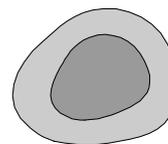




CEPHEUS - gefördertes Projekt:
EUROPÄISCHE KOMMISSION
DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY
THERMIE
Projekt-Nummer: **BU / 0127 / 97**



Energieinstitut Vorarlberg

CEPHEUS-Projektinformation Nr. 24

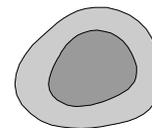


Reihenhäuser Hörbranz





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



Energieinstitut Vorarlberg

CEPHEUS-Projektinformation Nr. 24

CEPHEUS



cost efficient passive houses as european standards

Reihenhäuser Hörbranz

Autoren:

Helmut Krapmeier, Eva Müller

unter Mitwirkung von:

Christof Drexel, Otto Köck

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

1	PROJEKTBE SCHREIBUNG	1
1.1	Das Passivhauskonzept	2
1.2	Zentrale Ergebnisse von CEPHEUS	2
2	STANDORTINFORMATIONEN	7
2.1	Übersichtskarten und Pläne	7
2.2	Geografische und klimatische Daten	9
3	BAUBESCHREIBUNG	9
3.1	Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten	9
3.2	Angaben zur Energiebezugsfläche	13
3.3	Beschreibung der Bauweise	14
3.4	Regelquerschnitte der Außenbauteile	15
3.5	Darstellung von Anschlussdetails	16
4	LÜFTUNGSKONZEPT	23
4.1	Zu-, Abluft, Überströmzonen	24
4.2	Angaben zu den technischen Parametern	24
4.2.1	Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals	24
4.2.2	Auslegungsluftvolumenströme	24
4.2.3	Druckverluste	25
4.2.4	Filter	25
4.2.5	Zuluftventile	25
4.2.6	Abluftventile	26
4.3	Beschreibung des Wärmetauschers	26
4.4	Regelmöglichkeiten	26
4.5	Beschreibung des Erdreichwärmetauschers	27
5	KONZEPT DER RAUMWÄRMEVERSORGUNG	27
5.1	Heizwärmeverteilung	27
5.2	Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung	28
6	KONZEPT DER WARMWASSERVERSORGUNG	28
6.1	Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung	28
6.2	Auslegungsdaten	29
6.3	Beschreibung der Solaranlage	29
6.4	Besonderheiten	29

7	AUSSTATTUNG MIT ELEKTRISCHEN HAUSHALTSGERÄTEN UND BELEUCHTUNG	30
8	KOSTEN UND MEHRKOSTEN	30
9	BAUBESCHREIBUNG	31
9.1	Zeitliche Daten	31
9.2	Beteiligte und Organisation des Bauablaufs	32
9.3	Baudurchführung im Detail	32
9.4	Erfahrungen mit Beteiligten bzw. den geplanten technischen Lösungen hinsichtlich der Realisierung der Qualitätsanforderungen	32
10	ERGEBNISSE QUALITÄTSSICHERNDER MAßNAHMEN	33
10.1	PHPP-Berechnung	33
10.2	Berechnungen der Wärmebrücken	35
10.3	Ergebnisse der Luftdichtheitstests	35
10.4	Ergebnisse der Thermografien	36
11	ANGABEN ZU ERWERBERN/BAUHERREN BZW. MIETERN	37
11.1	Durchgeführte Einweisungen	37
12	MESSERGEBNISSE	38
12.1	Energieverbrauch	39
12.2	Thermischer Komfort	41
12.3	Heizlasten	44
13	AKTIVITÄTEN ZUR INFORMATIONSVERBREITUNG	45
14	FOTODOKUMENTATION	46
15	CEPHEUS-PUBLIKATIONEN	48
16	QUELLEN	50

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. CO₂-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 ²]	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/(m²a) und damit eine Reduktion des Heizwärmeverbrauchs um 80% gegenüber üblichen Neubauten wurde im Mittel über alle gemessenen Gebäude bereits im ersten Betriebsjahr eingehalten.

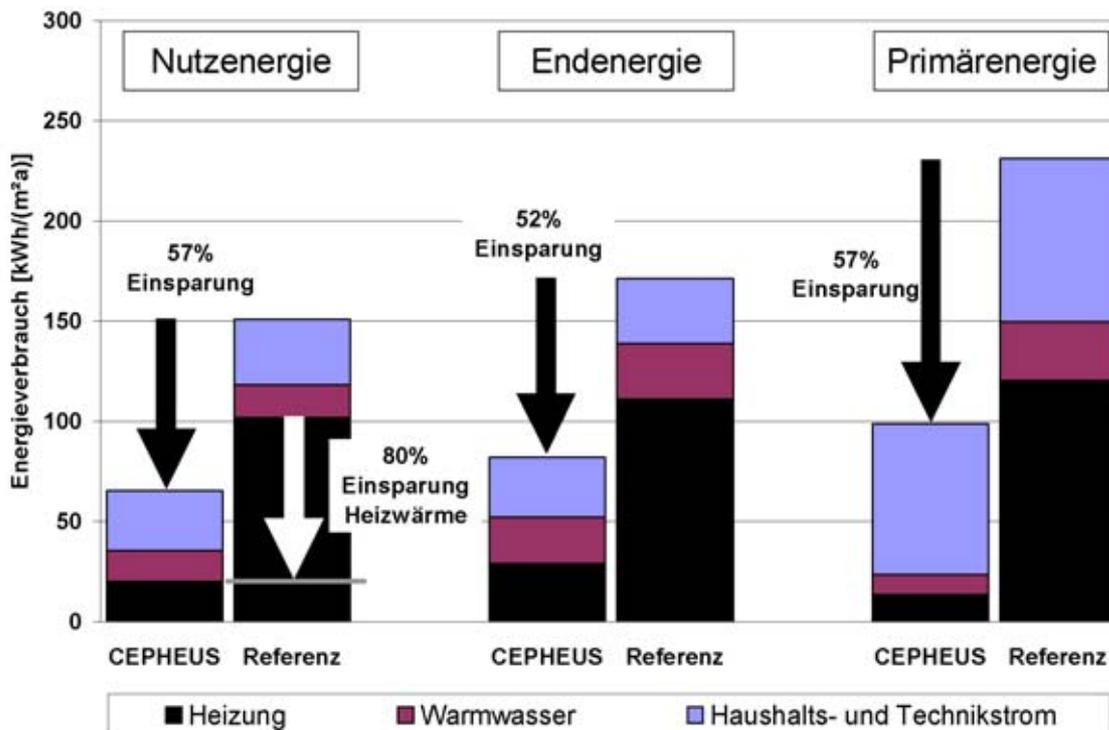


Abbildung 2: Erreichte Energieeinsparungen im Vergleich zu Referenzgebäuden

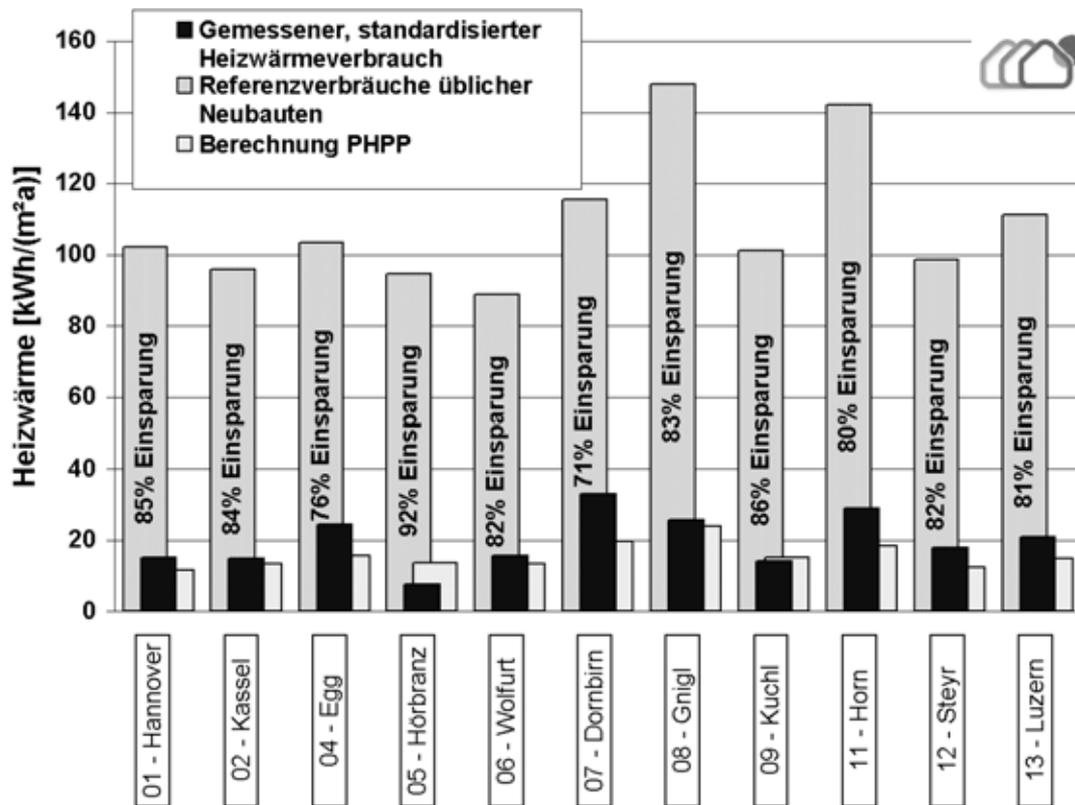


Abbildung 3: Berechneter und gemessener Heizwärmeverbrauch aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

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%.

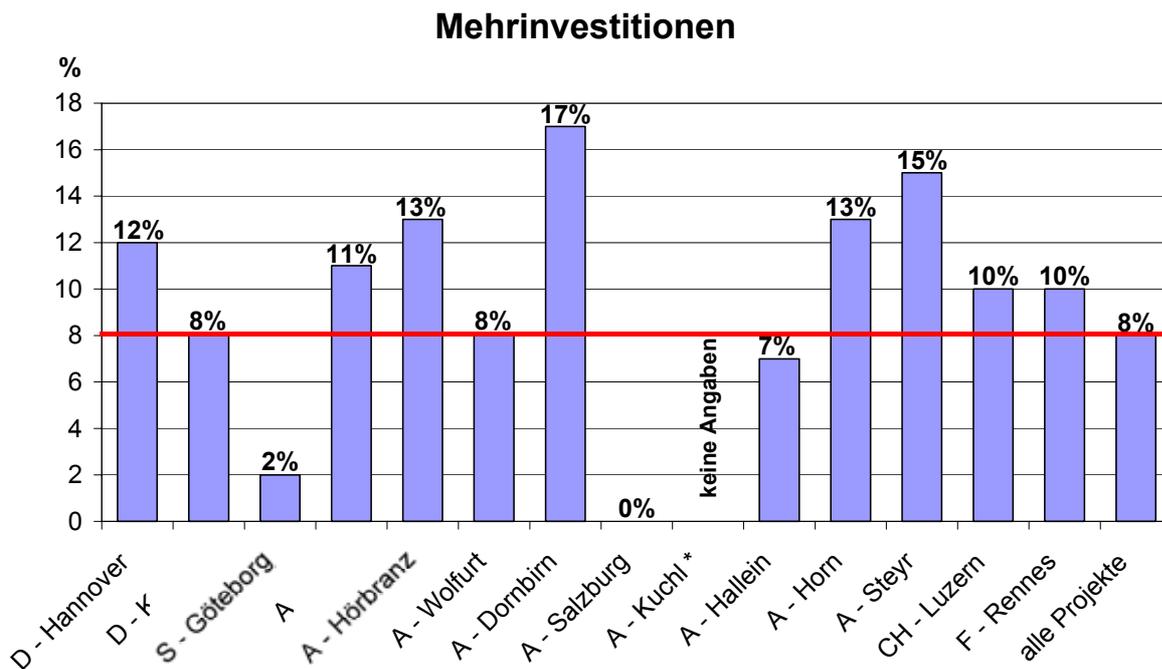


Abbildung 4: Mehrkosten in % aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

Passivhäuser sind behaglich:

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

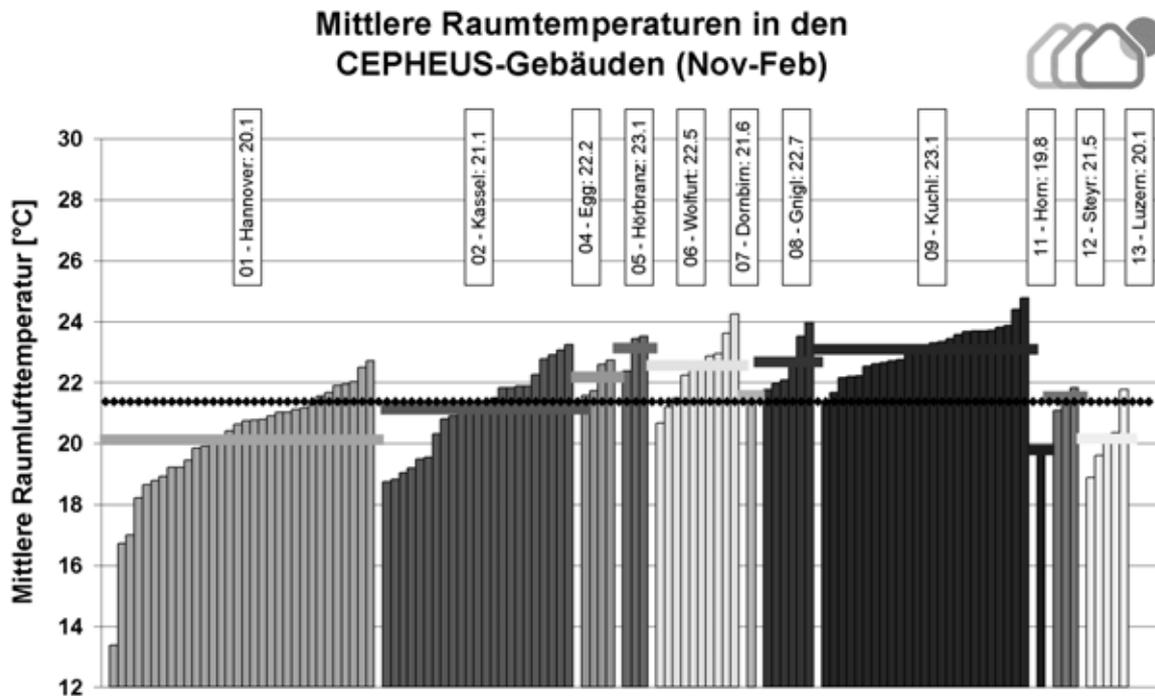


Abbildung 5: Gemessene Innenraum-Temperaturen aller Projekte

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.

