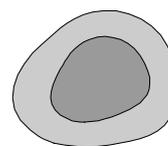




CEPHEUS - gefördertes Projekt:
EUROPÄISCHE KOMMISSION
DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY
THERMIE
Projekt-Nummer: **BU / 0127 / 97**



Energieinstitut Vorarlberg

CEPHEUS-Projektinformation Nr. 30

CEPHEUS



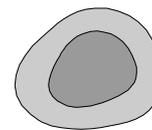
cost efficient passive houses as european standards

Einfamilienhaus Horn





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



Energieinstitut Vorarlberg

CEPHEUS-Projektinformation Nr. 30



Einfamilienhaus Horn

<p>Autoren: Helmut Krapmeier, Eva Müller</p> <p>unter Mitwirkung von: Wilhelm Hofbauer, Otto Köck</p> <p>Herausgeber: Energieinstitut Vorarlberg Stadtstraße 33/CCD, A-6850 Dornbirn</p>	<p>EUROPEAN COMISSION DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY THERMIE</p> <p>Projekt Nr.: BU/00127/97/DE/SE/A</p>
--	--

Stand: Dezember 2001

Inhaltsverzeichnis

1	PROJEKTbeschreibung	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	10
3.1	Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten	10
3.2	Angaben zur Energiebezugsfläche	14
3.3	Beschreibung der Bauweise	14
3.4	Regelquerschnitte der Außenbauteile	14
3.5	Darstellung von Anschlussdetails	17
3.6	Besonderheiten	26
4	LÜFTUNGSKONZEPT	26
4.1	Zu-, Abluft, Überströmzonen	27
4.2	Angaben zu den technischen Parametern	27
4.2.1	Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals	27
4.2.2	Auslegungsluftvolumenströme	27
4.2.3	Druckverluste	27
4.2.4	Filter	28
4.2.5	Zuluftventile	28
4.2.6	Abluftventile	28
4.3	Beschreibung des Wärmetauschers	28
4.4	Regelmöglichkeiten	28
4.5	Beschreibung des Erdreichwärmetauschers	28
5	KONZEPT DER RAUMWÄRMEVERSORGUNG	29
5.1	Heizwärmeverteilung	29
5.2	Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung	29
6	KONZEPT DER WARMWASSERVERSORGUNG	30
6.1	Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung	30
6.2	Auslegungsdaten	30
6.3	Beschreibung der Solaranlage	30

6.4	Besonderheiten	31
7	AUSSTATTUNG MIT ELEKTRISCHEN HAUSHALTSGERÄTEN UND BELEUCHTUNG	31
8	KOSTEN UND MEHRKOSTEN	31
9	BESCHREIBUNG DES BAUABLAUFS	33
9.1	Zeitliche Daten	33
9.2	Beteiligte und Organisation des Bauablaufs	33
9.3	Baudurchführung im Detail	33
9.4	Erfahrungen mit Beteiligten bzw. den geplanten technischen Lösungen hinsichtlich der Realisierung der Qualitätsanforderungen	33
10	ERGEBNISSE QUALITÄTSSICHERNDER MAßNAHMEN	34
10.1	PHPP-Berechnung	34
10.2	Berechnungen der Wärmebrücken	36
10.3	Ergebnisse der Luftdichtheitstests	36
10.4	Ergebnisse der Infrarotaufnahmen	36
10.5	Ergebnisse der Luftmengenmessungen	42
11	ANGABEN ZU ERWERBERN/BAUHERREN BZW. MIETERN	42
11.1	Durchgeführte Einweisungen	42
12	MESSERGEBNISSE	42
12.1	Energieverbrauch	43
12.2	Thermischer Komfort	46
12.3	Heizlasten	50
13	AKTIVITÄTEN ZUR INFORMATIONSVERBREITUNG	50
14	FOTODOKUMENTATION	51
15	CEPHEUS-PUBLIKATIONEN	52
16	QUELLEN	54

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.

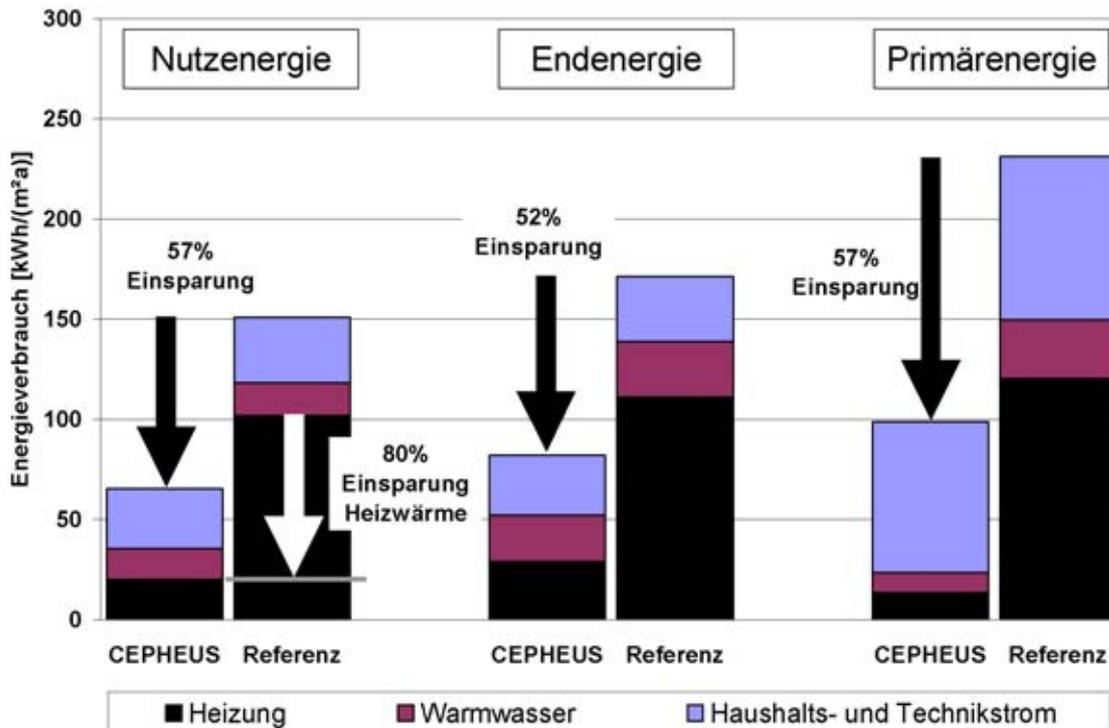


Abbildung 2: Erreichte Energieeinsparungen im Vergleich zu Referenzgebäuden

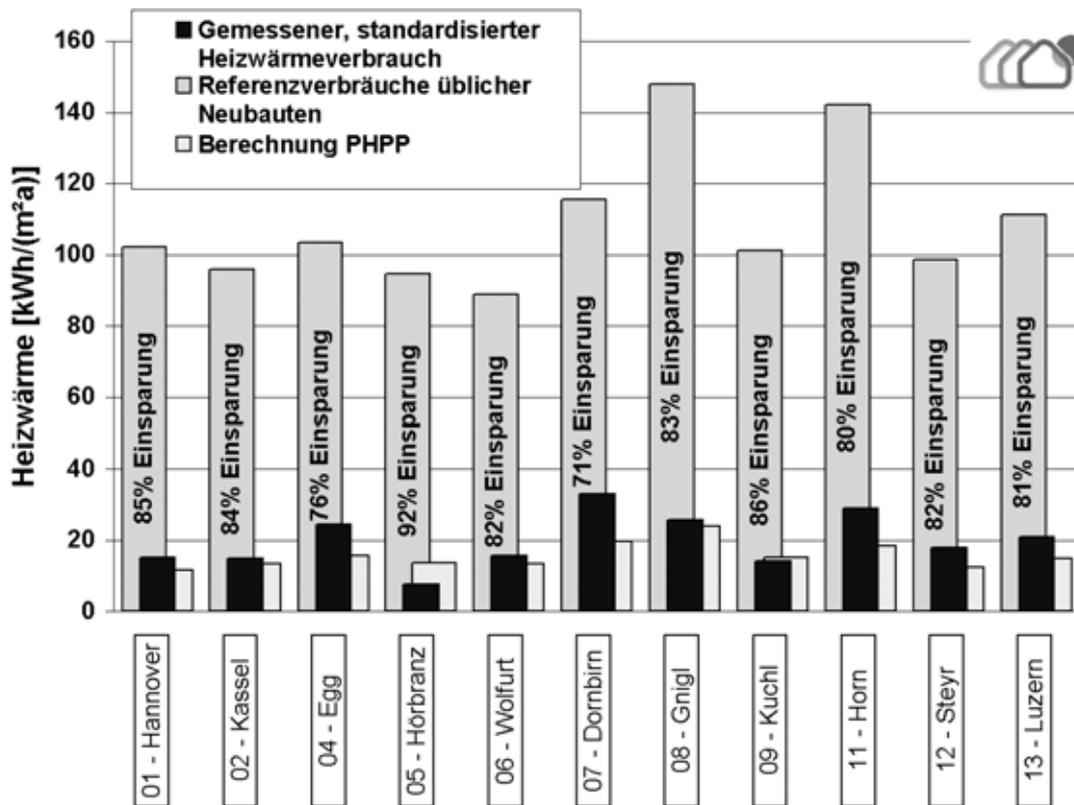


Abbildung 3: Berechneter und gemessener Heizwärmeverbrauch aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

Die Mehrkosten sind gering:

