wärmebrückenfreies Konstruieren  
Darmstadt, Juni 1999
- [PHI 3] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)  
Passiv-Reihenhäuser - über die Zuluft beheizbar?  
CEPHEUS Teilbericht Nr. 5  
Darmstadt, 1998
- [PHI 4] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)  
Stand der Baupraxis Passivhäuser – Einführung  
In: Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II  
Protokollband Nr. 12  
Das Passivhaus-Baustandard der Zukunft?  
Darmstadt, 1998
- [Krec] Dipl.-Ing. Dr. techn. Klaus Krec  
Klimadaten für 14 Standorte in Österreich  
Schönberg, 12. April 1999
- [CEPHEUS 1] Stadtwerke Hannover (Herausgeber)  
CEPHEUS – Full Final Technical Report  
Hannover, Juli 2001
- [CEPHEUS 2] Stadtwerke Hannover (Herausgeber)  
CEPHEUS – Publishable Final Report  
Hannover, Juli 2001



- 
- [Gemis] Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (Gemis), Version 4.0  
Öko-Institut  
Darmstadt, 2000
- [NEI] Niedrig-Energie-Institut GbR (Herausgeber)  
Strom und Wasser sparen lohnt sich  
Besonders Sparsame Haushaltsgeräte 1999  
Detmold, 1999
- [ISOCELL] Isocell Vertriebsgesellschaft m.b.H.  
Ergebnisse der Luftdichtheitsmessungen  
CEPHEUS Hallein / B1  
Neumarkt, 17.09.2000
- [ARGE] Zivilingenieur-Arge Bauphysik-Haustechnik-Umweltschutz  
Luft- und Winddichte  
Dichtekonzept Nr. 99442/022  
Objekt Passivhaus Wohnanlage Almbach  
Salzburg, 29.05.2000
- [Feist] Dr. Wolfgang Feist  
Fenster: Schlüsselfunktion für das Passivhaus-Konzept, in:  
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II  
Protokollband Nr. 14  
Passivhaus-Fenster  
Darmstadt, Dezember 1998