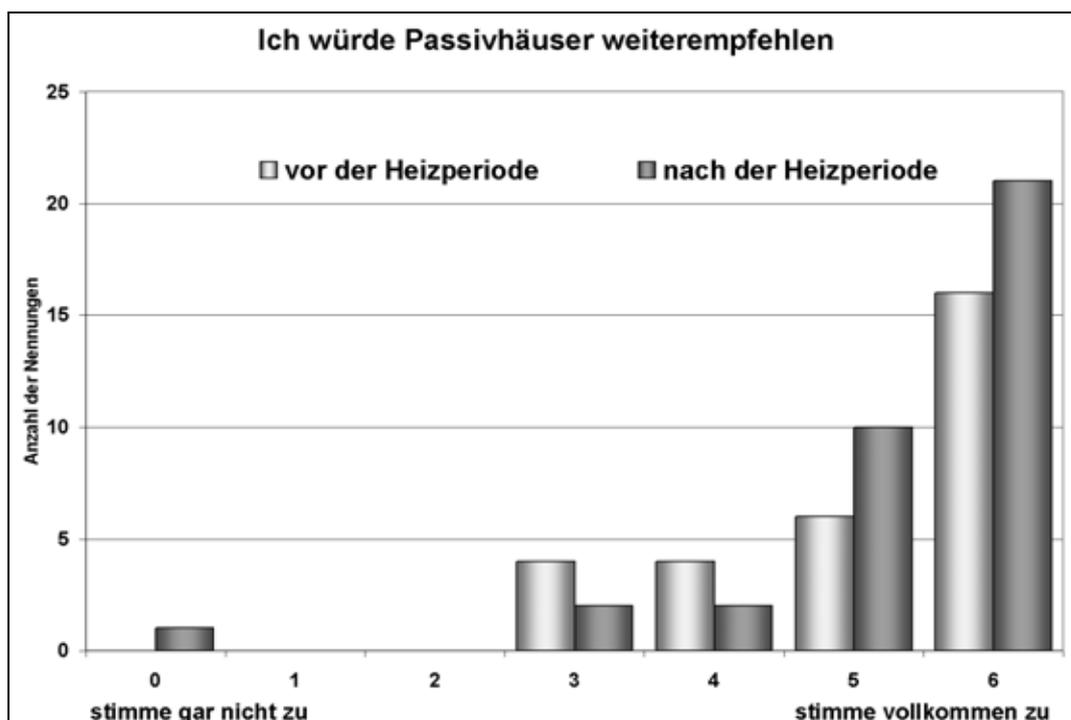


Abbildung 6: Ergebnis einer Bewohnerbefragung

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 Hörbranz, Vorarlberg - genau beschrieben.

2 Standortinformationen

Hörbranz liegt im Bundesland Vorarlberg, dem bevölkerungsspezifisch zweitkleinstem, flächenspezifisch kleinstem Bundesland Österreichs.

Hörbranz ist eine Gemeinde mit 5.600 Einwohnern auf 8,7 km² und liegt ca. 10 km von Bregenz entfernt in Richtung Lindau (Deutschland). Im Gemeindeteil Herrenmühle befindet sich das Grundstück, auf welchem die Reihenanlage mit 3 Passivhäusern errichtet wurde. Im Umfeld befinden sich hauptsächlich große freistehende Einfamilienhäuser.

Eine Bauherrengruppe aus 3 Familien hatte sich mit der Absicht zusammengefunden, gemeinsam eine Reihenanlage in Passivhausqualität zu bauen. Auf dem 1.120 m² großen Grundstück wurde von Baumeister Richard Caldonazzi der Reihenanlagebaukörper so konzipiert, dass der Grundstücksanteil aller drei Häuser gleich groß ist.

2.1 Übersichtskarten und Pläne



Abbildung 7: Hörbranz im Bundesland Vorarlberg



Abbildung 8: Die Lage von Hörbranz im Bodenseeraum



Abbildung 9: Lage des Baugrundstücks

2.2 Geografische und klimatische Daten

Hörbranz: Geographische Länge: 9° 45'
 Geographische Breite: 47° 33'
 Meereshöhe (Postamt): 426 m ü.M.

Monat/Jahr	Mittlere Außentemp.	Heizgradtage (12°/20°)	Mittlere tägliche Globalstrahlung auf horizontale Fläche
	[C°]	[Kd]	[Wh/m²d]
Januar	-0,3	631	942
Februar	1	533	1.653
März	4,5	475	2.733
April	8,9	296	3.855
Mai	13,2	123	4.713
Juni	16,5	34	5.127
Juli	18,2	10	5.041
August	17,6	8	4.355
September	14,4	62	3.187
Oktober	9,5	286	1.941
November	4,5	459	1.061
Dezember	1	589	734
Jahr	9,1	3.506	2.945

Tabelle 2: Langjährige Mittelwerte der wichtigsten Klimadaten [Klimadatenkatalog]

3 Baubeschreibung

3.1 Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten

Der Auftrag für die Planung:

- Gleiche Grundstücksgrößen für alle drei Baufamilien
- Guter Zuschnitt der Freiflächen
- Kostengünstiger Bau
- Energieniveau Passivhaus
- Ökologische Bauweise soweit finanziell möglich
- Keller
- Carports oder Garagen
- Wohnnutzflächen aller drei Häuser gleich groß

Die Lösung:

Weil ein Kellerabgang vom Inneren des Hauses immer ein Problem ist und ein Windfang eine zweckvolle Einrichtung ist, kombinierte Caldonazzi die beiden Anforderungen und fasste alle 3 Kellerabgänge zu einem zusammen und platzierte diesen in einem gemeinsamen Windfang. Damit wurde dieser zu einer verglasten Eingangshalle, groß genug um auch viele Gäste oder Kinder auf einmal aufnehmen zu können, was gerade im Winter oder bei Regen angenehm ist.

Reihenhäuser haben üblicherweise eine rechteckige Konfiguration. Mehr tief als breit. Das mittlere Reihenhaus wurde hier um 90° gedreht, sodass es breiter als tief wurde. Da es auf der Nordseite gegen die verglaste Eingangshalle platziert ist, sind alle Individualzimmer nach Süden orientiert. Flur, Treppe, Gäste WC und Bad sind entsprechend nördlich gegen die Eingangshalle orientiert. Durch das automatische Komfortlüftungssystem entsteht dadurch kein Konflikt zwischen Allgemein- und Individualraum.

Die Grundrisse selbst sind stark individuell, den Wünschen der Baufamilien entsprechend ausgearbeitet.

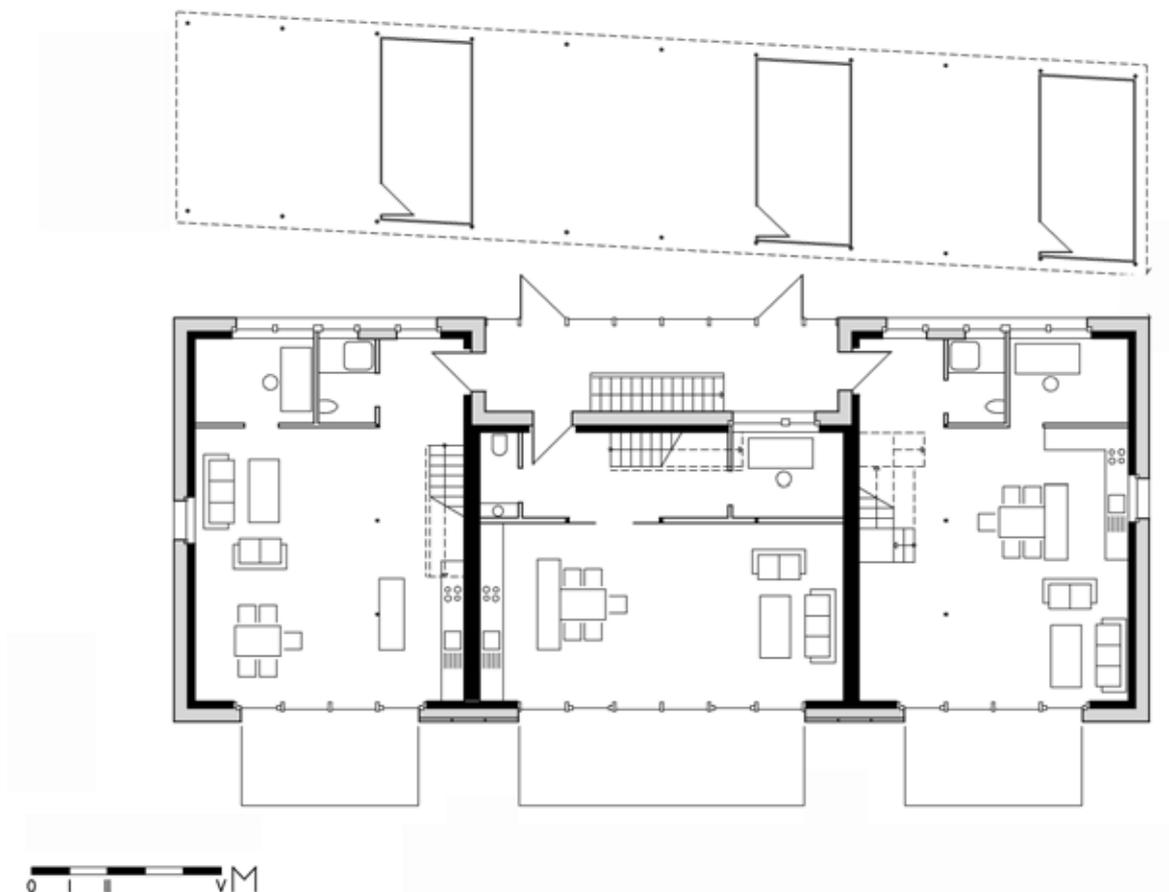


Abbildung 10: Grundriss Erdgeschoss

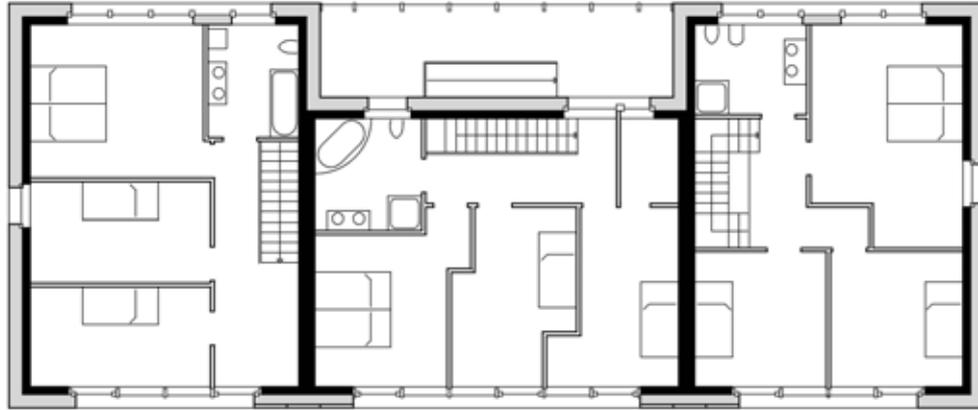


Abbildung 11: Grundriss Obergeschoss

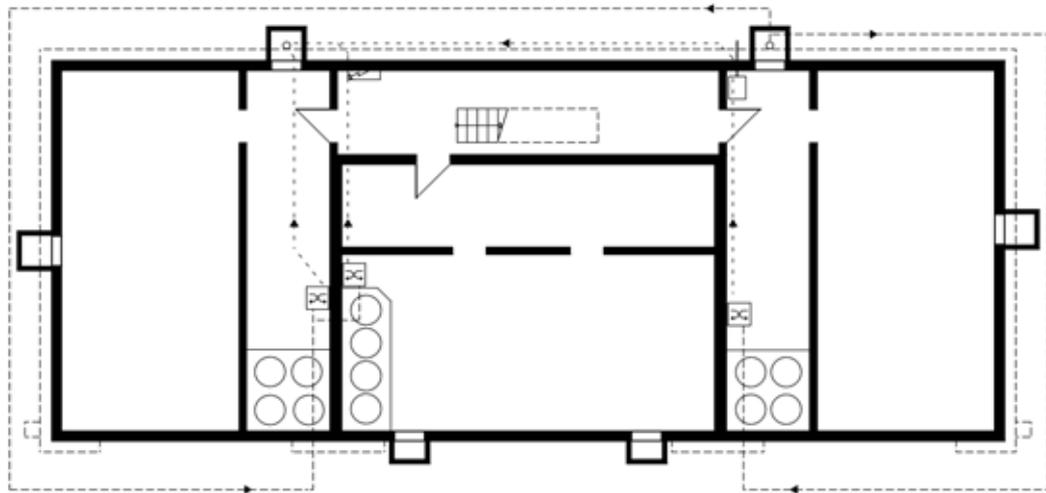


Abbildung 12: Grundriss Kellergeschoss

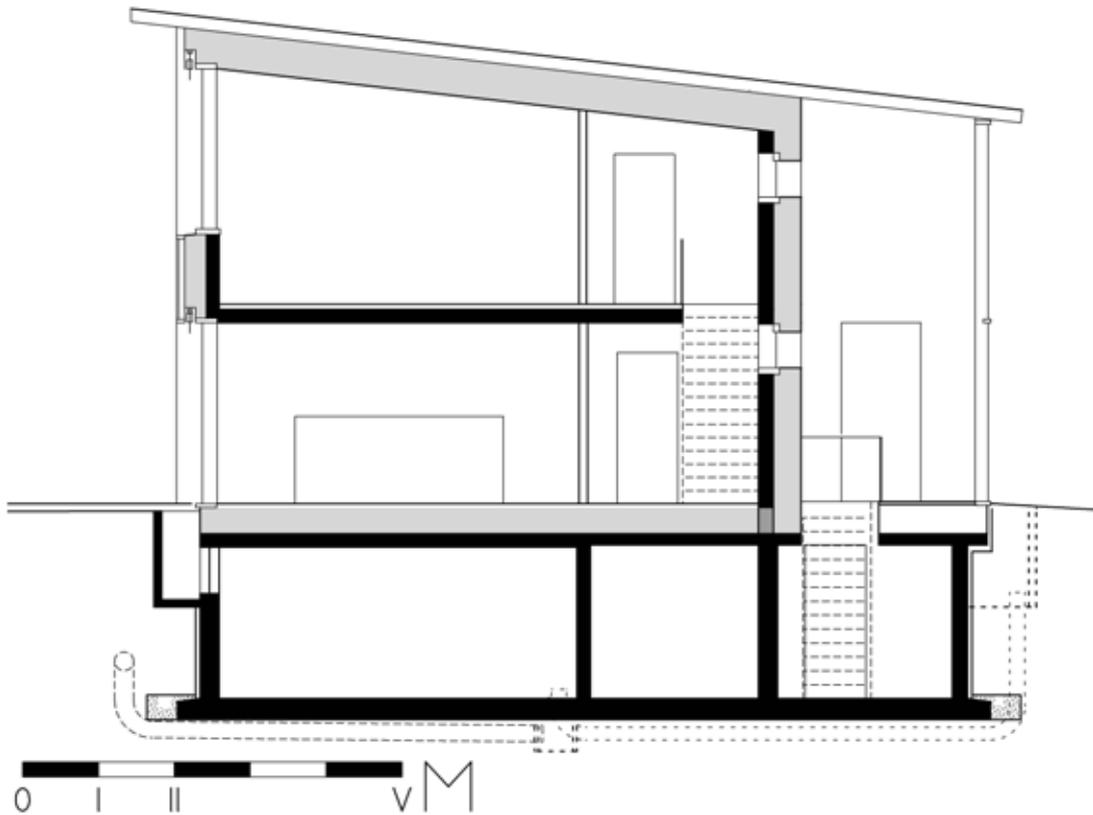


Abbildung 13: Schnitt quer durch die mittlere Wohneinheit



Abbildung 14: Südansicht des Gebäudes



Abbildung 15: Ansicht von Nordwest

3.2 Angaben zur Energiebezugsfläche

	Wohnnutzfläche lt. ÖNORM 1800 [m ²]	Energiebezugsfläche "treated floor area (TFA)" nach vereinbartem EU- Berechnungsmodus [m ²]
Top 1	133,90	129,41
Top 2	131,28	125,85
Top 3	128,83	126,04
Gesamt	394,09	381,30

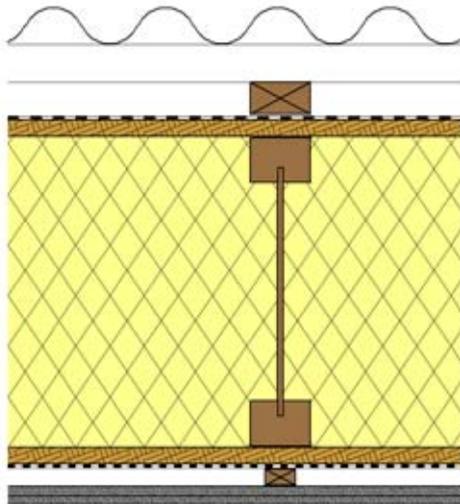
Tabelle 3: Gegenüberstellung der Energiebezugsflächen

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.