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

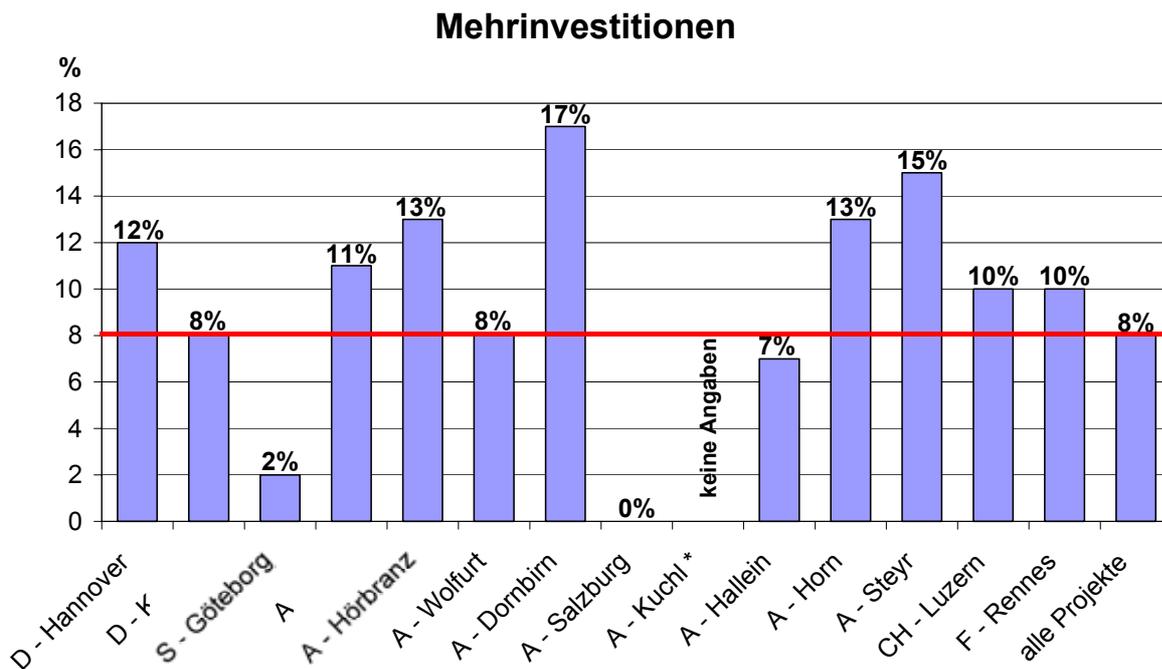


Abbildung 4: Mehrkosten in % aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

Passivhäuser sind behaglich:

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

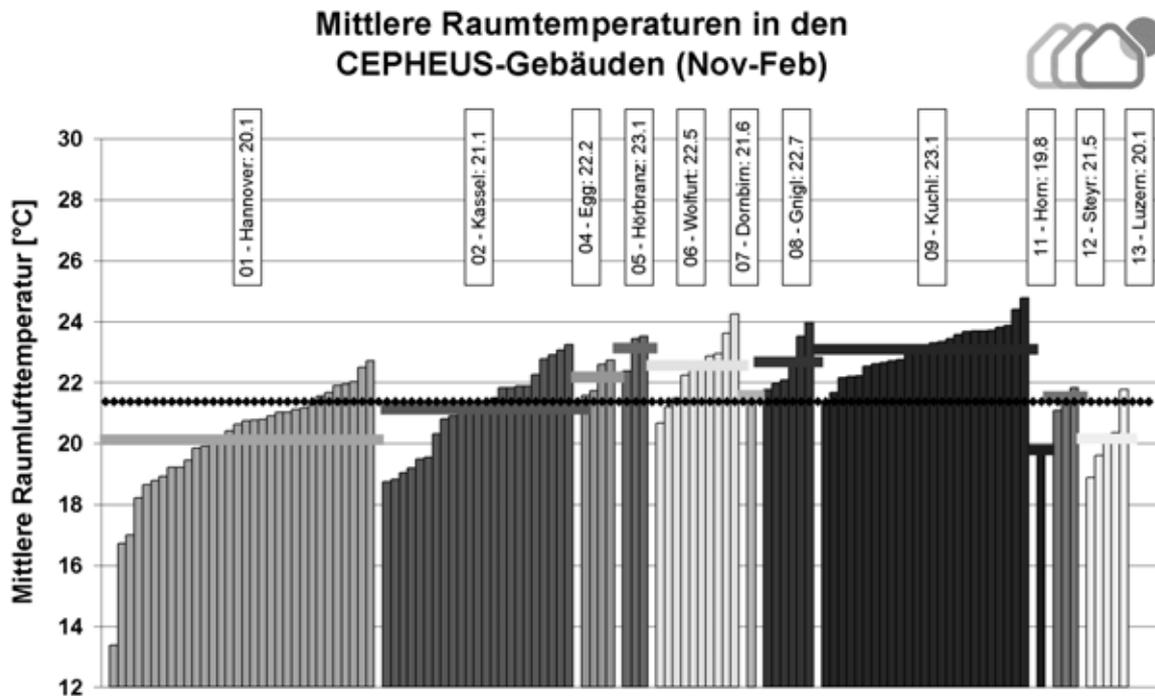


Abbildung 5: Gemessene Innenraum-Temperaturen aller Projekte

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 Horn, Niederösterreich - genau beschrieben.

2 Standortinformationen

Die kleine Stadt Horn mit etwas mehr als 6000 Einwohnern bildet das Zentrum des gleichnamigen Bezirks im nördlichen Niederösterreich. Der Bauplatz liegt unweit des historischen Stadtkerns in einem Gebiet, das überwiegend durch Einfamilienhäuser geprägt ist. Im Süden und Westen des Grundstückes erstrecken sich landwirtschaftlich genutzte Felder, die eine weitgehend ungestörte Aussicht ermöglichen. An der Ostseite schließt, durch eine Strasse getrennt, eine Einfamilienhauszeile an. Ein weiterer Nachbar wohnt ebenfalls in einem Einfamilienhaus auf der Nordseite. Das Passivhaus selbst wurde in der Nordostecke des Grundstückes angeordnet, um eine einfache Erschließung und einen großzügigen Gartenbereich sicherzustellen. Durch diese günstige Lage ist das Haus mit Ausnahme einer kurzen Periode am Morgen auch im Winterhalbjahr nahezu immer besonnt.