3.4 Regelquerschnitte der Außenbauteile

Dach

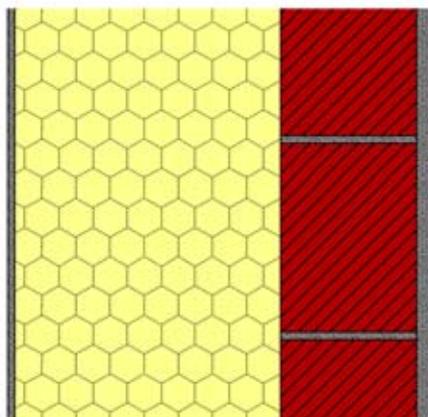
$U = 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Außen / kalt	
Wellblech	
Lattung	5/8
Konterlattung	5/8
Abdichtung	-----
OSB-Platte	2,2 cm
TJI-Träger / Zellulose	41,5 cm
OSB-Platte	2,2 cm
Dampfbremse	-----
Lattung	3 cm
Gipskartonplatten	2x 1,25 cm
Innen / warm	

Außenwand

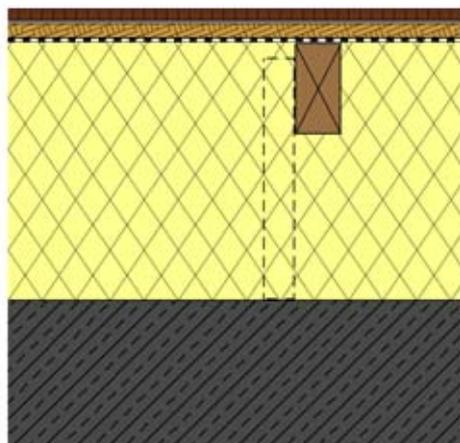
$U = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Außen / kalt	
Außenputz	1,0 cm
Korkplatte	35,0 cm
Ziegelmauerwerk	18,0 cm
Innenputz	2,0 cm
Innen / warm	

Kellerdecke

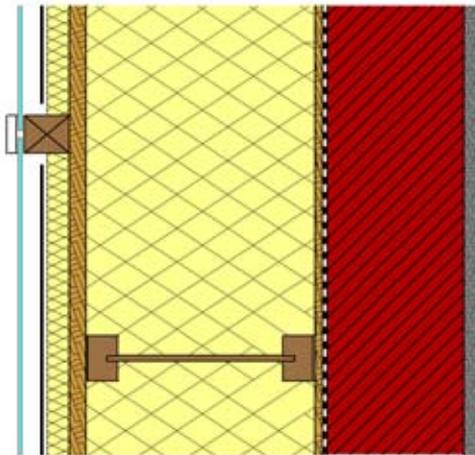
$U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Innen / warm	
Parkett	1,6 cm
Kork	0,3 cm
OSB-Platte	2,0 cm
Dampfbremse	-----
Zellulose zw. Holzunterkonstruktion	35,0 cm
Stahlbetondecke	18,0 cm
Keller / unbeheizt	

Außenwand Fassadenkollektoren

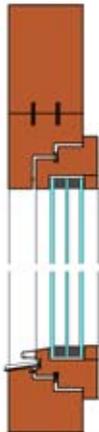
$U = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Außen / kalt	
Glasabdeckung	
Luft	
Absorber	
Steinwolle	3,0 cm
OSB-Platte	1,6 cm
TJI-Träger / Zellulose	30,2 cm
OSB-Platte	1,1 cm
Folie	-----
Ziegelmauerwerk	18,0 cm
Innenputz	2,0 cm
Innen / warm	

Fenster

$U = 0,83 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
(Mittel aller Fensterflächen)



Rahmen	
Hersteller	Bischof
Material	Holz
U-Wert	$U_{\text{Rahmen}} = 1,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Verglasung	MG Therm - Ökosuper 0,5
Hersteller	Mayer Glastechnik
Abstände	4 / 10 / 6 / 10 / 4 mm
Gasfüllung	Krypton
Randverbund	Edelstahl (Niro)
U-Wert	$U_{\text{Glas}} = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
g-Wert	$g = 47\%$

Abbildung 16: 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 Hörbranz 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 Hörbranz.

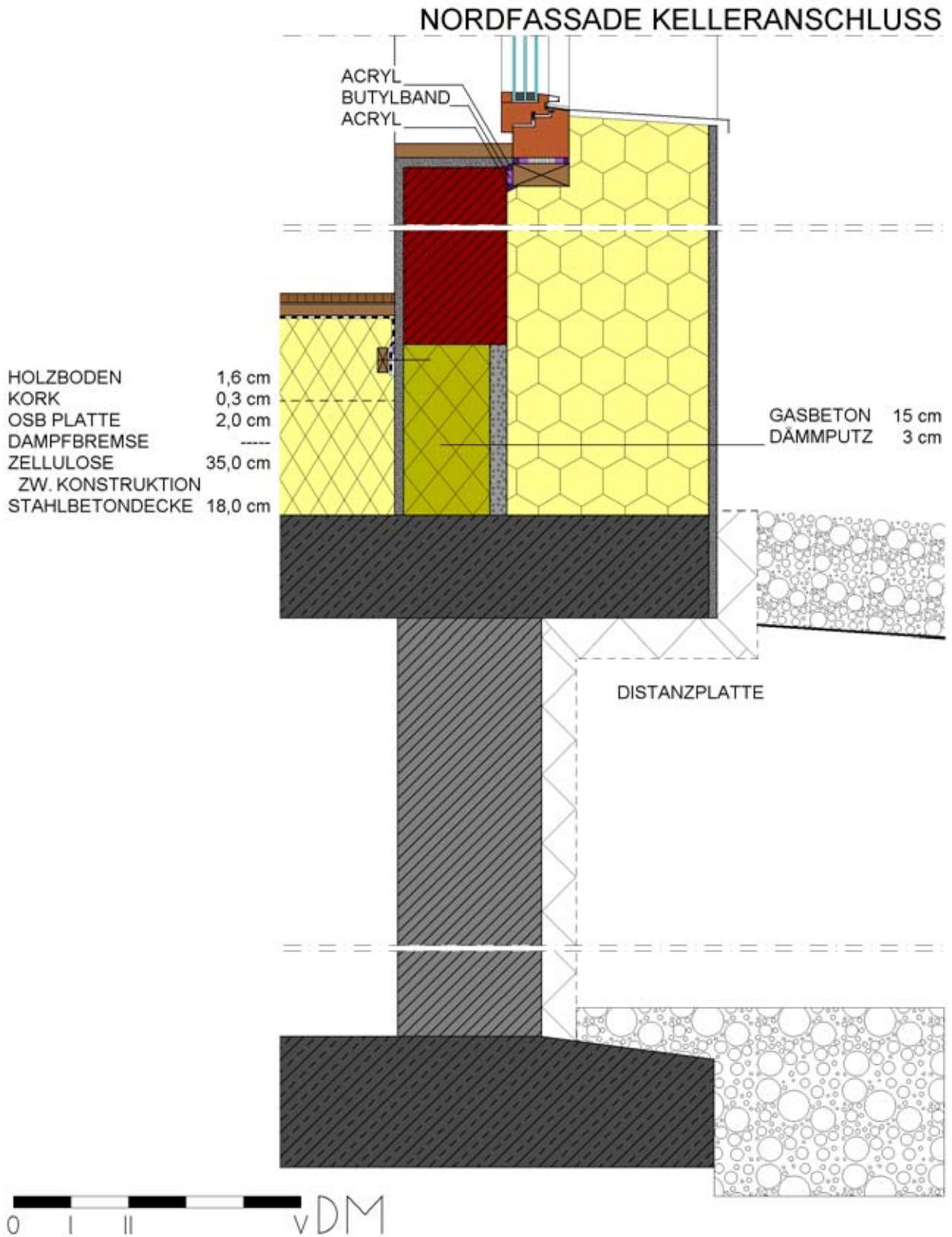


Abbildung 17: Detail Nordfassade - Sockel

NORDFASSADE DACHANSCHLUSS

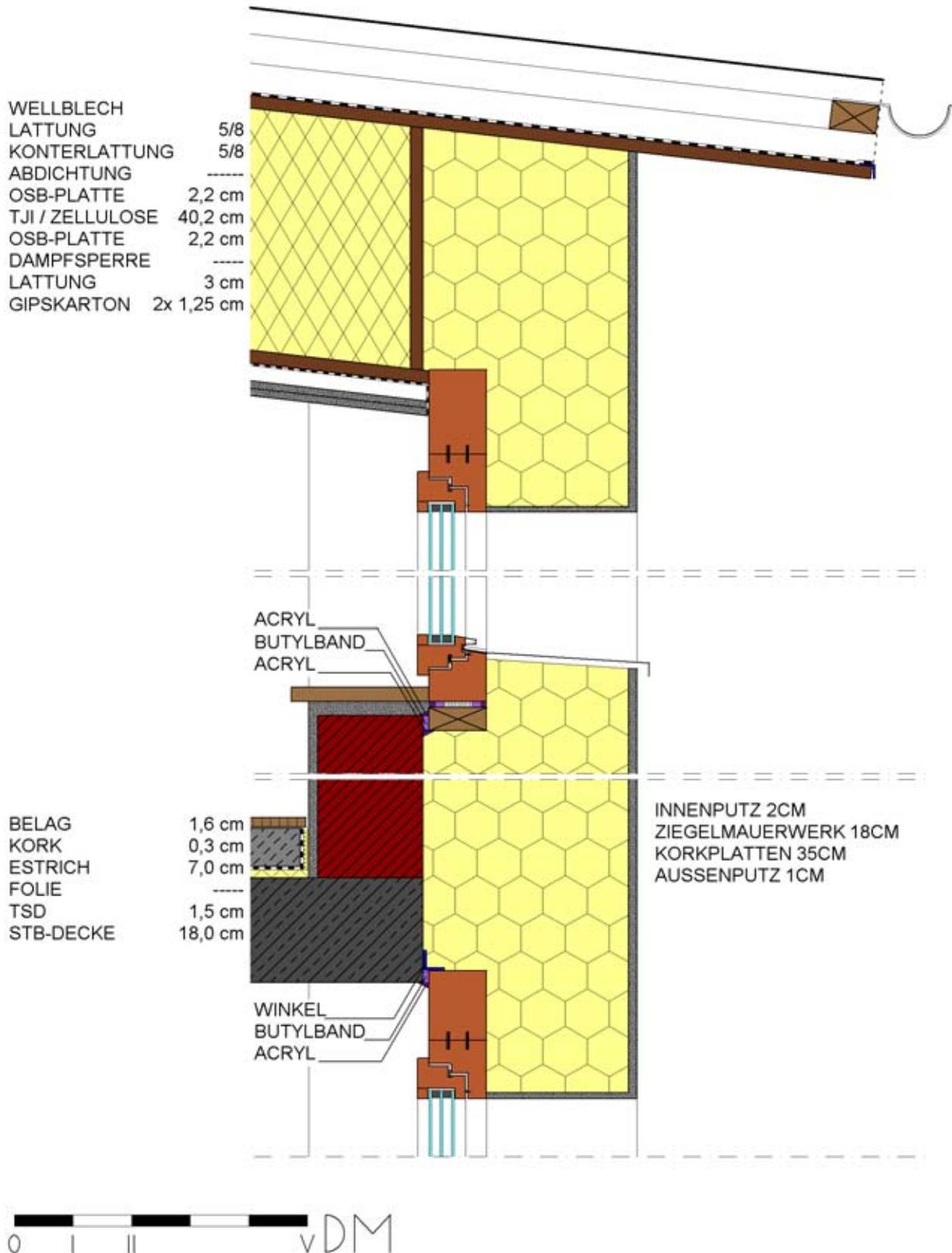


Abbildung 18: Detail Nordfassade - Decken- und Dachanschluss

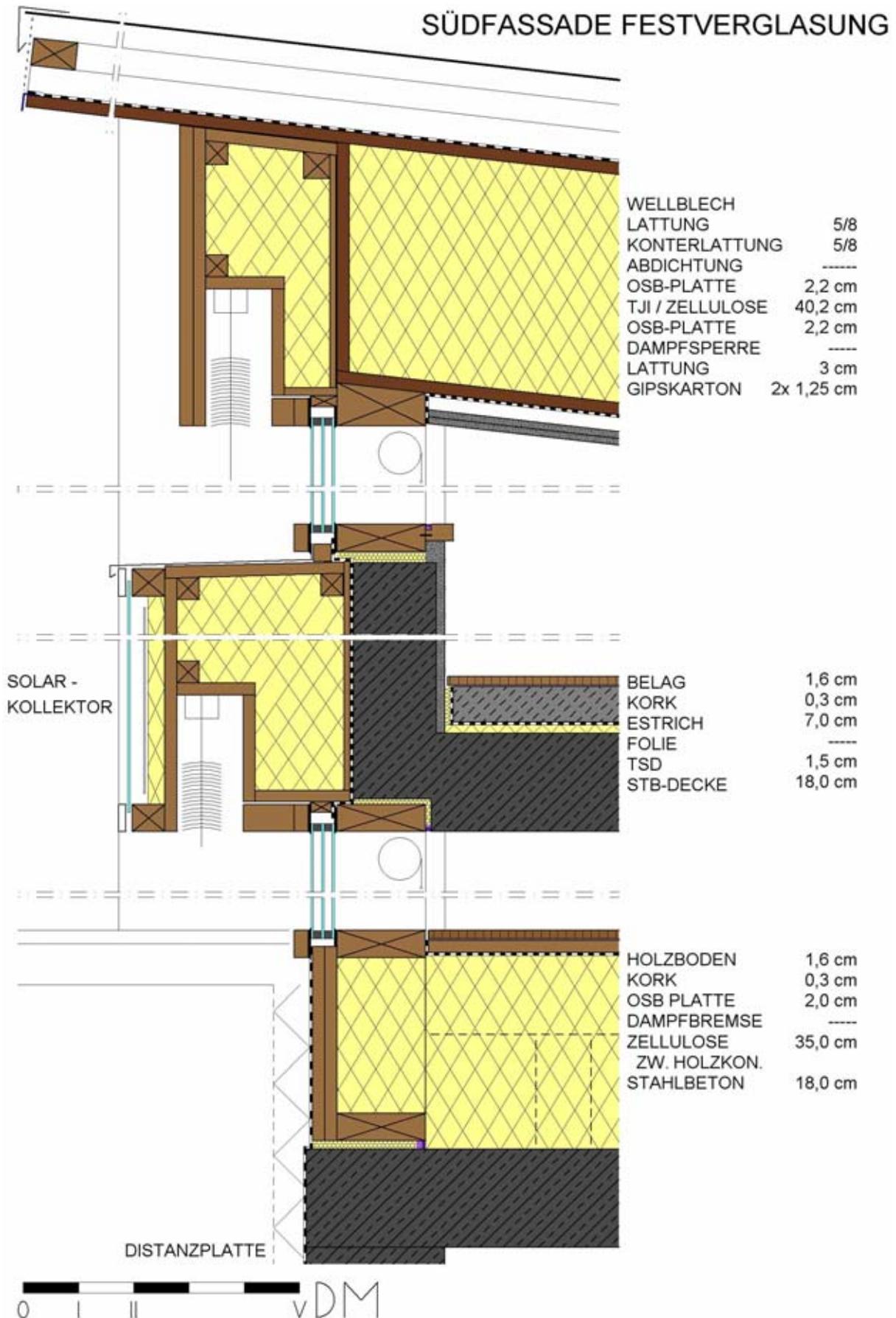


Abbildung 19: Vertikalschnitt durch die Südfassade (mit Fixverglasung)

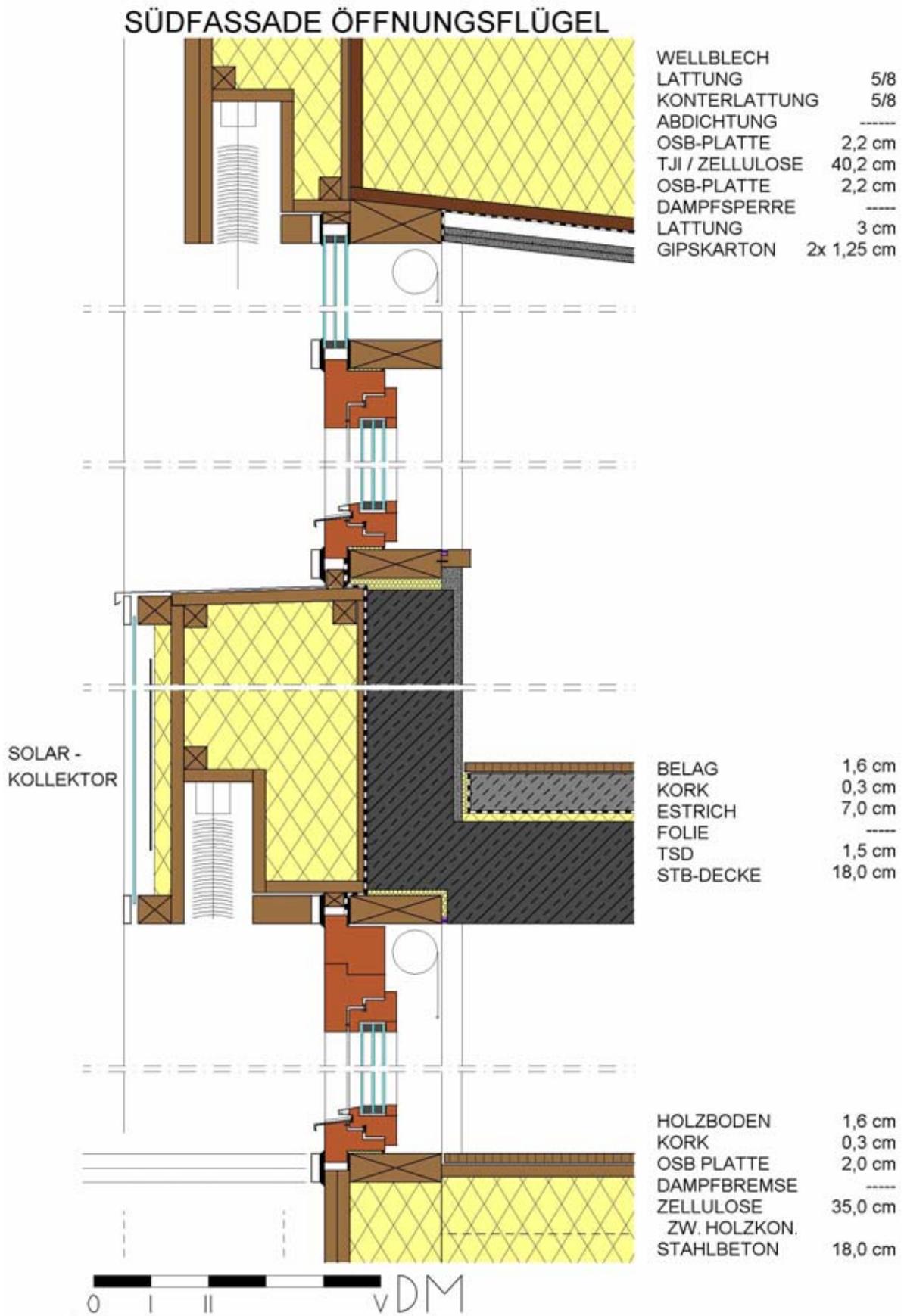
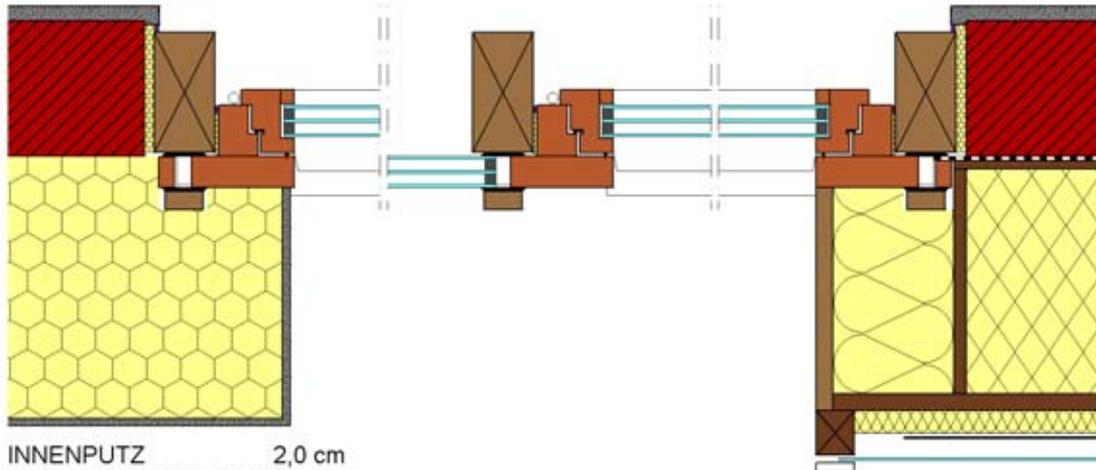


Abbildung 20: Vertikalschnitt durch die Südfassade (mit offenen Fenstern)

SÜDFASSADE HORIZONTAL

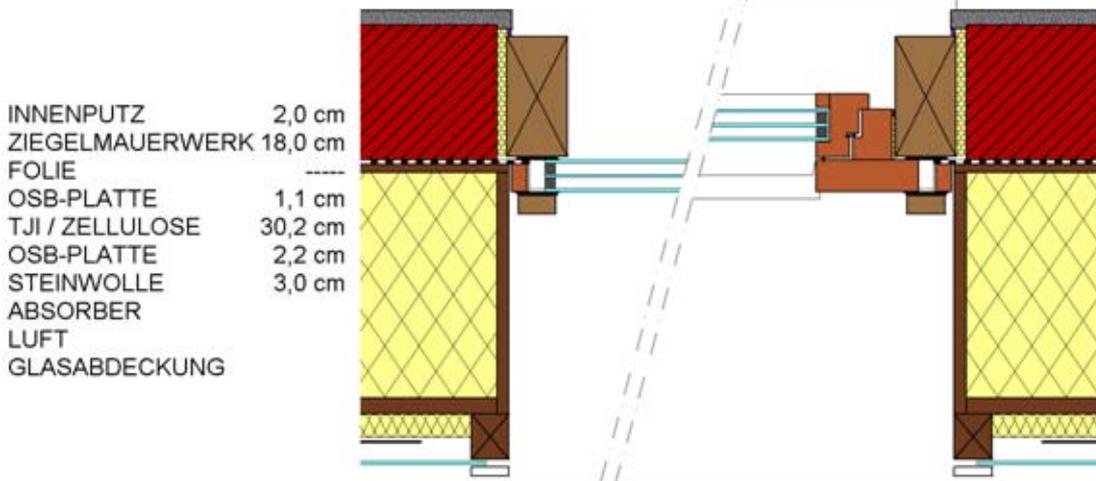
SEITLICHE WOHNUNGEN



INNENPUTZ	2,0 cm
ZIEGELMAUERWERK	18,0 cm
KORKPLATTEN	35,0 cm
AUSSENPUTZ	1,0 cm

MITTLERE WOHNUNG EG

OG



INNENPUTZ	2,0 cm
ZIEGELMAUERWERK	18,0 cm
FOLIE	----
OSB-PLATTE	1,1 cm
TJI / ZELLULOSE	30,2 cm
OSB-PLATTE	2,2 cm
STEINWOLLE	3,0 cm
ABSORBER	
LUFT	
GLASABDECKUNG	



Abbildung 21: Horizontalschnitte Fenster Südfassade

NORDFASSADE HORIZONTAL

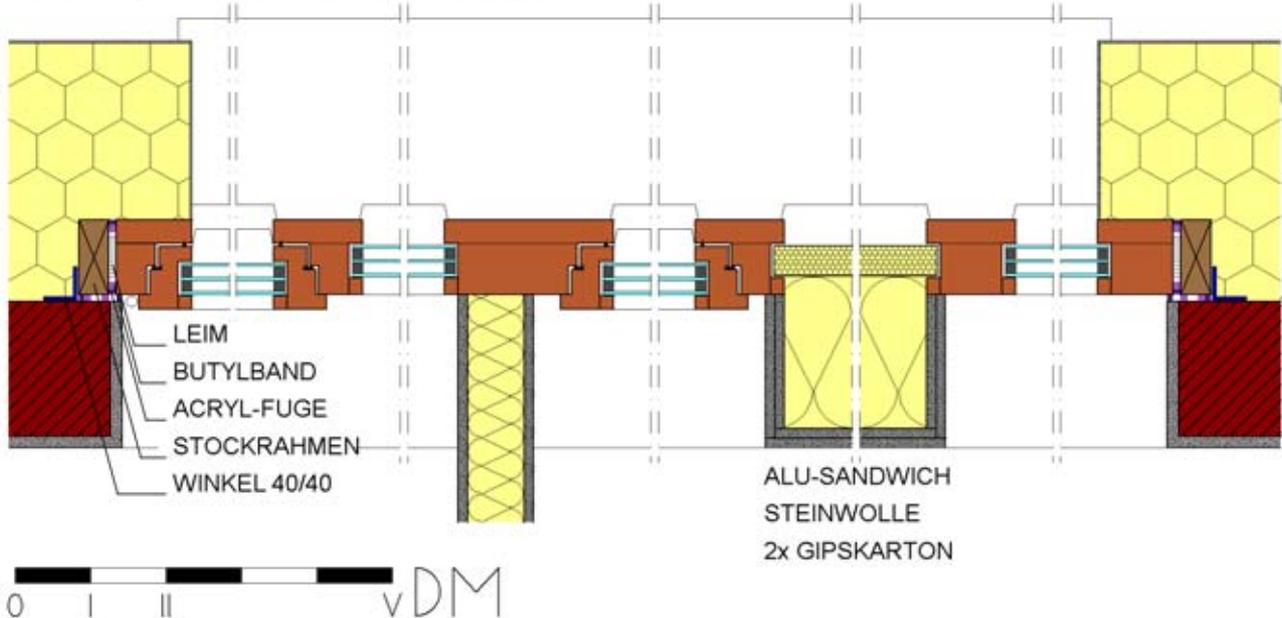


Abbildung 22: Horizontalschnitt Fenster Nordfassade

4 Lüftungskonzept

Das Lüftungskonzept ist dezentral mit gemeinsamer Außenluftansaugung. In einem Betonschicht an der Nordfassade ist der Feinstaubfilter platziert. Von dort aus gelangt die Luft in den Erdreichwärmetauscher.

Die Wärmeerzeugung für die Raumwärme erfolgt in zwei Häusern mittels im Lüftungsgerät integrierter Kleinstwärmepumpe; der Nutzer des dritten Hauses hatte den Wunsch mit Gas zu kochen, weshalb anstatt der Wärmepumpe eine Gastherme installiert wurde. Diese erhitzt den oberen Bereich des Puffers der Solaranlage, um daraus das Nachheizregister im Lüftungsgerät zu versorgen.

Die horizontale Leitungsführung verläuft in der Mitte der 40 cm starken Dämmung des EG-Fußbodens. Auf eine zusätzliche Isolation der Rohrleitungen kann dementsprechend verzichtet werden. Steigleitungen sind in Schlitzen der gemauerten Wände untergebracht.



Abbildung 23: Lüftungsrohre im Fußbodenaufbau des EG

4.1 Zu-, Abluft, Überströmzonen

Die Zuluft wird im Wohn-Essbereich und in den Schlafräumen über Weitwurfdüsen im Wandbereich eingeblasen. Die Abluft wird über Decken-/Wandventile in der Küche, im Bad sowie im Gäste-WC abgesaugt und zum Luft/Luft-Wärmetauscher geführt. Die Überströmung der Luft erfolgt über 5-10 mm hohe Schlitz zwischen Boden und Türblatt.

4.2 Angaben zu den technischen Parametern

4.2.1 Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals

Die Sammelleitungen weisen einen Durchmesser von 160mm auf. Zur Luftverteilung werden sowohl für die Zuluft als auch für die Abluft Wickelfalzrohre mit einem Querschnitt von 80 bis 125 mm verwendet.

4.2.2 Auslegungsluftvolumenströme

Der Auslegungsvolumenstrom für Zu- und Abluft (Stufe 2) beträgt 155 m³/h.

Aufteilung der Zuluftmenge:

Wohn-/Essraum	70 m ³ /h
Schlafzimmer	35 m ³ /h

Zimmer1	25 m ³ /h
Zimmer2	25 m ³ /h

Aufteilung der Abluftmenge:

Küche	55 m ³ /h
Abstellraum	20 m ³ /h
Gäste-WC	20 m ³ /h
Bad	50 m ³ /h
Schrankraum	10 m ³ /h

Die Nennluftmenge (Stufe 2) ist von ca. 07:00 bis 22:00 h aktiv; in der Nacht wird die Luftmenge um ca. 30% reduziert (Stufe 1).

4.2.3 Druckverluste

Die Dimensionierung des Leitungssystems erfolgte nach den bekannten Richtlinien (Luftgeschwindigkeit in der Regel <2 m/s; Druckverlust gerade Leitung ~0,7 Pa/m).

Zuluftstrang		Druckverlust in Pa
Saugseitig	Ansaug-Bogen	15
	Feinstaubfilter	5
	Erdreichwärmetauscher inkl. Anschlüsse	15
Gesamt saugseitig		35
Druckseitig	Verteilleitungen und Schalldämpfer	60
	Ausblasdüsen	10
Gesamt druckseitig		70
Gesamt extern		105

Abluftstrang		Druckverlust in Pa
Saugseitig	Abluftventil	15
	Verteilleitungen und Schalldämpfer	55
Gesamt saugseitig		70
	Fortluftleitung durch Erdreich	10
	Ausblasbogen	15
Gesamt druckseitig		25
Gesamt extern		95

Tabelle 4: Druckverluste in den Zu- und abluftleitungen

4.2.4 Filter

Im Ansaugschacht befindet sich ein Frischluftfilter F6, Fabrikat Camfil. Frischluft- und Abluftfilter im Wärmetauscheraggregat G4. An den Abluftventilen der Küchen sind keine Filter vorhanden.

4.2.5 Zuluftventile

Zum Einsatz kamen Düsen des Fabrikats ABB, Type STH 100 (bis 40 m³/h) und STH 125 (bis 70 m³/h).



Abbildung 24: Zuluftventile - ABB Type STH

4.2.6 Abluftventile

Für die Abluftventile wurde das Fabrikat Kanalfläkt, Type EFF 100 (bis 30 m³/h), bzw. EFF 125 (bis 60 m³/h) gewählt.



Abbildung 25: Abluftventil Type EFF

4.3 Beschreibung des Wärmetauschers

Die Lüftungsgeräte bestehen aus einem Kreuz-Gegenstromwärmer, den Zu- und Abluftventilatoren, zwei integrierten Filtern und einer Regelung zur Einstellung der Volumenströme. Die Geräte sind Produkte der Fa. Drexel Solarlufttechnik in Österreich-Bregenz, Type AEREX WP 160, bzw. HR 160 (jetzt Maico-AEREX, D). Die trockene Rückwärmezahl des Kreuz-Gegenstromplattentauschers beträgt 78%; die Leistungsaufnahme der beiden Gleichstromventilatoren beträgt inklusive Umwandlungsverlusten ca. 60 W.