2.1 Übersichtskarten und Pläne

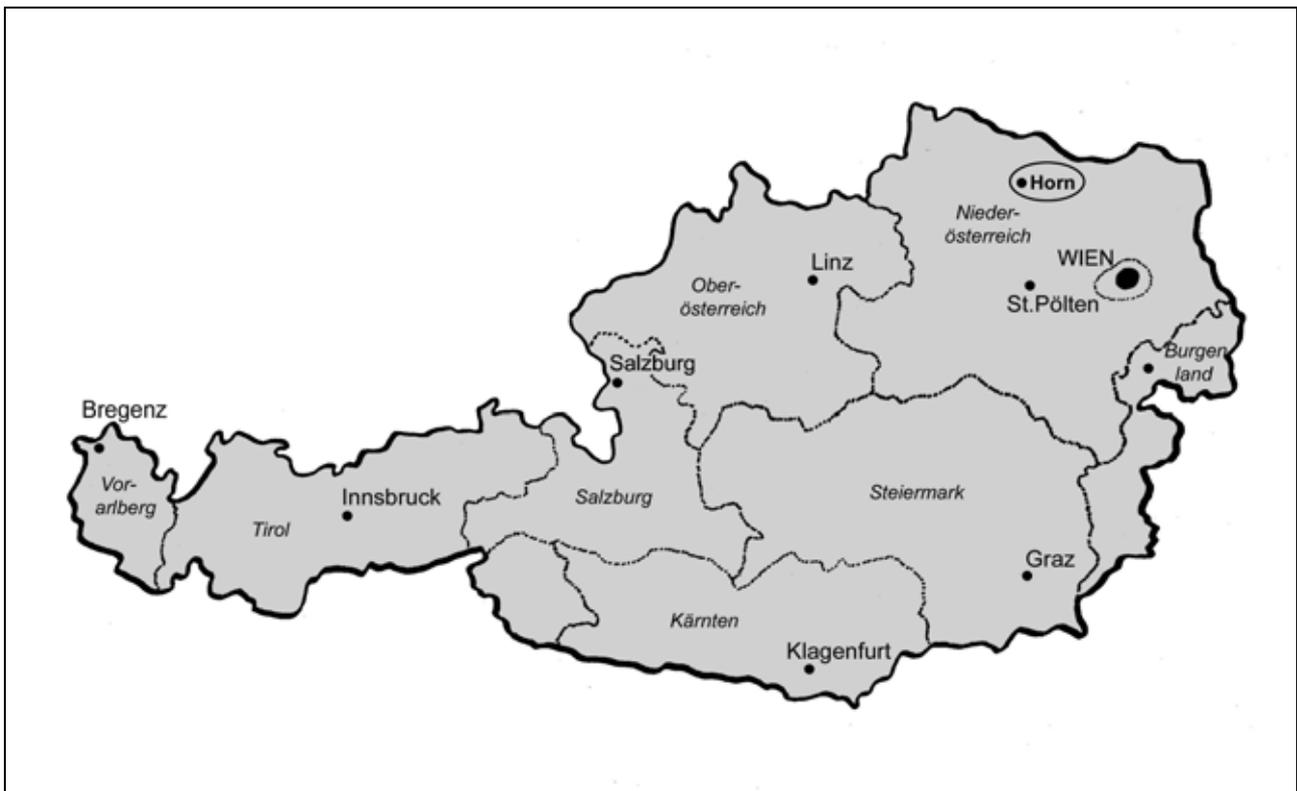


Abbildung 7: Horn im Bundesland Niederösterreich

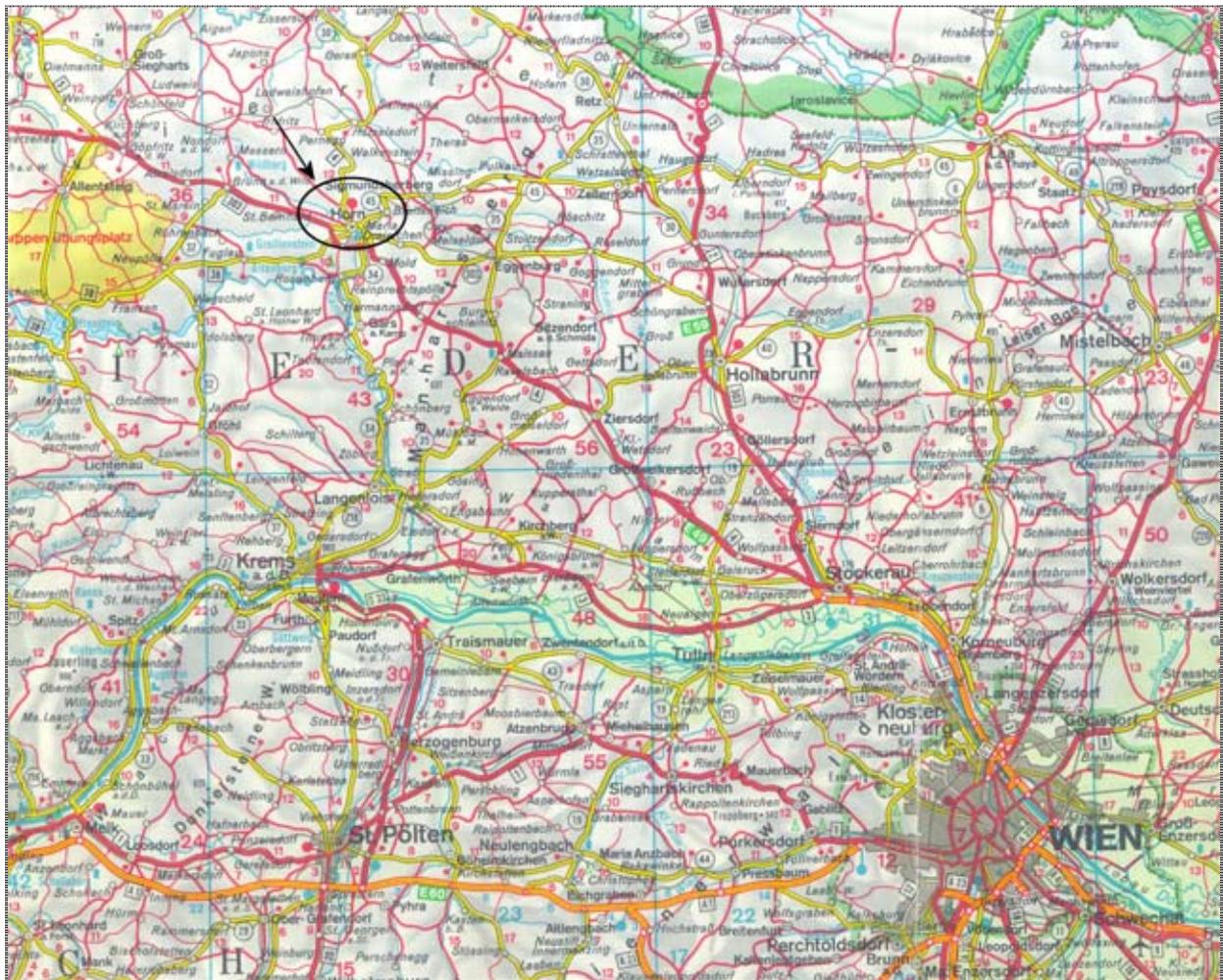


Abbildung 8: Die nähere Umgebung von Horn im Waldviertel

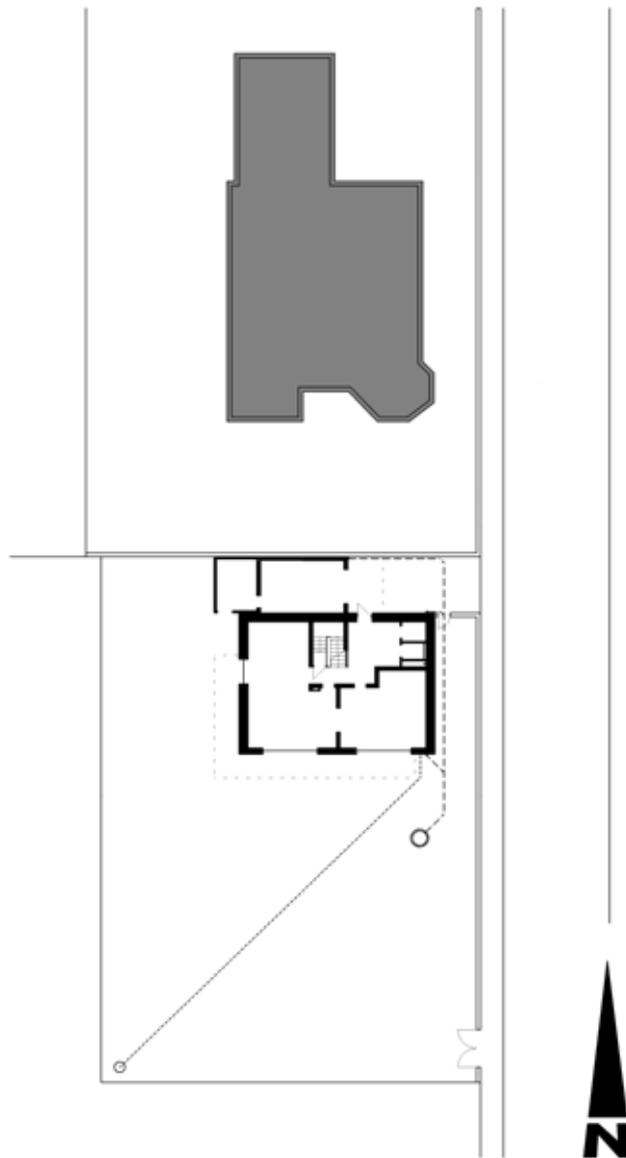


Abbildung 9: Lage des Baugrundstücks

2.2 Geografische und klimatische Daten

Horn:	Geographische Länge:	15° 40'
	Geographische Breite:	48° 40'
Meereshöhe (Postamt):		309 m ü.M.

Monat/Jahr	Mittlere Außentemp.	Heizgradtage (12°/20°)	Mittlere tägliche Globalstrahlung auf horizontale Fläche
	[C°]	[Kd]	[Wh/m²d]
Januar	-2,5	695	878
Februar	-1	588	1.541
März	3,1	522	2.618
April	8,2	325	3.775
Mai	13	127	4.659
Juni	16,7	23	5.072
Juli	18,5	3	4.973
August	17,6	8	4.278
September	13,8	87	3.093
Oktober	8,5	328	1.835
November	3,1	504	979
Dezember	-0,9	647	682
Jahr	8,2	3.857	2.865

Tabelle 2: Langjährige Mittelwerte der wichtigsten Klimadaten [Klimadatenkatalog]

3 Baubeschreibung

3.1 Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten

Beim Passivhaus Horn handelt es sich um den Prototyp einer Fertighausentwicklung, die im Rahmen einer Kooperation zwischen der Baufirma Buhl und dem Architekturbüro Treberspurg durchgeführt wurde. Die Entwicklung orientierte sich an folgenden Grundprinzipien: in einem kompakten Baukörper werden in einer südseitig gelegenen Zone mit großzügigen Verglasungen die Hauptwohnräume angeordnet, auf der Nordseite werden durch eine Mittelmauer getrennt Erschließungsbereiche und Nebenräume untergebracht. Als Dachformen sind unter anderem Pult- und Satteldächer möglich.

Im Fall des Passivhauses Horn wurde auf Wunsch des Bauherrn die Variante Satteldach ausgeführt. Dies hatte zur Konsequenz, dass zur natürlichen Belichtung des Vorraums im Obergeschoss zwei passivhaustaugliche Dachflächenfenster eingebaut werden mussten. Das Haus ist vollständig unterkellert. Durch den innenliegenden Stiegenabgang ergab sich die Notwendigkeit, die Trennbauteile zum Keller entsprechend zu dämmen. Allerdings wird der Keller durch eine moderate Wärmedämmung und ein wenig durch die Abwärme des Technikraumes temperiert, sodass nur geringe Temperaturunterschiede zu den Wohnräumen auftreten.

Im Erdgeschoss befindet sich ein größerer Wohnraum, der über einen Durchgang mit der Essküche verbunden ist. Schlaf- und Kinderzimmer, sowie ein Bad und ein Abstellraum sind im Obergeschoss angeordnet.

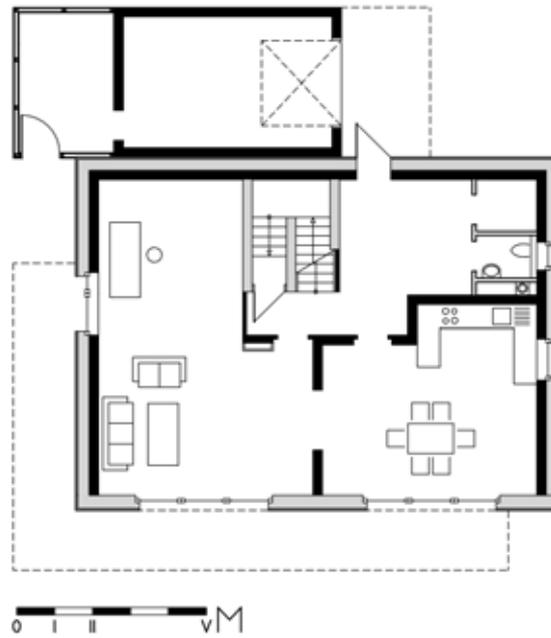


Abbildung 10: Grundriss Erdgeschoss

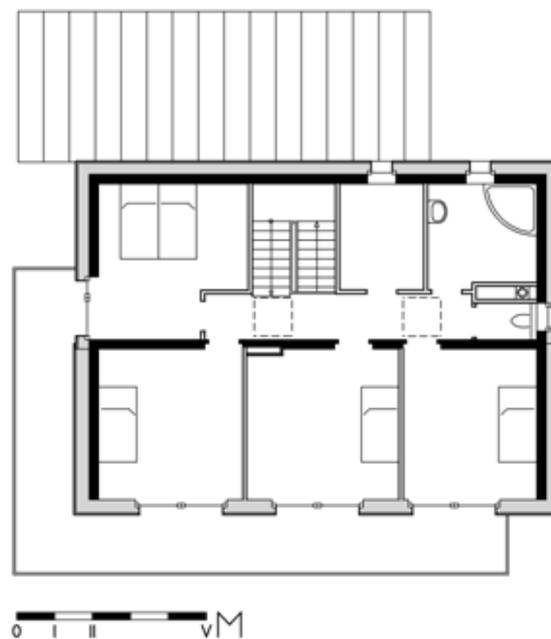


Abbildung 11: Grundriss Obergeschoss

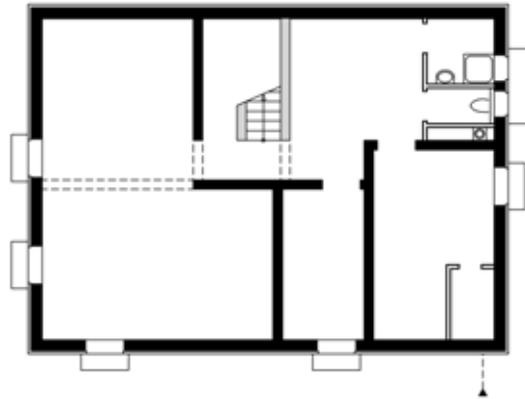


Abbildung 12: Grundriss Kellergeschoss

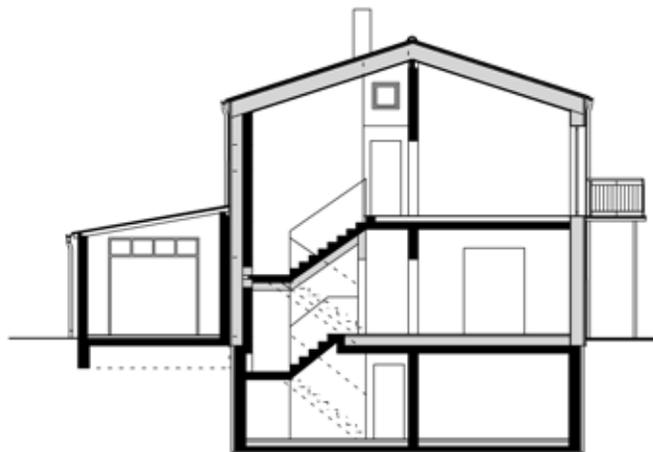


Abbildung 13: Schnitt quer



Abbildung 14: West-Ansicht



Abbildung 15: Nordost-Ansicht

3.2 Angaben zur Energiebezugsfläche

	Wohnnutzfläche lt. ÖNORM 1800 [m ²]	Energiebezugsfläche "treated floor area (TFA)" nach vereinbartem EU- Berechnungsmodus [m ²]
Gesamt EG+OG	179,21	172,76

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

Das Gebäudes wurde in einer Kombination von Massiv- und Leichtbauteilen ausgeführt. Da bauökologische Gesichtspunkte für die Bauherrschaft einen hohen Stellenwert hatten, wurde neben den hohen bauphysikalischen Anforderungen auch auf besonders umweltfreundliche Materialien geachtet. So wurden Ost-, West- und Nordwand mit einem Recycling-Ziegel gemauert und die inneren Wandflächen mit Lehm verputzt. Außen wurden auf Stegträgern eine dampfdiffusionsoffene DWD-Platte angeschraubt und der verbleibende Hohlraum mit Zellulose gedämmt. Schließlich wurde auf einem Teil der Wandflächen eine hinterlüftete Lärchenschalung angebracht. Der andere Teil wurde nach Anbringung eines Putzträgers (Holzwolleleichtbauplatte) verputzt. Bei den Leichtbauteilen Südwand und Dach wurden ebenfalls Stegträger mit innenliegender OSB-Platte verwendet und die Hohlräume wieder mit Zellulose gefüllt. Zur thermischen Trennung der Massivbauteile zwischen Erd- vom Kellergeschoss wurden Gasbetonsteine versetzt. Im Fußboden zum Keller wurde als Dämmstoff Flachs eingebracht.

Es wurden passivhaustaugliche Reinholzfenster mit einer Stocktiefe von 13 cm entwickelt und die Randanschlüsse PU-Schaum-frei mit Kokosfaser eingedichtet. Für das Dachflächenfenster wurde auf die Kastenbauweise zurückgegriffen und zwei Holzflügel mit 2-fach-Wärmeschutzglas eingebaut.

Um den Sonnenschutz für die großflächigen, südseitigen Verglasungen sicherzustellen, dient einmal der Balkon, der das Erdgeschoss beschattet. Im Obergeschoss wurde ebenfalls eine feststehende Beschattung in Form von Holzlamellen angebracht.

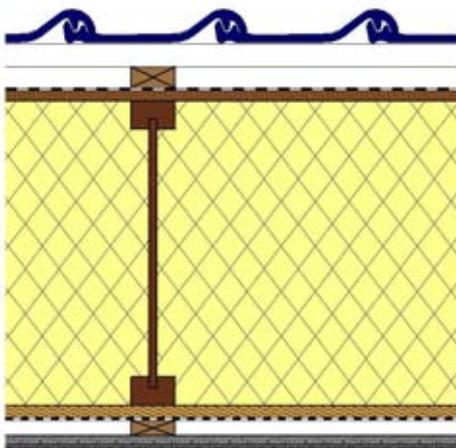
3.4 Regelquerschnitte der Außenbauteile

Abbildung 16 zeigt die Regelquerschnitte der hochwärmegedämmten Gebäudehülle. Die U-Werte der opaken Bauteile liegen zwischen 0,09 und 0,13 W/(m²K), der mittlere U-Wert der Fenster bei 0,91 W/(m²K). Es wurden Holzfenster der Fa. Wolf eingesetzt, die Rahmen sind im Kern mit Kork gedämmt. Als Verglasung wurde eine dreifach-Wärmeschutzverglasung mit Argon-Füllung gewählt. Die Scheibenzwischenräume betragen 10 mm, die Scheibendicken 4 mm. Der U-Wert der Verglasung liegt lt. Deutschem Bundesanzeiger bei 0,8 W/(m²K), der g-Wert bei 0,51. Eingesetzt wurde ein Edelstahl-Abstandhalter.

Vor die massive 25 cm dicke Außenwand aus Recycling-Ziegeln wurde außenseitig eine Konstruktion aus Doppel-T-Trägern aus Holz gesetzt. Diese ist mit 30,2 cm Zellulose gedämmt und außenseitig auf einer Holzwolle-Leichtbauplatte verputzt. Auf der Südseite wurde eine Holz-Leichtbauwand eingesetzt, diese besteht aus beidseitig beplankten Doppel-T-Trägern aus Holz mit 35 cm Zellulosedämmung. Das Dach wurde mit 40,6 cm Zellulose gedämmt, als Sparren werden Doppel-T-Träger aus Holz eingesetzt. Die Kellerdecke wurde oberseitig mit 25,4 cm Flachs gedämmt.

Dach

U = 0,09 W/(m²K)

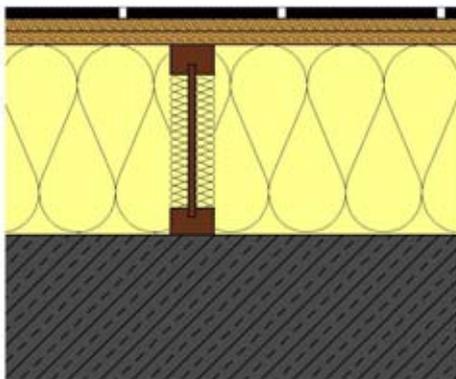


Außen / kalt

Dachziegel	
Lattung	3,0 cm
Konterlattung	3,0 cm
diffusionsoffene Dachbahn	----
MDF-Platte	1,6 cm
TJI 406 / Zellulose	40,6 cm
OSB-Platte	1,5 cm
Dampfbremse	----
Lattung / Installation	3,0 cm
Gipskartonplatte	1,5 cm
Dünnputz	0,5 cm
Innen / warm	

Kellerdecke

U = 0,13 W/(m²K)

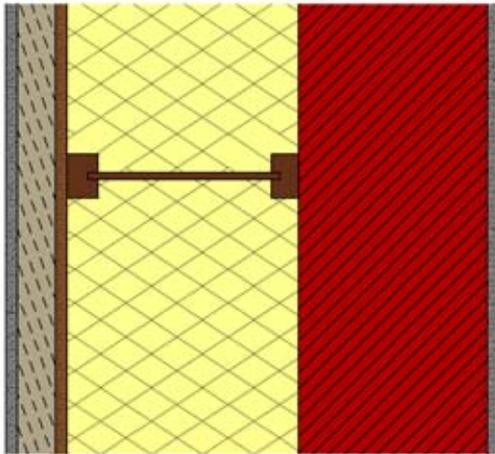


Innen / warm

Belag	1,5 cm
OSB-Platten	2x1,8 cm
TJI 254/58 / Flachs	25,4 cm
Stahlbetondecke	20,0 cm
Keller / unbeheizt	

Außenwand massiv verputzt

U = 0,10 W/(m²K)