4.4 Regelmöglichkeiten

Die Mikroprozessorsteuerung sieht folgende Eingriffsmöglichkeiten für den Nutzer vor:

- Programmierung eines Zeitfensters pro Tag, z.B. Luftmengenabsenkung während der Nacht,
- manuelles Aktivieren der erhöhten Lüfterstufe (automatische Rückstellung nach einer Stunde),
- Betriebsarten: Automatikbetrieb; Absenkbetrieb (Stufe 1); Zuluftbetrieb (nur Zuluft – Kühlmöglichkeit); Abluftbetrieb (nur Abluft)

Die Aufforderung zum Filterwechsel im Lüftungsgerät erfolgt nach 3 Betriebsmonaten.

4.5 Beschreibung des Erdreichwärmetauschers

Der Erdreichwärmetauscher (EWT) ist als 40 m langes, PE-Rohr DN 250 für die Häuser 1+2 und als 30 m langes Rohr DN 200 für das Haus 3 ausgeführt. Die Rohre wurden rund um das Haus in einer Tiefe von ca. 1 bis 1,5 Meter in einem Abstand von ca. 0,5m bis 1m vor der Hauskante verlegt. Der Luftansaugstutzen befindet sich an der Nordfassade. Von hier sind die EWT im Gefälle zum Haus verlegt. Der Kondensatablauf befindet sich vom Keller aus zugänglich unter dem Wärmetauscheraggregat.

5 Konzept der Raumwärmeversorgung

Die Verringerung der maximalen Heizlast auf Werte unter 10 W/m^2 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^2 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].

Bei den Häusern 1 und 2 kam die Kleinstwärmepumpe (Type WP 160) mit einer thermischen Nennleistung von 1400 W und einer Stromaufnahme von ca. 400 W zum Einsatz.

Im Haus 3 (Type HR 160) erfolgt die Nachheizung über ein WW-Heizregister in der Zuluft. Die Anlage ist so geregelt, dass die Lufttemperatur am Nachheizregister 55°C nicht übersteigt, um geruchsintensive und gesundheitlich bedenkliche Staubverschmelzung zu vermeiden.

Technische Daten des Lüftungsgerätes (Herstellerangaben):

Abmessungen:	LxBxH=600x600x1420
Kanalmaterial:	Stahlblech verzinkt
Kanalanschlüsse:	Bundkragen DN 160 mit Lippendichtung
Ventilatoren:	Radial-Gleichstromventilatoren, Fabrikat ebm
Leistungsaufnahme (Gesamtgerät):	max. 500 W (WP), bzw. 100 W (HR)
Filterform (Außen- und Abluftfilter):	Flächenfilter
Filterklasse:	G4
Kondensatablauf:	Edelstahl-Kondensatwanne mit integriertem Siphon
Schallemissionen:	Schalldruckpegel in 1m Abstand ca. 35 dB(A) Schalleistungspegel in Zu- und Abluftstutzen ca. 40 dB(A)

5.1 Heizwärmeverteilung

Die Beheizung der Reihenhäuser in Hörbranz erfolgt ausschließlich über die Zuluft mit Ausnahme des Bades in Haus 2, wo aus Komfortgründen eine Fußbodenheizung aus dem Pufferspeicher der Solaranlage versorgt wird. In den Häusern 1 und 3 ist ein elektrisch betriebener Handtuchheizkörper montiert.

Die Wärmeverteilung erfolgt über das Lüftungssystem. Die Zuluftrohre werden vom MAICO-AEREX-Gerät im Fußbodenaufbau zu den Luftauslässen in den Wänden geführt.

5.2 Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung

Die Wärmeversorgung für die Heizung erfolgt in den Häusern 1 + 2 durch eine Wärmepumpe, im Haus 3 durch eine Gastherme.

Alle drei Reihenhäuser verfügen zusätzlich über eine große Solaranlage für die Warmwasserbereitung. Das Warmwasser wird in allen Häusern hauptsächlich durch diese Solaranlage erzeugt. Der restliche Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung der Häuser 1 + 2 wird durch Nachtstrom abgedeckt, im Haus 3 durch die Gastherme.

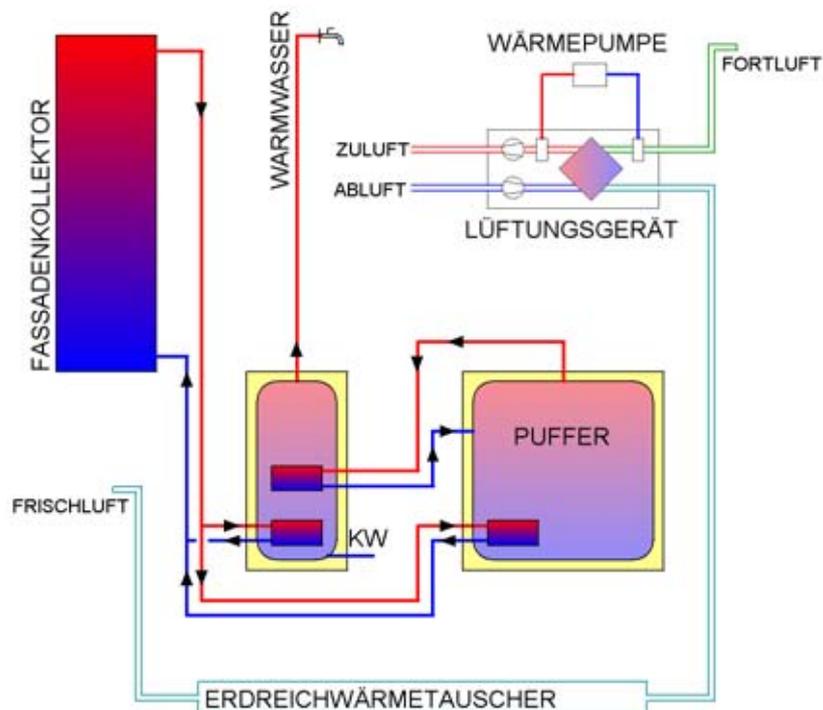


Abbildung 26: Schemazeichnung der Haustechnik mit Wärmepumpe

6 Konzept der Warmwasserversorgung

6.1 Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung

Die Warmwasserbereitung erfolgt hauptsächlich durch die Solaranlage. Das solar erzeugte Warmwasser versorgt den Solarspeicher oder den Pufferspeicher.

Der Pufferspeicher besteht aus drei parallel geschalteten Pufferspeicher. Jeder der Pufferspeicher aus Eisen ist 850 Liter groß. Insgesamt stehen somit rund 2.500 Liter Pufferspeicher zur Verfügung. Die Pufferspeicher sind in einem Brettverschluss aufgestellt und mit Zellulose rundum gedämmt. An der dünnsten Stelle ist die Wärmedämmung 25 cm dick.

Der Solarspeicher ist neben dem Pufferspeicher aufgestellt und nicht in den Holzverschlag integriert. Er ist 500 Liter groß und hat zwei innenliegende Glattrohrwärmetauscher. Der untere Wärmetauscher ist an die Solaranlage angeschlossen, der in der Mitte befindliche zweite Wärmetauscher ist an den Pufferspeicher angeschlossen. Die Wärmedämmung ist werkseitig geliefert. Sie ist aus 5cm dickem FCKW-freien Hartschaum. Die Wärmedämmung ist zu dünn und entspricht nicht den Empfehlungen für energieeffiziente Passivhäuser.

Insgesamt sind für diese Kombinationsanlage 4 dreistufig geregelte Umwälzpumpen eingesetzt. Zusätzlich befindet sich im Haus 3 eine Umwälzpumpe in der Gastherme. Die Ventile und Pumpen sind – wie allgemein leider üblich - nicht gedämmt, wodurch die Effizienz der Solaranlage gemindert wird.

6.2 Auslegungsdaten

4 Personen pro Haushalt mit einem Warmwasserbedarf von 50 Liter pro Tag bei 45°C Entnahmetemperatur.

6.3 Beschreibung der Solaranlage

Die Solaranlage besteht aus einem Vollkupfer-Absorber mit „Black crystal“ Beschichtung und ist ein Produkt der Fa. Rosskopf. Die Kollektoren sind in die hochwärmedämmte Fassadenkonstruktion integriert. Die Verglasung wurde in Zusammenhang mit der Fassade durchgeführt. (siehe Detailpläne)

In der Fassade wurden insgesamt rund 49 m² in die Fassade integriert. Die Aufteilung der Solaranlage erfolgte für die drei Wohneinheiten in drei exakt gleich große Teile.

Die Steuerung der Solaranlage und der Heizung ist ein Produkt der Fa. WMA-Madlener in Thüringen-Vorarlberg.

6.4 Besonderheiten

Die im Haus 3 eingebaute Gastherme wurde hydraulisch mit dem Pufferspeicher verkoppelt. Der Vorlauf und Rücklauf der Gastherme sind im obersten Bereich des großen Pufferspeichers eingebaut, damit die Laufzeit der Gastherme länger und die Effizienz damit höher wird.

Der Pufferspeicher versorgt einerseits den Wärmetauscher der Lüftungsgeräte und andererseits bei Bedarf und Möglichkeit den Solarspeicher mit Wärme. Dazu wurde der Vorlauf aus dem obersten Bereich des Pufferspeichers geführt, der Rücklauf erfolgte im untersten Bereich des Pufferspeichers. Dieses Konzept hatte eine hohe Durchmischung des Pufferspeichers zur Folge, weil die Temperatur des Rücklaufs aus dem Wärmetauscher im Lüftungsgerät relativ hoch war. In der Folge waren die Zirkulations- und Pufferspeicherverluste und damit der Gasverbrauch sehr hoch. Nach der ersten Heizperiode wurde der Pufferspeicher umgebaut und der Rücklauf in den oberen Bereich verlegt.

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.

In Hörbranz hat nur ein geringer Teil der Kühl- und Tiefkühlgeräte die Effizienzklasse A. In einem Fall wollten die Bewohner ein Kühlgerät mit einer Schubladenöffnung. Dieser Gerätetyp war z.B. nur in Effizienzklasse B erhältlich. In einem anderen Fall scheiterte die Anschaffung der Energieeffizienzklasse A an der gewünschten Einbaugröße, die nur in einer schlechteren Energieeffizienzklasse lieferbar war.

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 ÖNORM181-1) 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 Angabe auf die einheitlich ermittelte Energiebezugsfläche (TFA) bezogen.

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

CEPHEUS		5: Hörbranz Austria	CEPHEUS gesamt
Anzahl der Wohneinheiten (WE)		3	223
Energiebezugsfläche (TFA)	[m ²]	381	19.674
TFA / WE	[m ²]	127	88
Bauwerkskosten (inkl. Kosten f. Energieeffizienz + ern. Energie)	[€]	526.531	20.210.704
	%	100%	100%
Bauwerkskosten / m ²	[€/m ²]	1.381	1.184
Bauwerkskosten / WE	[€/WE]	175.510	110.441
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.) und erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	66.205	1.908.352
	%	13%	9%
Investitionskosten. f. Energieeffizienz u. ern. Energie / m ²	[€/m ²]	174	97
Investitionskosten. f. Energieeffizienz u. ern. Energie / WE	[€/WE]	22.068	8.558
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.)	[€]	61.856	1.715.705
	%	12%	8%
Investitionskosten. f. Energieeffizienz / m ²	[€/m ²]	162	87
Investitionskosten. f. Energieeffizienz / WE	[€/WE]	20.619	7.694
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	4.348	196.996
	%	1%	1%
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / m ²	[€/m ²]	11	10
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / WE	[€/WE]	1.449	883

Tabelle 5: Kostenzusammenstellung

Die angeführten Kosten basieren auf Angaben des Architekten. Diese Angaben bestehen aus einer kompletten positionsweisen Abrechnung und einer fiktiven Abrechnung eines Energiesparhauses.

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

Das Projekt Hörbranz liegt bei allen Kostenvergleichen etwas über dem Durchschnitt der CEPHEUS – Projekte. Der Grund dafür liegt im hohen Niveau der Basisausstattung, wie zum Beispiel den großen Solarkollektorflächen oder den großen Speichervolumina.

Die „Investitionskosten für Energieeffizienz und erneuerbare Energie“ sind im wesentlichen, wie beim Passivhaus noch üblich, bei der Dämmung, der Lüftungsanlage, den Fenstern und Türen sowie den Solarkollektoren entstanden.

9 Baubeschreibung

9.1 Zeitliche Daten

Planungsbeginn: Frühjahr 1998
 Spatenstich: Sommer 1998
 Bezug: Sommer 1999

9.2 Beteiligte und Organisation des Bauablaufs

Architekt:	Bmst. Richard Caldonazzi
Heizung, Sanitärplanung:	CALDO BAU Ges.m.b.H.
Elektroplanung:	CALDO BAU Ges.m.b.H.
Lüftungsplanung:	Ing. Christof Drexel, Bregenz
Bauphysik:	Dr. Lothar Künz, Hard

9.3 Baudurchführung im Detail

Baumeister:	I+R Schertler, Lauterach
Verputzarbeiten:	Fa. Preite, Bürs
Holzbau:	Fa. Berchtel, Schnifis
Fenster:	Fa. Stuchly, Thüringen
Glaserarbeiten:	Fa. MGT, Feldkirch
Trockenbauer:	Fa. Reu-Plan, Hard
Elektroinstallation:	Fa. Rützler, Thüringen
Heizung, Sanitär:	Fa. Salzgeber (Keckeis), Frastanz
Solaranlage:	Fa. Rosskopf, Frastanz
Montage:	Fa. Benauer, Thüringen

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

- Vor Baubeginn wurde ein gemeinsames Gespräch mit allen Handwerkern über die Funktion des Passivhauses geführt und die Wichtigkeit bauhandwerklich guter Durchführung. Dieses Vorbereitungstreffen hat sich sehr bewährt.
- Bei der Durchführung des n50-Drucktests wurden sämtliche relevanten ausführenden Firmen eingeladen. Dadurch konnte die Wichtigkeit der für die Luftdichtheit geforderten bauhandwerklichen Ausführungen demonstriert werden. Bei den weiteren Passivhausprojekten waren dadurch viele Bedenken und Widerstände dieser ausführenden Handwerker ausgeräumt.
- Die Durchdringungen von luftdichten Folien gestaltete sich mühsam. Für die folgenden Passivhausprojekte wurden daher vorgefertigte Lösungen entwickelt.
- Bei den vorgefertigten Holzleichtbauteile der Dächer gab es weder Transport- noch Montageprobleme durch entsprechende Informationen der und Vereinbarungen mit den Lieferanten.
- Von den eingebauten 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen haben 2 Stück in der mittleren Scheibe im Eck diagonal verlaufende Risse. Die Ursachen sind noch unklar.
- Die Pufferspeicher wurden aus Erfahrung beim Passivhaus Hörbranz-Herrenmühle bei den Folgeprojekten bereits im Werk als Gesamt-Modul in einem Teil vorgefertigt und so auf die Baustelle geliefert, damit vom Installateur lediglich die Hausleitungen angeschlossen werden müssen.

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 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/m²a
- 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 Hörbranz wurden der spezifische Heizwärmebedarf und die maximale Heizlast für jede Wohnung einzeln und für das Gesamtgebäude berechnet, Nachweisgröße ist der Bedarf des Gesamtgebäudes.

Projektspezifische Eingabedaten und wichtige Annahmen für die PHPP-Berechnungen:

- Energiebezugsfläche 381,3 m²
- Außentemperaturen: regionale Klimadaten mit 79 kWh/a
- Solarstrahlung langjährige Mittelwerte für Egg
- Luftdichtheit: tatsächlicher n₅₀-Wert von 0,45 LW/h (Mittelwert der Messungen aller 3 Wohneinheiten)
- Wärmebereitstellungsgrad WRG: 75%
- Wärmebereitstellungsgrad EWT: 33%
- Mittlerer Luftwechsel: projektspezifisch ermittelt zu 494,0 m³/h, entsprechend 0,52 LW/h

Ergebnisse Gesamtgebäude:

Der berechnete spezifische Heizwärmebedarf liegt bei 13,8 kWh/(m²a), die maximale Heizlast im Mittel des Hauses bei 11,0 W/m². Es sind keine Heizwärmebeiträge aus der Solaranlage berücksichtigt (Haus 2 – Fußbodenheizung im Bad).