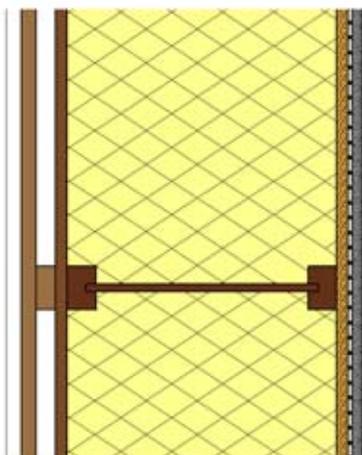


Außen / kalt	
Außenputz	1,5 cm
Holzwole-Leichtbau-Platte	5,0 cm
MDF-Platte	1,6 cm
TJI 302/58 / Zellulose	30,2 cm
Speicherziegel	25,0 cm
Innenputz	1,5 cm
Innen / warm	

massiv verschalt U = 0,10 W/(m²K)

Außenwand Leichtbau verschalt

U = 0,10 W/(m²K)

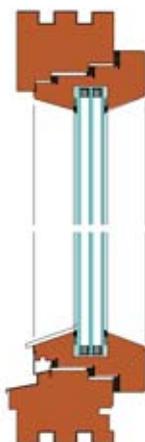


Außen / kalt	
Lärchenstulpschalung	2,0 cm
Lattung / Hinterlüftung	2,5 cm
MDF-Platte	1,6 cm
TJI 350 / Zellulose	35,0 cm
OSB-Platte	1,5 cm
Baupapier	-----
Gipskartonplatte	1,25 cm
Dünnputz	0,5 cm
Innen / warm	

Leichtbau verputzt U = 0,09 W/(m²K)

Fenster

U = 0,91 W/(m²K)



Rahmen	
Hersteller	Wolf
Material	Holz
U-Wert	$U_{\text{Rahmen}} = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Verglasung	
Hersteller	Glas Gasperlmair
Abstände	4 / 10 / 4 / 10 / 4 mm
Gasfüllung	Argon
Randverbund	Edelstahl (Niro)
U-Wert	$U_{\text{Glas}} = 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
g-Wert	$g = 51\%$

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 Horn 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 Horn.