Folgende Abbildung zeigt das PHPP-Berechnungsblatt zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs.

Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Deutschland		Gebäudetyp/Nutzung:	Reihenhaus - gesamt	
Objekt:	RH Hörbranz-Herrenmühle		Energiebezugsfläche A_{EB} :	381,3 m ²	
Standort:	Herrenmühle		Standard-Personenbelegung:	9 Pers pro m ² Energiebezugsfläche	

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor ξ	G_L kWh/a	=	kWh/a	
1. Außenwand	354,3	0,104	1,0	79	=	2911	
2. Dach	254,3	0,092	1,0	79	=	1848	
3. Fußboden zu Keller	252,0	0,106	0,5	79	=	1058	
4. Rollos Südfassade	7,5	0,150	1,0	79	=	89	
5. Eingangstüren	9,4	1,000	1,0	79	=	742	
6.					=		
7.					=		
8. Fenster	92,2	0,834	1,0	79	=	6072	
Transmissionswärmeverluste Q_T						Summe	12720
							33,4

Luftungsanlage:		wirksames Luftvolumen V_L		A_{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
				381,3	2,50	=	953
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers	η_{wmc}	75%					
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	η_{wmt}	33%					
energetisch wirksamer Luftwechsel n_L		$n_{L,wmc}$ 1/h	Φ_{wmc}	$n_{L,wmt}$ 1/h			
		0,518	(1 - 0,83)	+ 0,034	= 0,121		
Lüftungswärmeverluste Q_L		V_L m ³	n_L 1/h	C_{Luft} kWh/(m ³ K)	G_L kWh/a	=	kWh/a
		953	0,121	0,33	79	=	3013
							7,9

Summe Wärmeverluste Q_V		Q_T kWh/a	Q_L kWh/a	Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendabsenkung	=	kWh/a	
		12720	3013	1,0	=	15732	
							41,3

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a	
1. Ost	0,44	0,47	5,7	214	=	257	
2. Süd	0,55	0,47	65,0	347	=	5857	
3. West	0,55	0,47	5,8	185	=	278	
4. Nord	0,39	0,47	15,7	142	=	408	
5. Horizontal	0,45		0,0	350	=		
Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S						Summe	6800
							17,8

Interne Wärmequellen Q_I		sh/d	Länge Heizzeit d/a	spezif. Leistung q_i W/m ²	A_{EB} m ²	=	kWh/a
		0,024	225	2,1	381,3	=	4324
							11,3
Freie Wärme Q_F		$Q_S + Q_I$				=	11123
							29,2
Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten		Q_F / Q_V				=	0,707
Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G		$(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_T / Q_V)^5)$				=	0,941
Wärmegewinne Q_G		$\eta_G \cdot Q_F$				=	10465
							27,4
Heizwärmebedarf Q_H		$Q_V - Q_G$				=	5267
							13,8

Abbildung 27: PHPP-Berechnungsblatt „Heizwärme“

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 ψ 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].

Für das Passivhaus Hörbranz-Herrenmühle wurden von Bmst. R. Caldonazzi bereits für das erste österreichische Passivhaus in Frastanz entwickelte Holzfenster eingesetzt. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass die Dämmung der Außenwand bis in die Ebene des Glasfalzes fortgesetzt werden kann. Von außen ist dadurch kein Fensterrahmen mehr sichtbar, die Wärmebrücke des Fensterrahmens ist dadurch deutlich reduziert.

Durch das Passivhausinstitut Dr. Wolfgang Feist wurde diese Konstruktion hinsichtlich der Wärmebrücken berechnet und ein Vorschlag eines verbesserten Einbaus gemacht, so dass die Fensterkonstruktion die Passivhausanforderungen erfüllt.

Auf weitere detaillierte Wärmebrückenberechnungen wurde verzichtet, weil

- bereits im ersten Passivhaus von Bmst. Caldonazzi zahlreiche Details für wärmebrückenfreies Bauen entwickelt wurden,
- die Regeldetails aus den Erfahrungen des ersten Passivhauses verbessert wurden,
- sämtlich Anschlussdetails den Regeln des wärmebrückenfreien Bauens entsprechend geplant wurden,
- die konstruktiven Details vom Bauphysiker Dr. Lothar Künz überprüft wurden.

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 $\leq 0,6h^{-1}$.

Nach Fertigstellung des erweiterten Rohbaus wurde die Luftdichtheit des Gebäudes am 15.04.1999 durch Drucktests in allen 3 Wohneinheiten überprüft.

Das n_{50} Messgerät wurde jeweils in eine Terrassentür im Erdgeschoss eingebaut. Die Zu- und Abluftöffnungen sowie sämtliche Elektro- und Sanitäröffnungen befanden sich zum Zeitpunkt der Messung noch nicht im Gebrauchszustand und mussten abgeklebt werden.

Die Leckagen wurden mit Hilfe eines Thermoanemometers lokalisiert und vor Ort markiert bzw. größtenteils direkt behoben.

Die Messergebnisse in den einzelnen Wohneinheiten lagen bei:

Haus 1:	0,40 1/h
Haus 2:	0,48 1/h
Haus 3:	0,46 1/h

Die genauen Messprotokolle finden sich in [Illwerke].

10.4 Ergebnisse der Thermografien

Die Ausführungsqualität der Gebäudehülle der CEPHEUS-Projekte wurde durch Infrarotthermographische Aufnahmen gemäß ÖNORM EN 13187 überprüft [Künz7].

Die Ausführungsqualität der Gebäudehülle des Projekts in Hörbranz wurde sowohl durch thermographische Außen- als auch Innenaufnahmen kontrolliert.

Die Aufnahmen bestätigen die sehr gute Ausführungsqualität des Gebäudes.

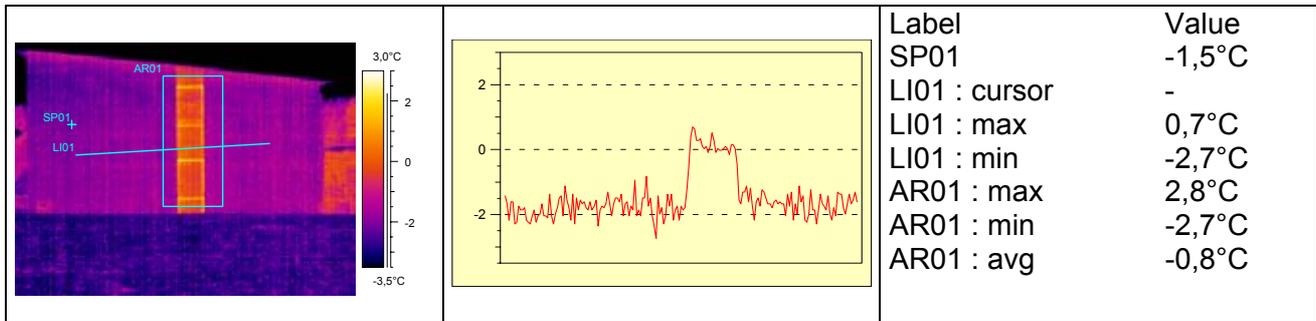


Abbildung 28: Außenaufnahme, Ostfassade

Sichtbar ist eine gleichmäßig kalte (-1,5°C) Oberfläche der geputzten Außenwand. Die Fensterglastemperatur ist knapp über 0°C. Die wärmste gemessene Temperatur im Fensterbereich ist im Glasrand mit +2,8°C gemessen.

Einige Schwachstellen finden sich u.a. an den folgenden Punkten:

Fenster:

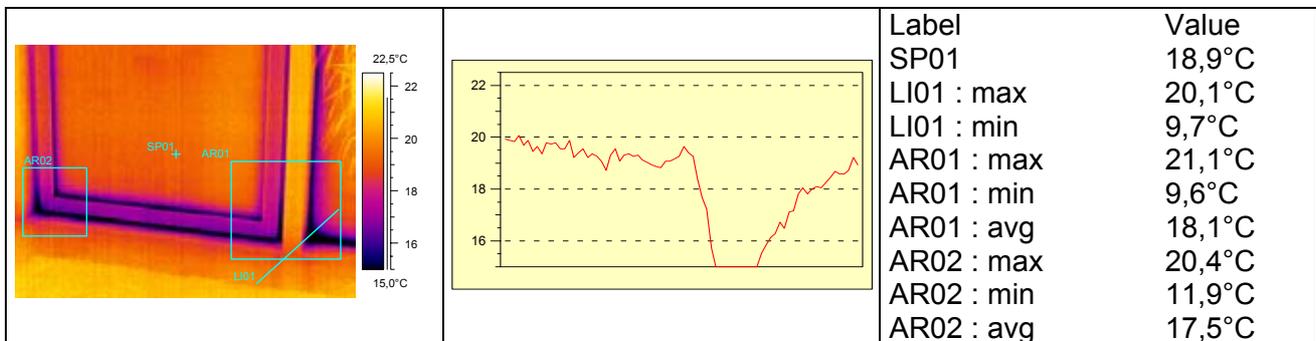


Abbildung 29: Innenaufnahme, Fenster Südfassade

Hier ist eine ausgeprägte Wärmebrücke im unteren Eckbereich der Fixverglasung zu sehen, Ursache ist die nicht versiegelte senkrechte Fuge zwischen Glas und Balken bei der Fixverglasung.

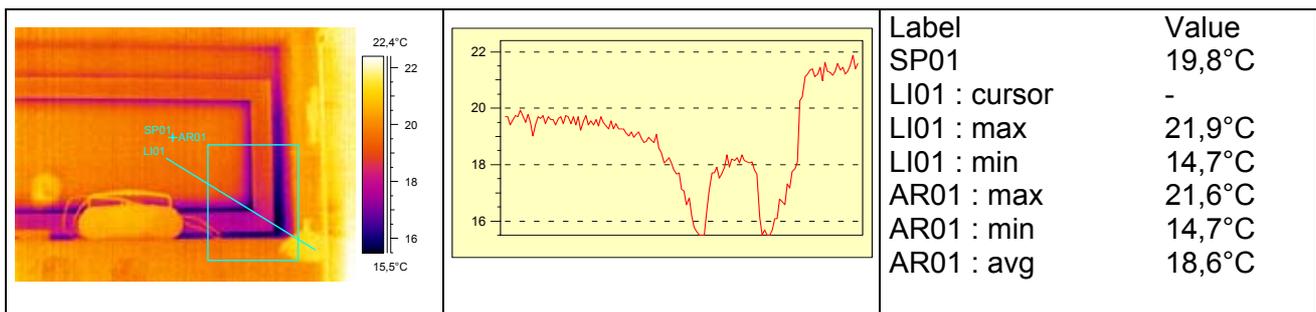


Abbildung 30: Innenaufnahme, Badezimmer-Fenster, Nordfassade, Obergeschoss:

Der Fensterflügel im rechten unteren Eck schließt nicht luftdicht.

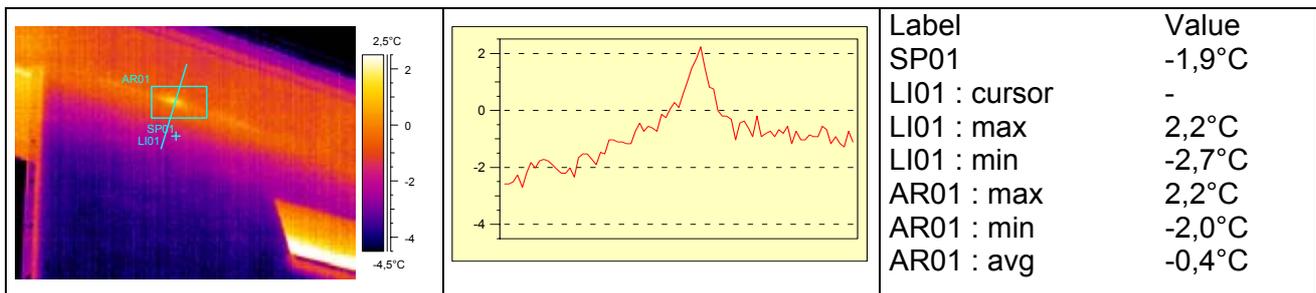


Abbildung 31: Außenaufnahme, Nordfassade Dachuntersicht

Am Übergang Dach/Außenwand ist eine Leckage. Warmfeuchte Luft kann nach außen gelangen. Ein feuchter Fleck hat sich zum Zeitpunkt der messtechnischen Untersuchung bereits gebildet.

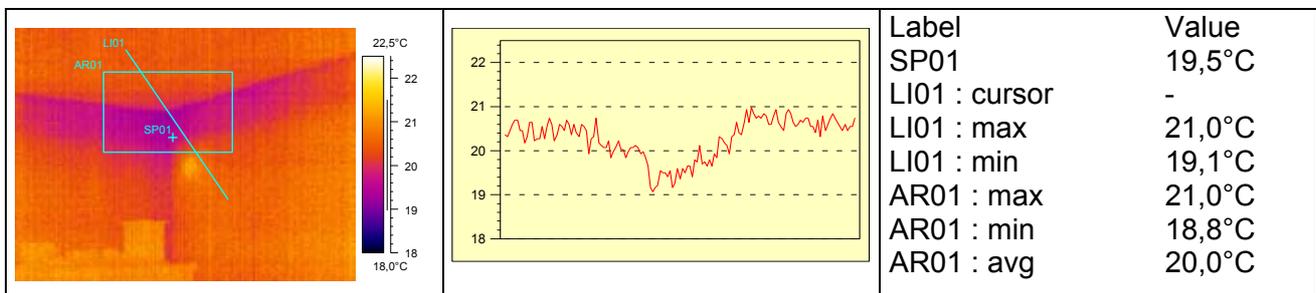


Abbildung 32: Innenaufnahme, Obergeschoss, Gebäudeecke Nordost. Auf der Innenseite ist ein Temperaturabfall auf 19°C erkennbar. Bauphysikalisch unbedenklich.

11 Angaben zu Erwerberr/Bauherren bzw. Mietern

Die Errichter sind drei Familien mit je 2 Kindern. Die Reihenhäuser wurden als Eigenheime errichtet.

11.1 Durchgeführte Einweisungen

Außer den regulären Einweisungen in die Handhabung der Bediengeräte und Raumthermostate wurden bewusst keine Anweisungen über „Wohnen im Passivhaus“ vorgenommen. Über die Vorteile des Passivhaus wurde im Rahmen der Planung mit den Errichtern ausführlich gesprochen und entsprechende Unterlagen zur Verfügung gestellt.

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)
- 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].

12.1 Energieverbrauch

Nutzwärmeverbrauch Heizung

Der gemessene Nutzwärmeverbrauch für die Gebäudebeheizung während der Messperiode (Okt-Mar) beträgt bei der gemessenen mittleren Raumlufttemperatur von 23,1°C 11,9 kWh/m².

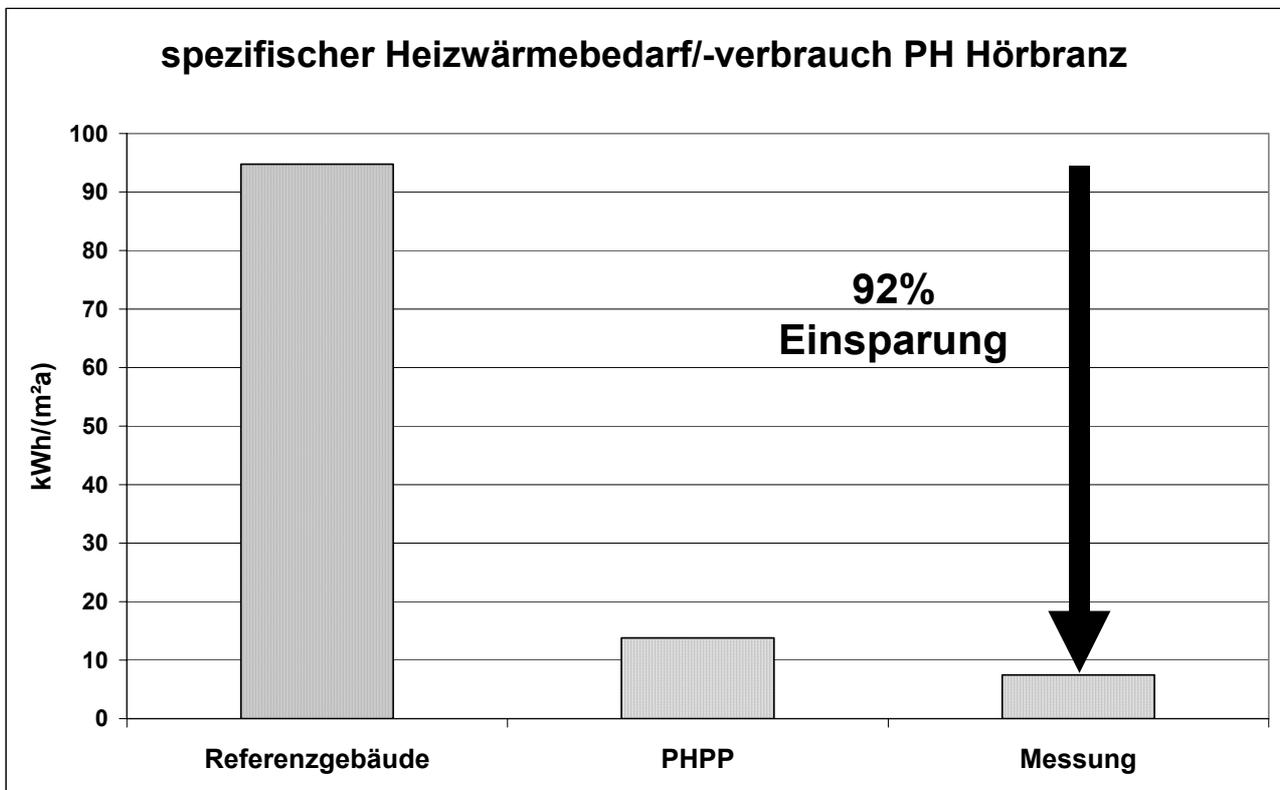


Abbildung 33: Jahresheizwärmeverbrauch berechnet und gemessen im Vergleich zu einem herkömmlichen Gebäude

Der gemessene, jedoch standardisierte Jahresheizwärmeverbrauch bei Innenlufttemperaturen von 20°C liegt bei 7,5 kWh/(m²a) und damit in der Größenordnung des Berechnungsergebnisses von 13,8 kWh/(m²a). Die Einsparung gegenüber identischen Gebäuden nach Bautechnikverordnung beträgt 92%.

Nutzwärmeverbrauch Warmwasser

Der aus den Messwerten ermittelte, auf das gesamte Jahr hochgerechnete Nutzwärmeverbrauch für Warmwasser beträgt 16,0 kWh/(m²a). Der auf die Personenzahl (12 Bewohner) bezogene Verbrauch liegt bei 510 kWh/Person und Jahr. Die gemessene Warmwasserverbrauchs-Menge liegt bei knapp 28 Litern pro Person und Tag.

Endenergieverbrauch Heizung

Der gemessene Endenergieverbrauch für die Gebäudebeheizung während der Messperiode beträgt 5,9 kWh/m², der rechnerisch ermittelte Wert für das gesamte Jahr beträgt (ohne Korrektur der mittleren Innenraumtemperatur) 8,7 kWh/(m²a).

Endenergieverbrauch Warmwasser

Der gemessene Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung während der Messperiode beträgt 7,8 kWh/m². Der von der Messperiode auf das gesamte Jahr hochgerechnete Verbrauch beträgt 11,0 kWh/m²a. Wegen der pauschalen Annahmen bezüglich des solaren Wärmeertrages kann dieser Wert nur eine erste, überschlägige Abschätzung sein.

Endenergieverbrauch Strom

Der während des Erfassungszeitraums gemessene Stromverbrauch für alle Anwendungen beträgt 16,3 kWh/m². Die durchschnittliche Leistungsaufnahme pro Wärmetauscheraggregat beträgt etwa 46 W.

Der hochgerechnete Jahresstromverbrauch beträgt 30,6 kWh/(m²a).

Primärenergieverbräuche

Der aus den Messwerten ermittelte, auf das gesamte Jahr hochgerechnete Primärenergiekennwert für Heizung, Warmwasser und alle Stromanwendungen beträgt 109,1 kWh/(m²a). Der Passivhaus-Grenzwert von 120 kWh/(m²a) wird damit um 10% unterschritten. Gegenüber architektonisch identischen Neubauten nach Bautechnikverordnung beträgt die Einsparung 51%.

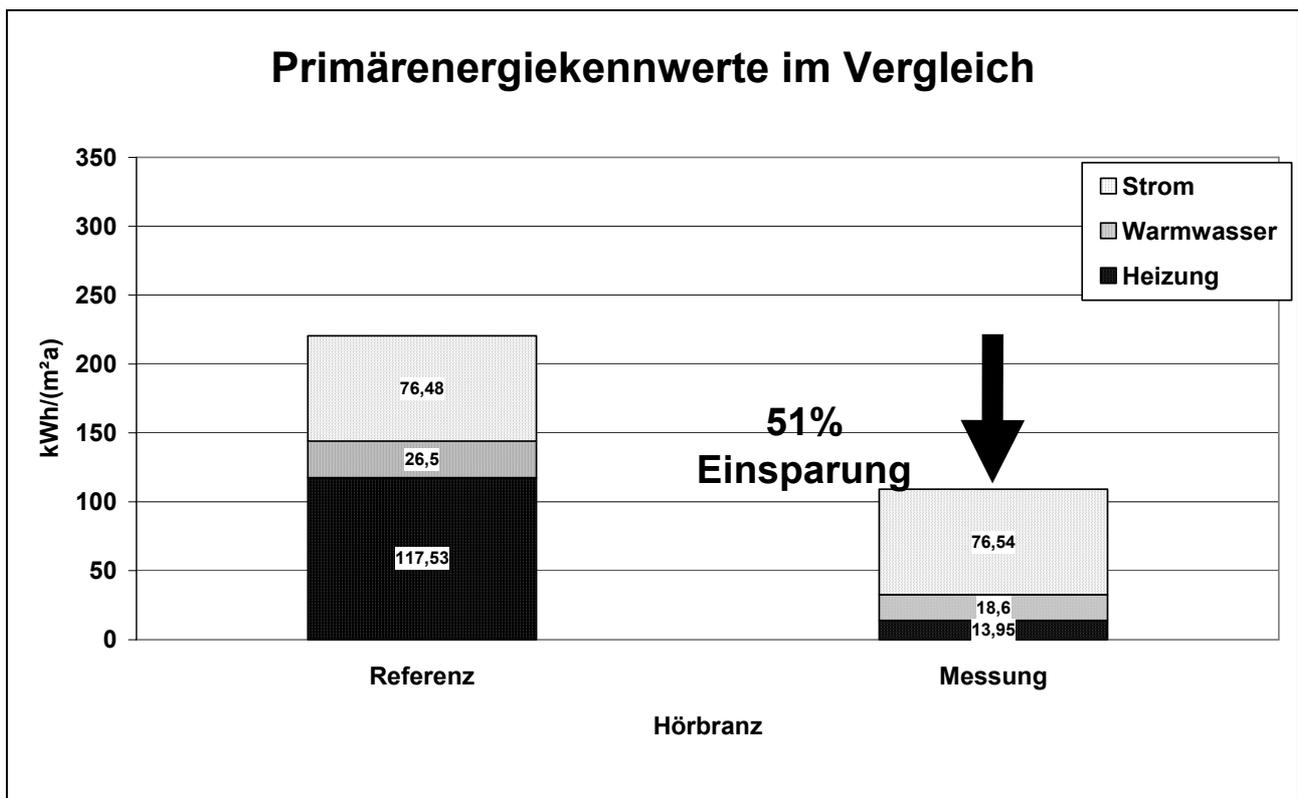


Abbildung 34: Primärenergie nach Bautechnikverordnung und Messwert

12.2 Thermischer Komfort

Mittlere Raumlufthtemperatur

Die mittlere Raumlufthtemperatur in den Wohnzimmern aller Wohnungen betrug in der Periode von November 2000 bis März 2001 23,1°C. Auch am kältesten Tag lag die mittlere Raumtemperatur mit 22,40°C deutlich über der Rechenannahme von 20°C, die Mitteltemperatur am wärmsten Tag (Nov-Mar) lag bei 23,84°. Abbildung 35 zeigt den Verlauf der mittleren Raumlufthtemperaturen in den Wohnzimmern (24h-Mittelwerte) während der Messperiode vom 1.10.2000 bis zum 31.3.2001

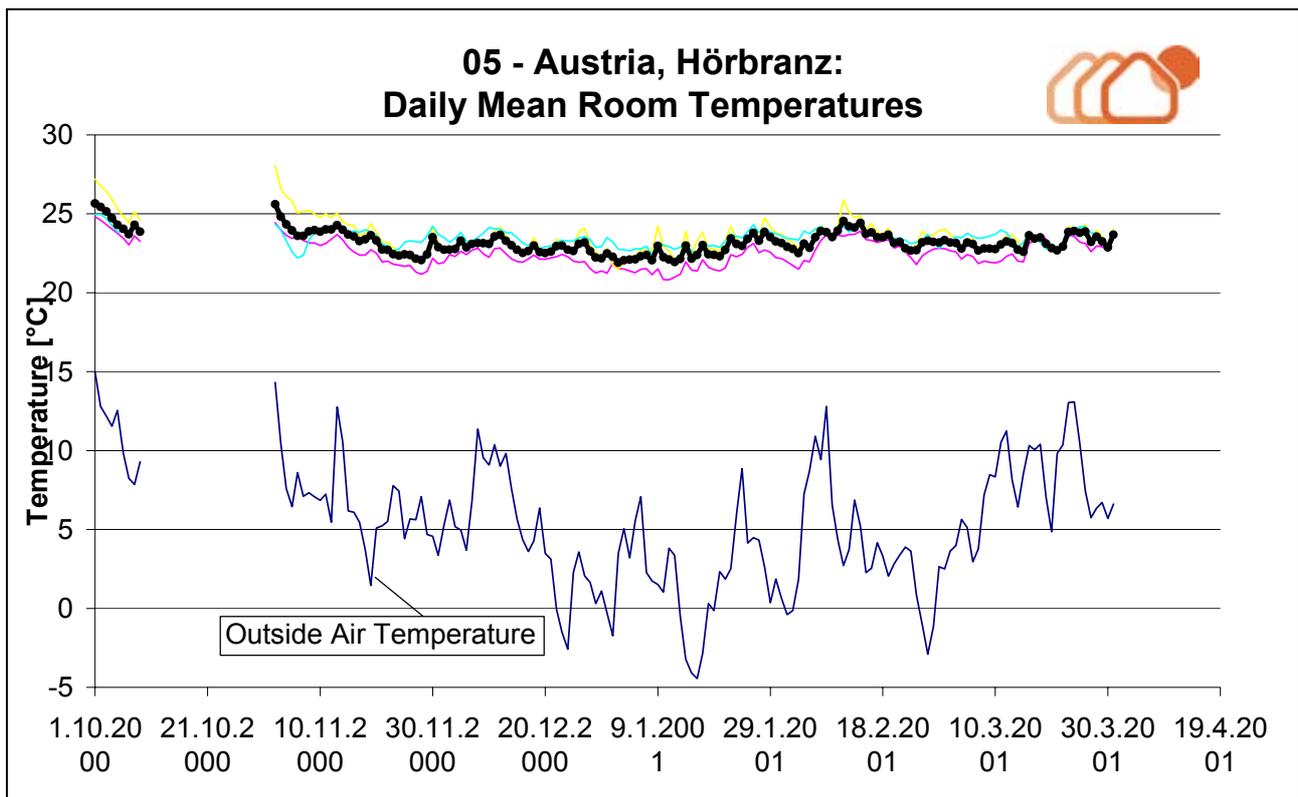


Abbildung 35: Tagesmittelwerte der Raumlufthtemperaturen

Wie die Abbildung zeigt, liegen die Raumlufthtemperaturen aller Wohnungen während der gesamten Messperiode in einem Bereich deutlich über 20°C. Eine Abhängigkeit der Raumlufthtemperaturen von der Außenlufttemperatur ist nicht erkennbar.

Typische strahlungsarme Winterwoche

Abbildung 36 zeigt den Temperaturverlauf im Erdgeschoss aller Wohnzimmer am Beispiel einer typischen wolkgigen Winterwoche. Wie die Abbildung zeigt, ist der Einfluss der Solarstrahlung auf die Raumlufttemperaturen nicht merkbar.