FUNDAMENTANSCHLUSS

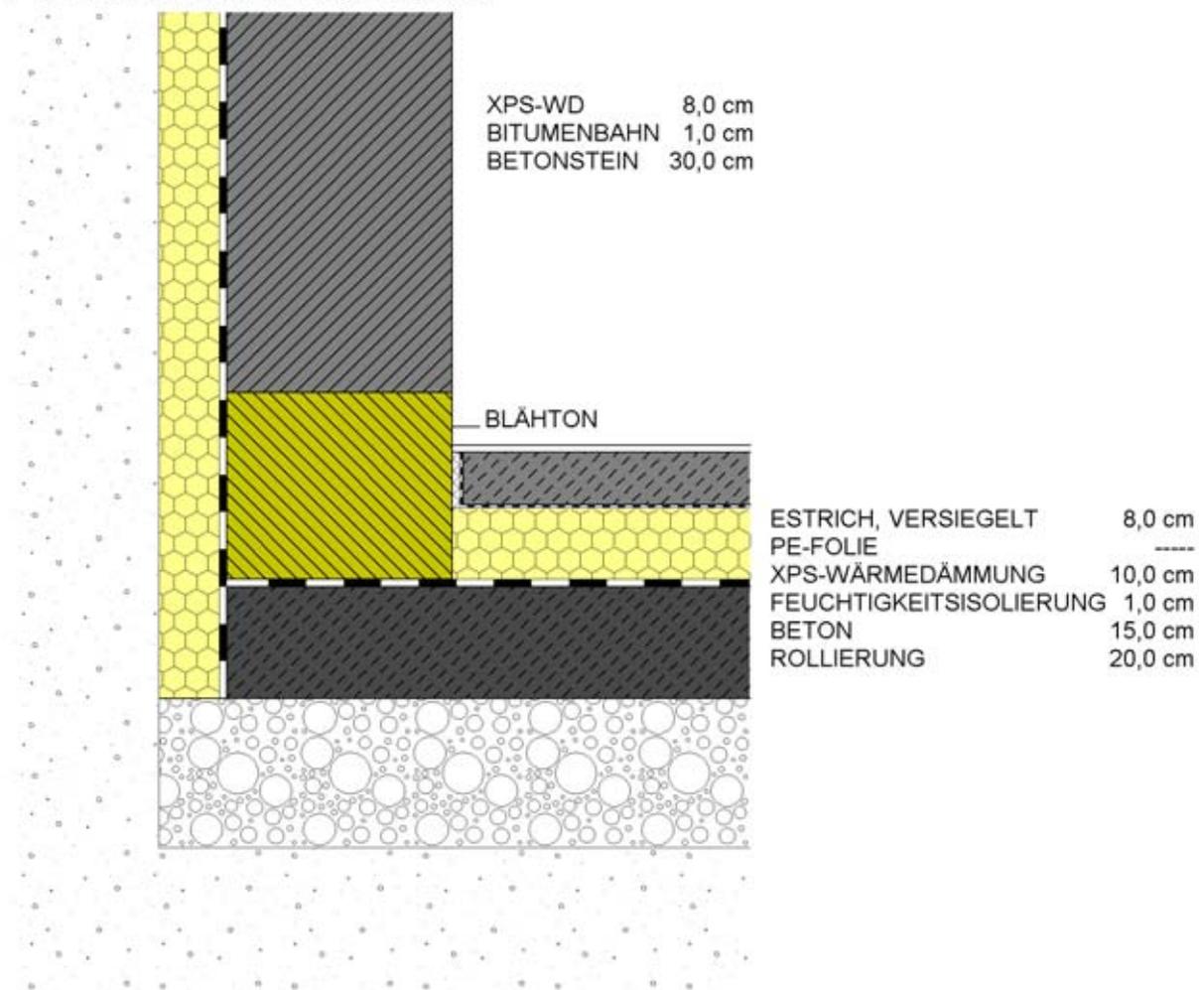


Abbildung 17: Detail Fundamentanschluss der Nordwand

NORD / OST / WEST KELLERDECKENANSCHLUSS

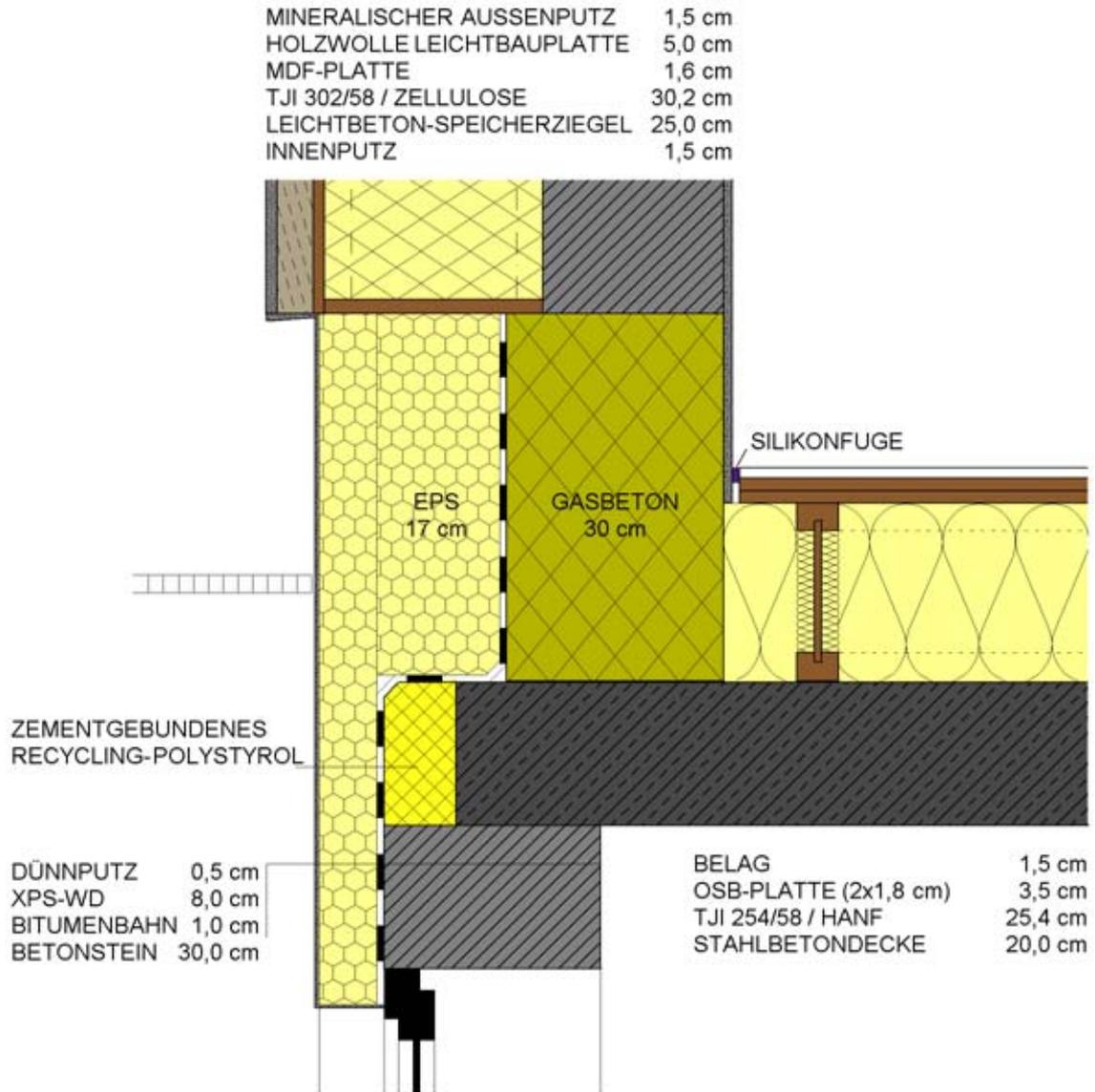


Abbildung 18: Kellerdeckenanschluss der Nord-, Ost- und Westwand

TRAUFE

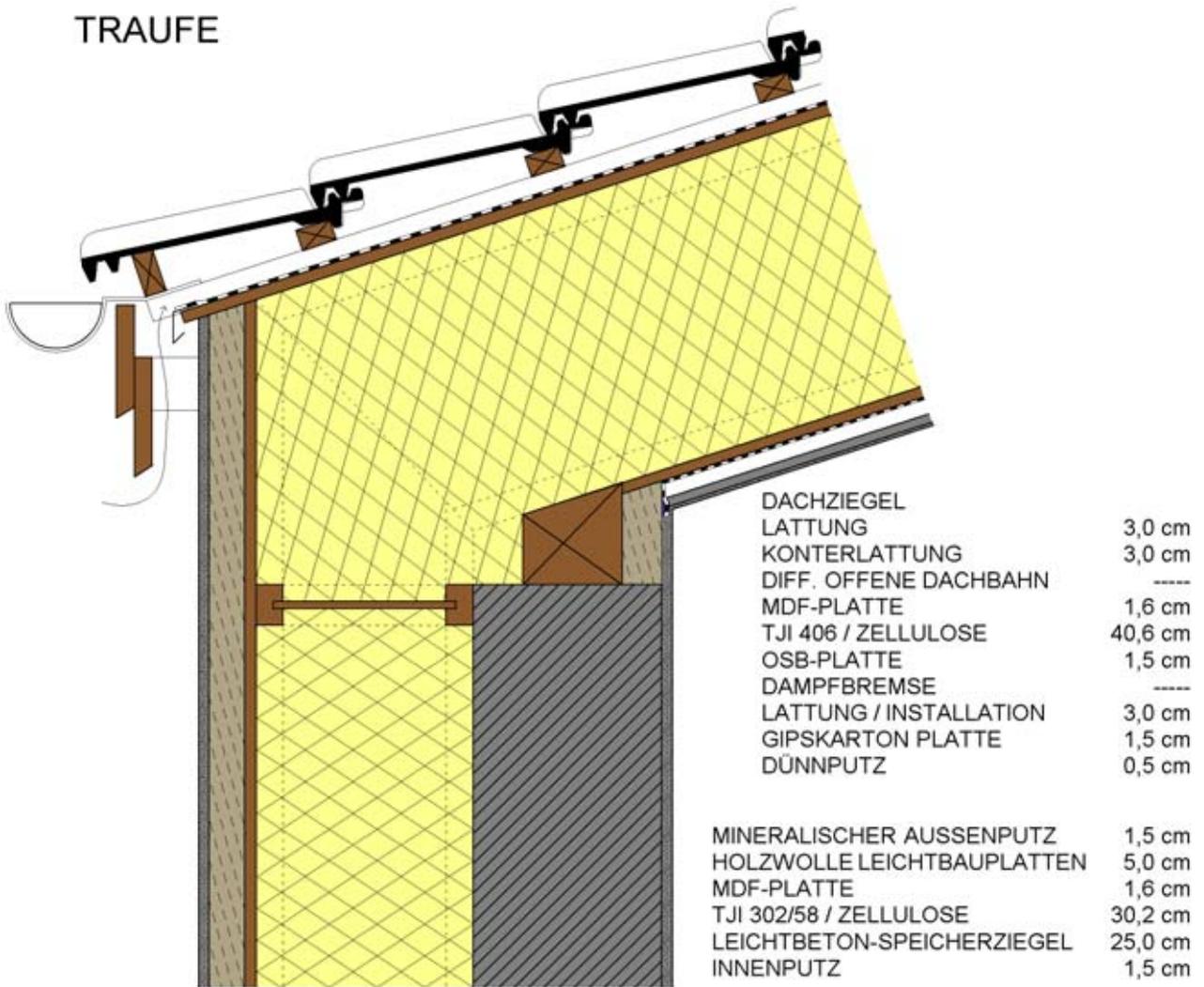


Abbildung 20: Detail Dachtraufe

FENSTER VERTIKAL

INNENPUTZ	1,5 cm
SPEICHERZIEGEL	25,0 cm
TJI 302/58 / ZELLULOSE	30,2 cm
MDF-PLATTE	1,6 cm
HOLZW. LEICHTB. PLATTE	5,0 cm
AUSSENPUTZ	1,5 cm

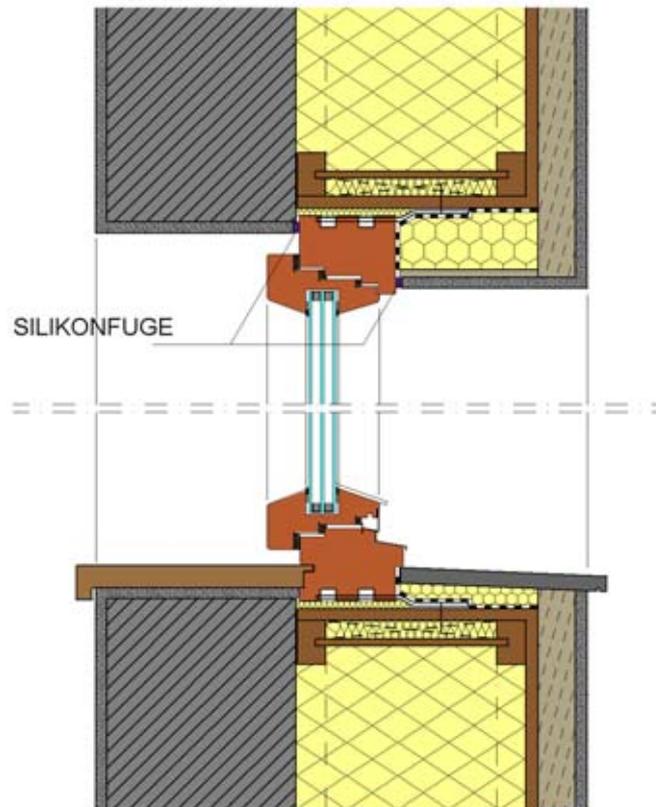


Abbildung 21: Fensteranschluss in der Massivwand, Schnitt vertikal

ECKE OSTWAND-SÜDWAND / FENSTER HORIZONTAL

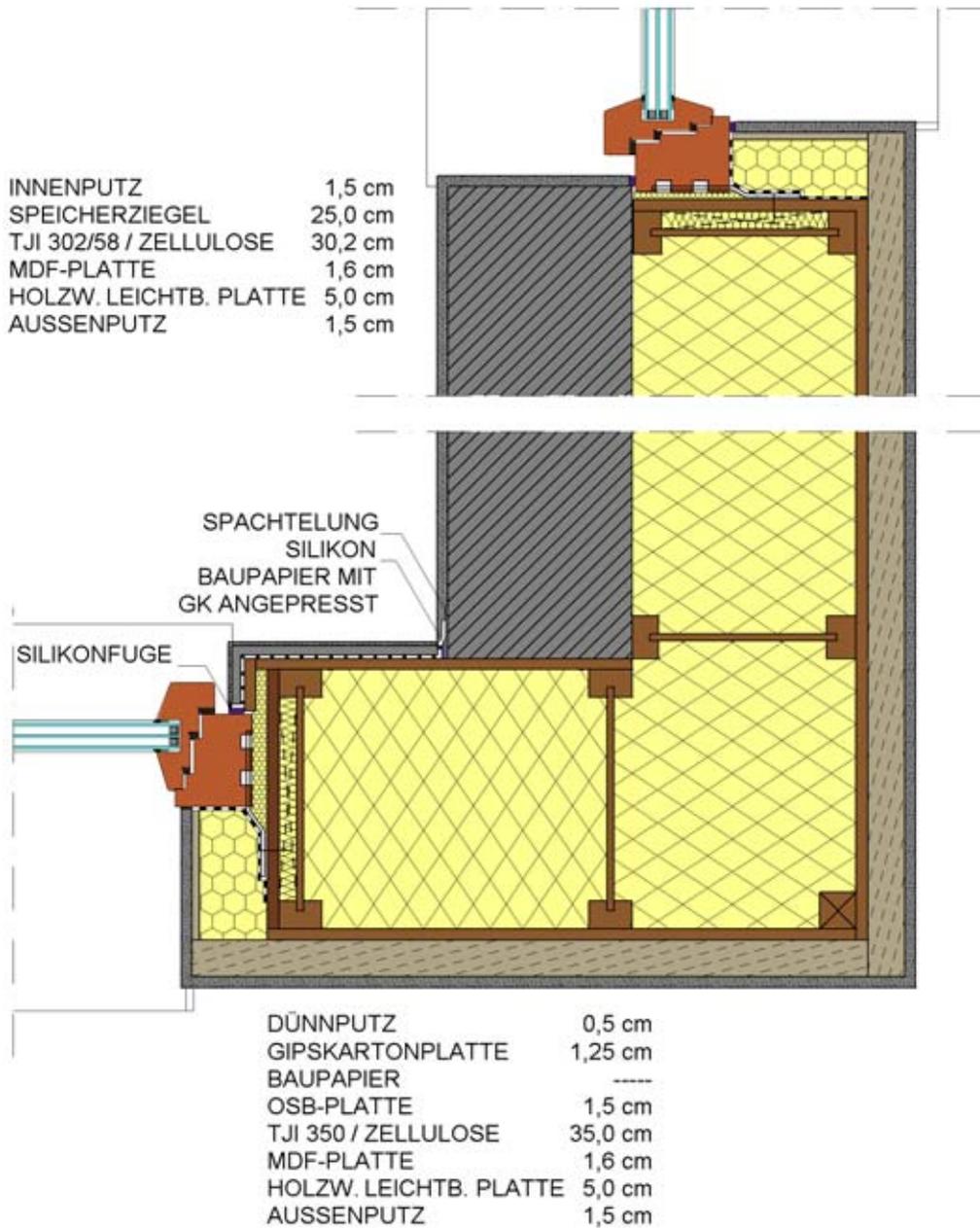


Abbildung 22: Horizontalschnitt durch Ecke Ost-/Südwand mit Fensteranschlüssen

HAUSTÜRSCHWELLE

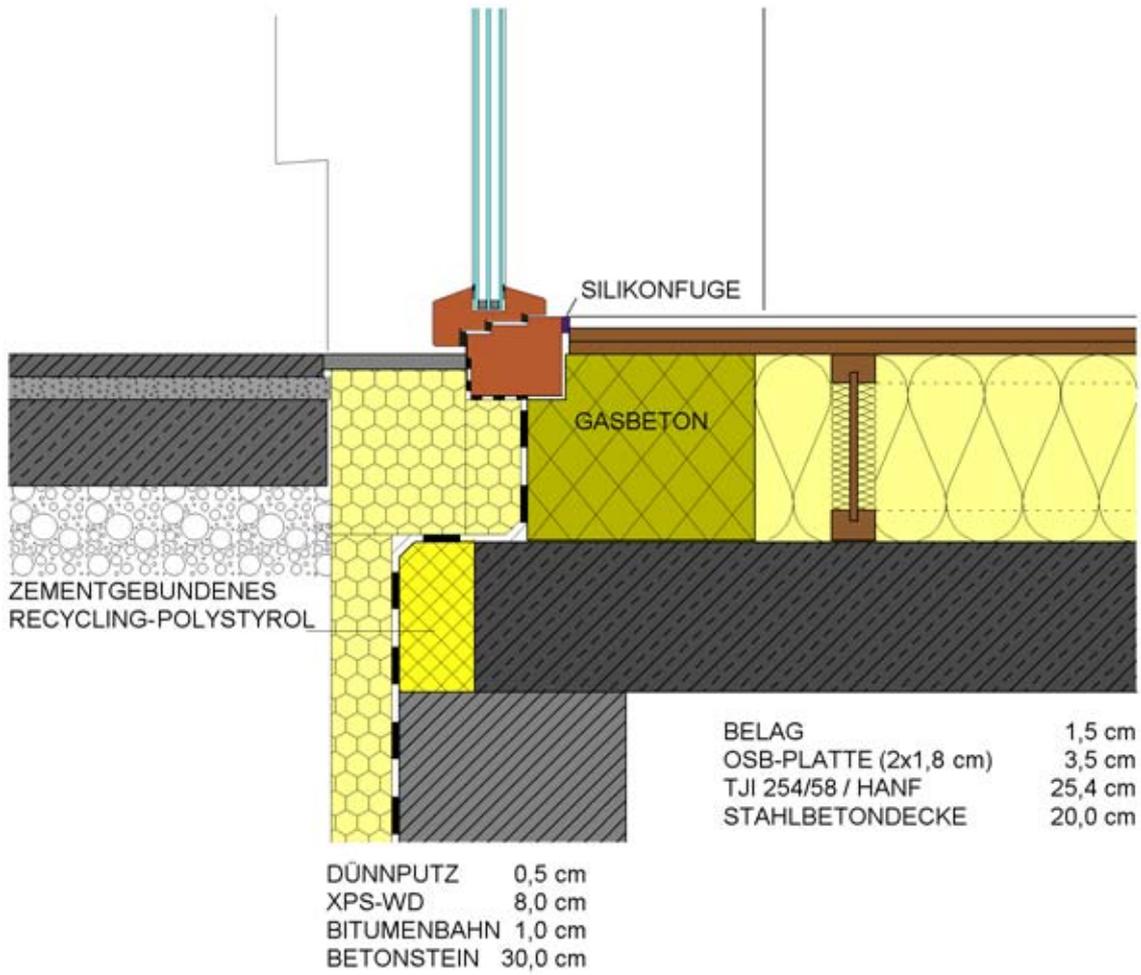


Abbildung 23: Detail unterer Haustür-Anschluss, Schnitt vertikal

KAMIN DACHDURCHDRINGUNG

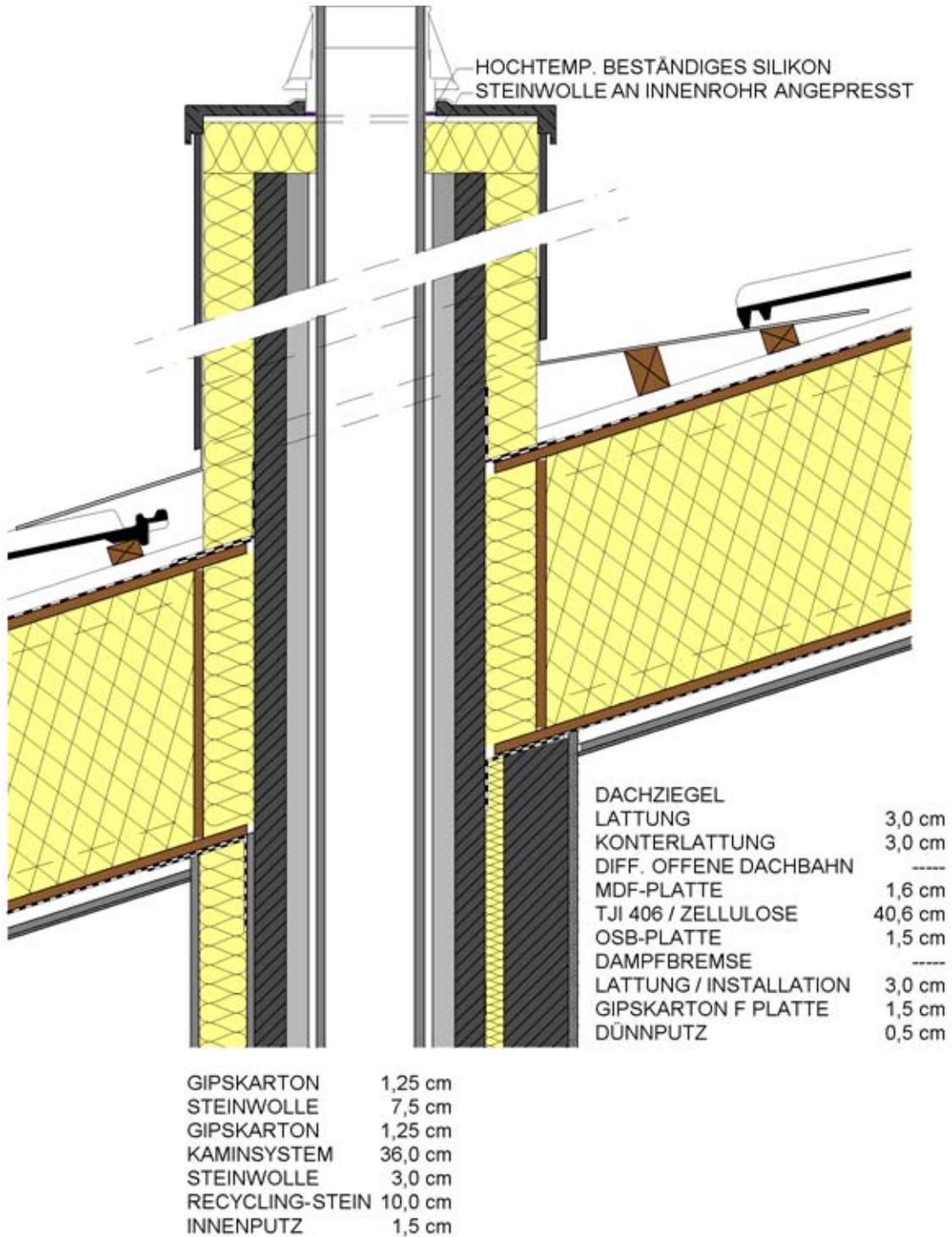


Abbildung 24: Detail Kamindurchdringung durch das Dach

KAMIN HORIZONTAL

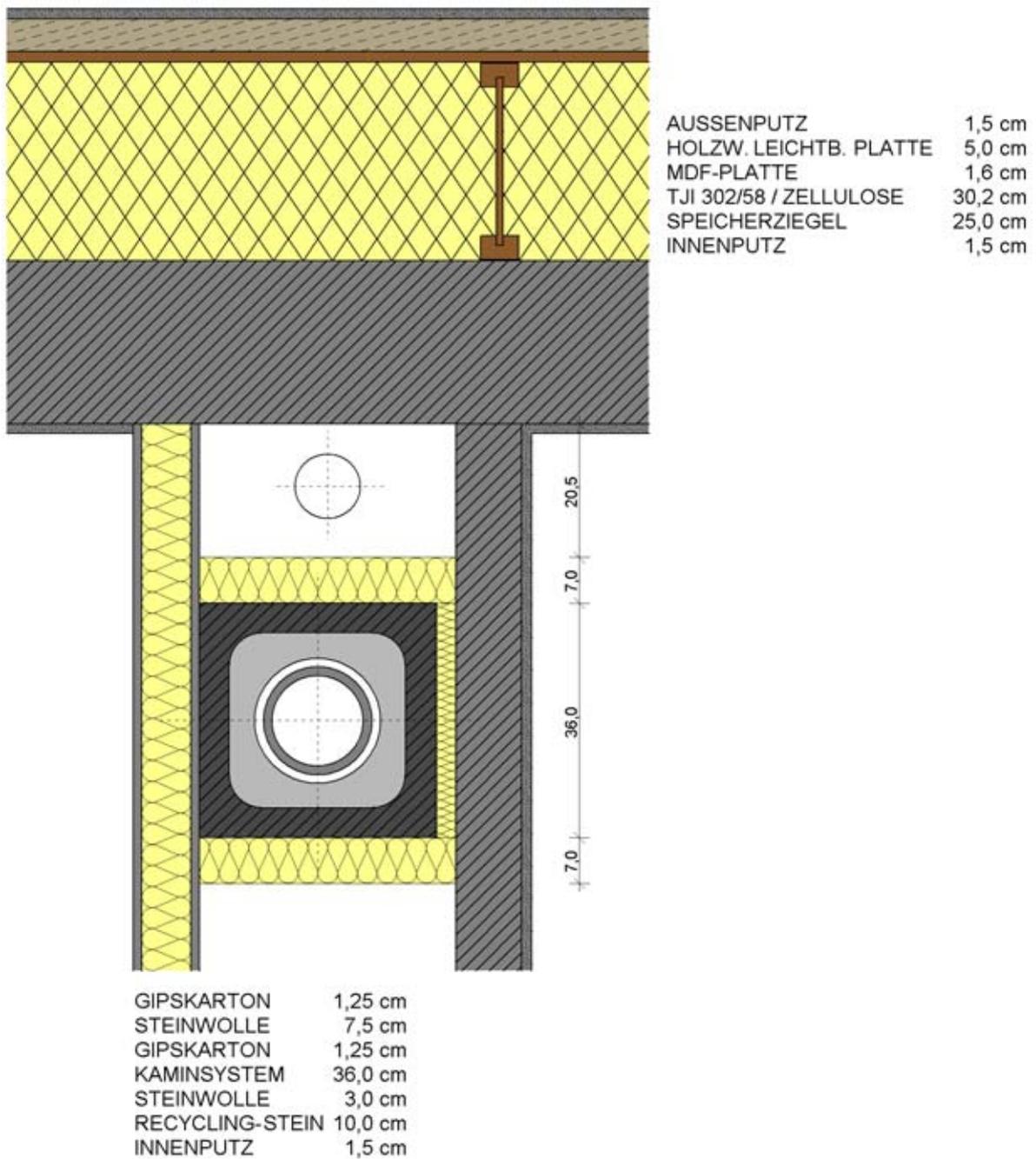


Abbildung 25: Kaminschacht im Wohnraum, Schnitt Horizontal

3.6 Besonderheiten

DACHFLÄCHENFENSTER

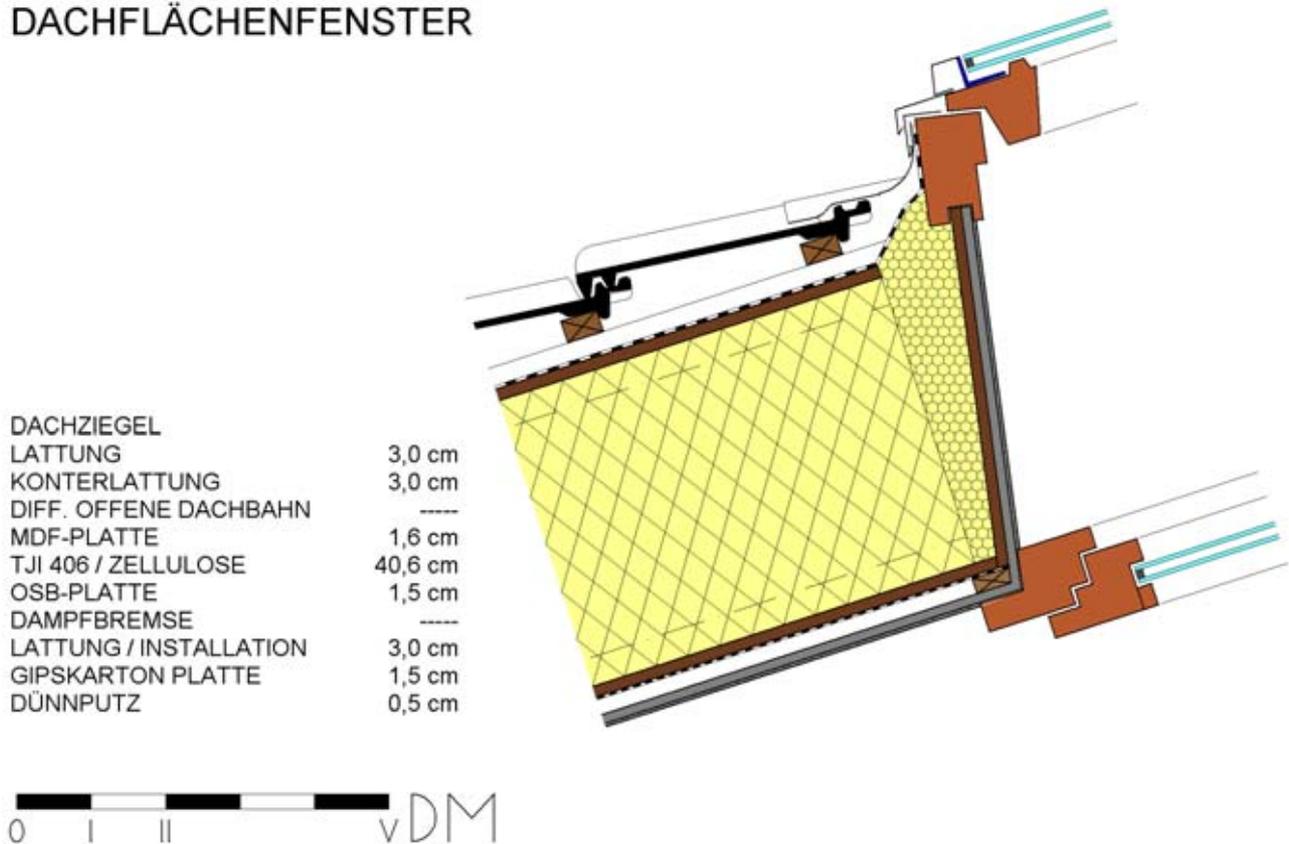


Abbildung 26: Detail Dachflächenfenster

Da es kein Passivhaus-taugliches Dachfenster am Markt gibt, wurde das vom Bauherren gewünschte Dachflächenfenster nach dem Prinzip eines Kastenfensters ausgeführt (mit zwei Scheiben-Wärmeschutzverglasungen).

4 Lüftungskonzept

Es wurde ein konventionelles Lüftungskonzept für Einfamilien-Passivhäuser mit Erdreichvorwärmung, hocheffizientem Wärmetauscher, Nachheizregister und ergänzenden, klein dimensionierten Wandheizflächen verwirklicht. Die Luftmengen sind vom Nutzer in drei Stufen vorwählbar. Ebenso können die Bewohner die gewünschte Raumlufttemperatur über einen Thermostat im Wohnzimmer vorgeben. Falls die Leistung des Nachheizregisters nicht ausreichen sollte, wird über einen weiteren Thermostat eine 8 m² kleine hydraulisch beheizte Wandfläche im Wohnzimmer zugeschaltet.

Da alle Sanitarräume auch über Außenfenster gelüftet werden können, steht es den Bewohnern frei, die Lüftungsanlage im Sommer abzuschalten. Daher wurde auch kein Bypass für den Erdwärmetauscher vorgesehen. Im Lüftungsgerät wird der Wärmetauscher durch Umschalten einer Bypassklappe umgangen, wenn die aus dem Erdwärmetauscher austretende Frischluft einen etwa zwischen 15 und 18 °C einstellbaren Wert überschreitet. Damit ist sichergestellt, dass bei hohen Außenlufttemperaturen (> 25 °C) die Bypassfunktion aktiviert und eine unerwünschte Aufwärmung der Zuluft verhindert wird.