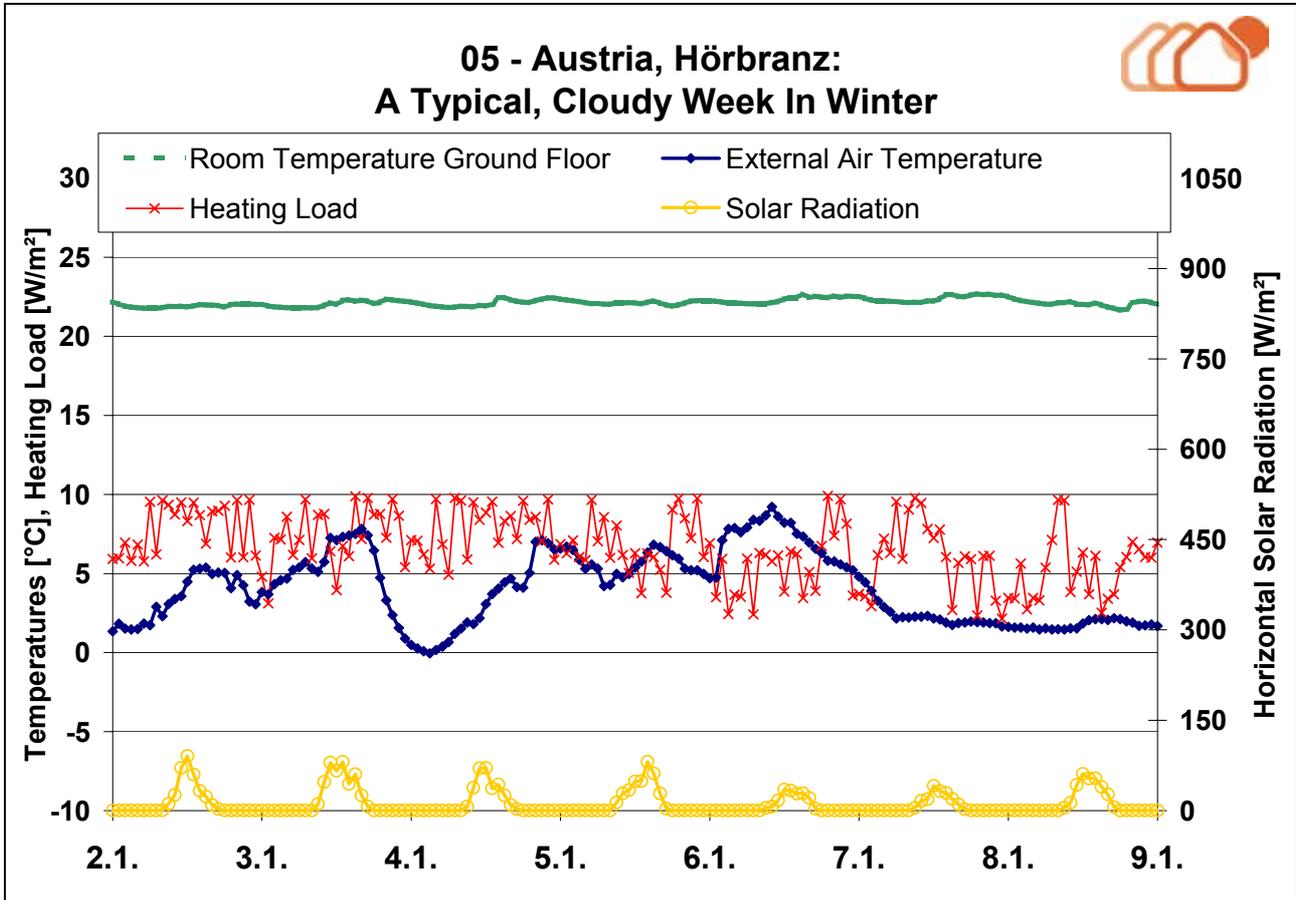


Abbildung 36: Typische strahlungsarme Winterwoche

Typische kalte und strahlungsreiche Winterwoche

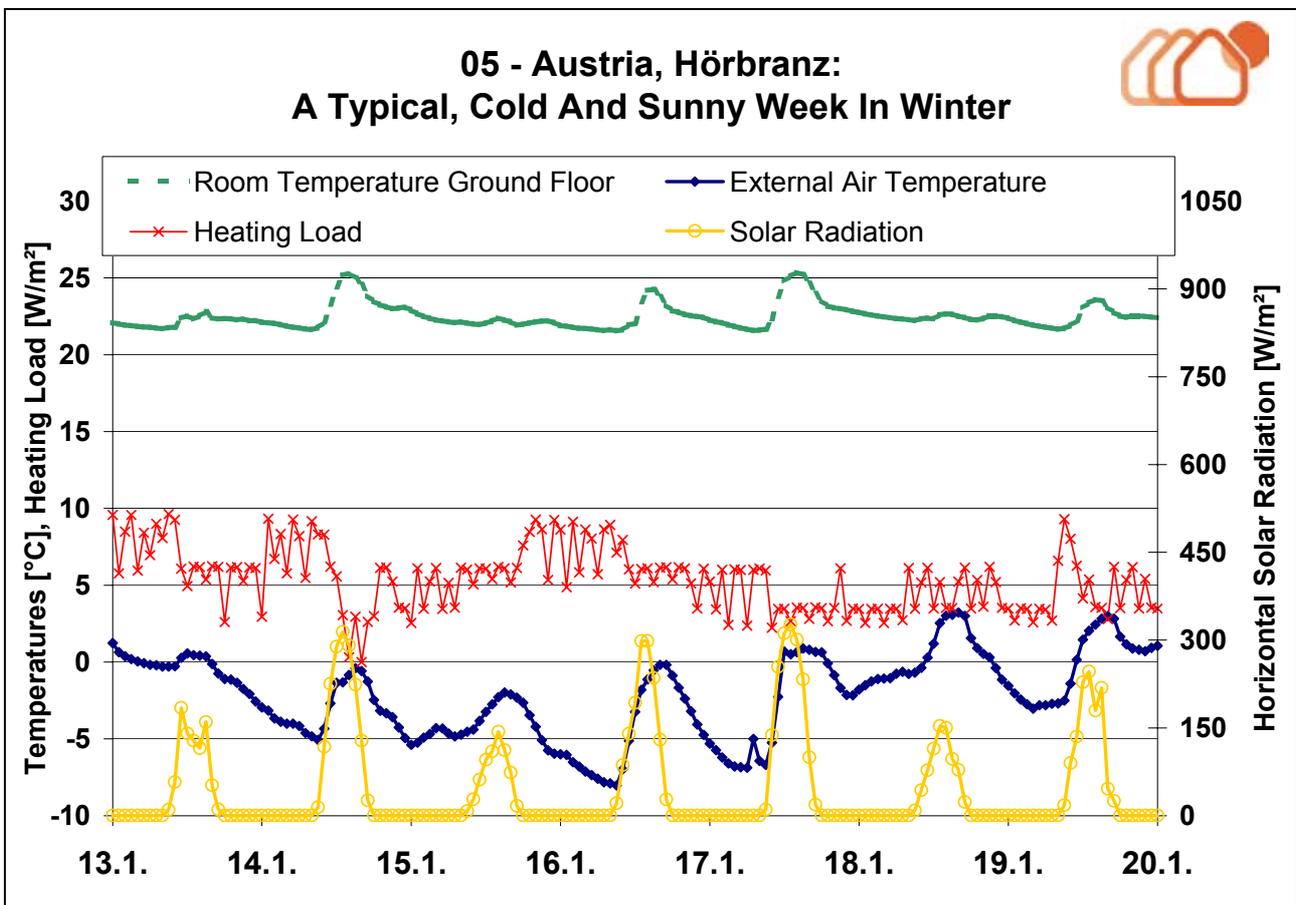


Abbildung 37: Typische kalte und strahlungsreiche Winterwoche

Auch während der sonnigen, kalten Winterwoche steigen die Raumlufttemperaturen infolge der Solarstrahlung nur um etwa 2 bis 3K an. Da die Fensterflächenanteile nicht überdurchschnittlich hoch sind (Verhältnis Fensterfläche zu WNF: 24%, Durchschnittswert der österreichischen CEPHEUS-Projekte: 27%) und das Gebäude als Massivbau über genügend Speichermassen verfügt, gibt es im Winter keine Überhitzungsneigung.

Sommerwoche

Der in diesem Bericht dargestellte Messzeitraum reicht von 1.10.2000 bis 31.3.2001. Eine Weiterführung des Messprogramms ist beabsichtigt, etwaige Messergebnisse für die Sommerperiode können daher erst in Folgeberichten präsentiert werden.

Raumluftfeuchten

Abbildung 38 zeigt den Verlauf der rel. Raumluftfeuchte für die Wohnung mit der geringsten und der höchsten Feuchtigkeit sowie den Mittelwert aller 3 Wohnungen während der Messperiode von Anfang Oktober bis Ende März. Dargestellt ist auch der jeweilige Verlauf der Innenraumtemperaturen.

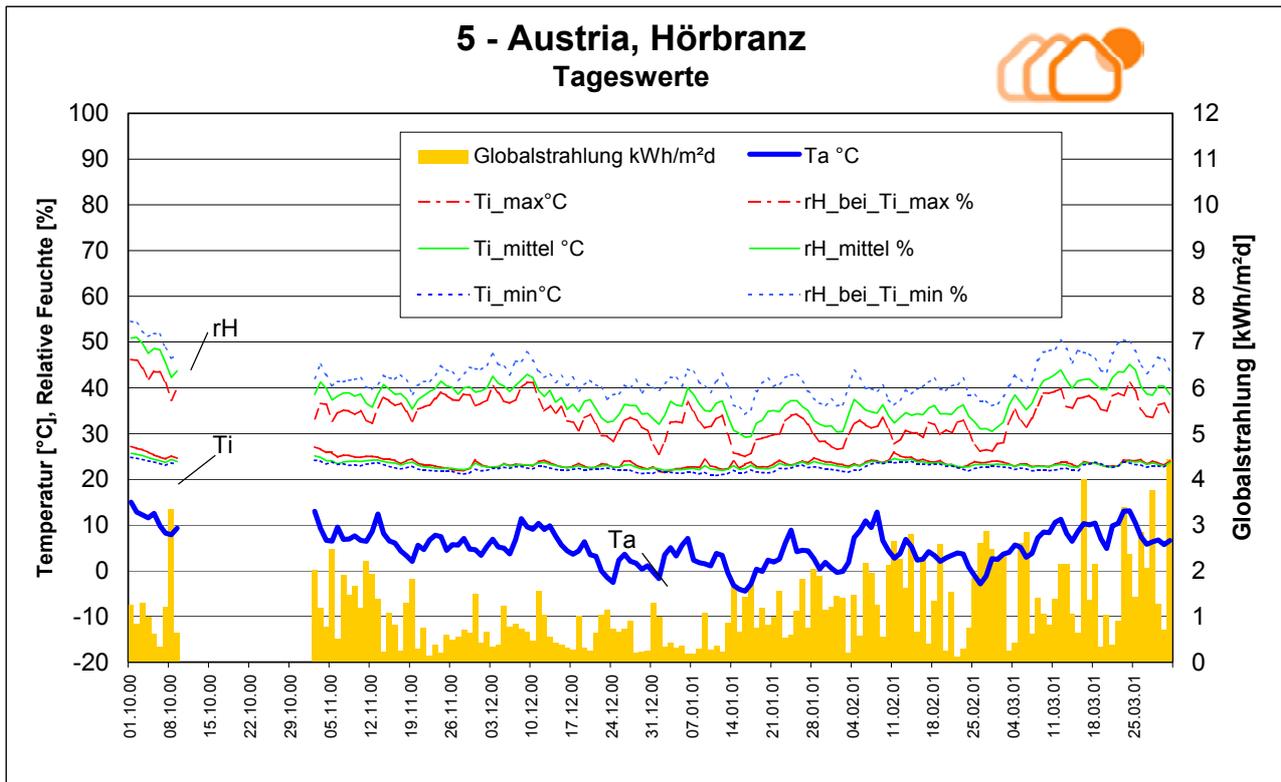


Abbildung 38: Raumlufttemperaturen und relative Luftfeuchtigkeit während der Messperiode

12.3 Heizlasten

Abbildung 39 zeigt den Verlauf der mittleren Heizlast (flächengewichtet für alle Räume aller Wohnungen) über der Außenlufttemperatur. Die dargestellte Gerade bezeichnet den rechnerisch ermittelten Wert der Heizlast zur Beheizung der Gebäude auf die mittlere, gemessene Raumlufttemperatur während der Messperiode.

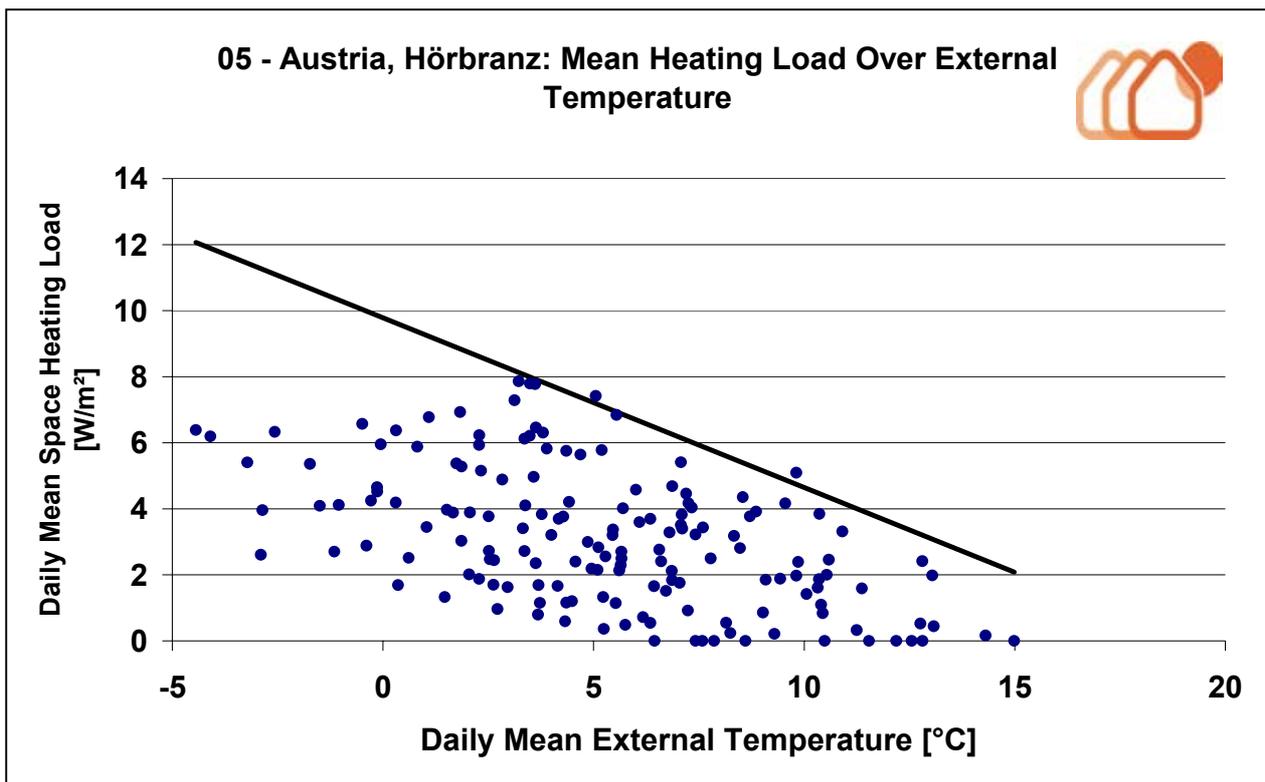


Abbildung 39: Verlauf der mittleren Heizlast

Das höchste gemessene 24-Stunden-Mittel der Heizlast liegt während der Messperiode bei $7,9 \text{ W/m}^2$. Dieser Wert liegt damit deutlich unter dem Passivhaus-Grenzwert von 10 W/m^2 und unter dem mit PHPP rechnerisch ermittelten Wert von $11,0 \text{ W/m}^2$, obwohl die mittlere Raumtemperatur der Gebäude deutlich über der Rechenannahme von 20°C liegt. Die Beheizbarkeit allein über das Lüftungssystem ist damit auch bei den hohen mittleren Raumlufttemperaturen möglich gewesen.

13 Aktivitäten zur Informationsverbreitung

Bericht in den Vorarlberger Nachrichten anlässlich des Spatenstiches

Veröffentlichung in dem Buch „Das Passivhaus – Wohnen ohne Heizung“ von Anton Graf, Callwey Verlag

Präsentation im Internet auf der firmeneigenen Homepage

Fachbeitrag in Energieeffizientes Bauen 2/2000, Fachzeitschrift, „CEPHEUS Projekte in Österreich – Hörbranz“

Filmbericht des ORF im „Kulturjournal“ August 2001

14 Fotodokumentation



Gebäude im Rohbau



Montage der 35 cm Korkdämmung



Montage der Fassadenkollektoren



fertig montierte Fassadenkollektoren



Fußbodenaufständerung, Aufnahme während des Einblasens der Zellulosedämmung



Luftdichter Abklebung der PE-Folie an den Stahlsäulen



Ansicht von Nordost



Innenansicht: Wohn- und Essraum



Ansicht von Südost



Ansicht von Süd

15 CEPHEUS-Publikationen

Nummer	Titel	Bezugs- möglichkeit
1998		
3	Elektrische Geräte für PH und Projektierung des Stromverbrauchs	PHI
4	Sparsames Wäschetrocknen	PHI
5	Passivhaus-Reihenhäuser: Über die Zuluft beheizbar?	PHI
1999		
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
2000		
11	Qualitätssicherung Kassel-Marbachshöhe (aufgegangen in CEPHEUS-Projektinformation Nr.16)	-
12	Messdatenauswertung Kronsberg; Zwischenbericht 2	SWH
2001		
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; Endbericht 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 , e-mail: proklima@enercity.de

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

PHI: Passivhausinstitut

www.passiv.de, e-mail: passivhaus@t-online.de

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

EIV: Energieinstitut Vorarlberg

www.energieinstitut.at, e-mail: office@cepheus.at

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

Renggli AG:

www.renggli-haus.ch, e-mail: mail@renggli-haus.ch

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

COOP de Construction:

e-mail: 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] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE
Messkonzept für das EU-Projekt C E P H E U S
Für das Projekt V2 – Hörbranz
Gleisdorf, August 1999
- [AEE 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] Herausgeber??
Full Final Technical Report
- [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
- [Künz 7] Architekt Dipl.-Ing. Dr. Lothar Künz
Thermographieaufnahme
Passivhaus Herrenmühle
Hard, 30.03.2001
- [Illwerke] Energieberatung der Vorarlberger Illwerke AG
Ing. Rainer Salomon, Richard Bertel, Edgar Dügler
Luftdichtheitsmessung von Gebäuden
Objekt Passivhaus Leiblachstraße, Hörbranz
Schruns, 15.04.1999