4.1 Zu-, Abluft, Überströmzonen

Die sechs Zuluftzonen bilden vier Schlaf- und Kinderzimmer im Obergeschoss sowie der Wohnbereich mit einem Teil der Essküche im Erdgeschoss. Die Vorräume in den beiden Geschossen stellen die Überströmzonen dar. Als Abluftzonen dienen Küche, WC und Abstellraum im Erdgeschoss bzw. WC, Bad und Abstellraum im Obergeschoss. Für die Luftführung wurden Schächte, Leichtbauinnenwände, unechte Türstürze und in Bad, Abstellräumen und WC's abgehängte Decken verwendet. Sowohl auf Zuluft- wie auf Abluftseite wurden möglichst kurze Wege gewählt und Lüftungsöffnungen teilweise direkt in die Schächte eingeschnitten. Die Einbringung der vorgewärmten Frischluft erfolgt über Weitwurfdüsen an den Wänden, die überwiegend in Deckennähe angeordnet sind. Um die Überströmung bei den Türen sicherzustellen, wurden unter den Türblättern etwa 1 cm hohe Schlitze freigelassen. Für die Absaugung der verbrauchten Luft wurden konventionelle, runde Tellerventile ohne Filter im oberen Wandbereich eingebaut.

Die Lüftungsleitungen im Keller wurden mit 5 cm Steinwolle - außen mit Alu-Folie umhüllt – wärmegeämmt. In den Installationsschächten wurde der verbleibende Hohlraum mit Zellulosedämmung ausgeblasen.

Beim Lüftungsgerät sind zwei zentrale Schalldämpfer im Zu- und Abluftstrang eingebaut. Zur Unterdrückung der Telefonieschallübertragung wurden in den vier Zuluftstichleitungen ins Obergeschoss jeweils ein Schalldämpfer montiert. Dafür wurden flexible Rohrschalldämpfer mit den jeweils passenden Nennweiten eingesetzt. Nachträglich wurde beim Abluftventil in der Küche ein Einschubschalldämpfer aus Schaumstoff ergänzt.

4.2 Angaben zu den technischen Parametern

Vom Ingenieurbüro Hofbauer, Wien wurde eine Liste von Vorgaben für das Lüftungssystem erstellt. Anschließend wurde die komplette Lüftungsanlage von der Fa. Lüftung Schmidt, Krems im Detail geplant und im Passivhaus Horn eingebaut.

4.2.1 Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals

Die Luftverteilung im Keller erfolgt über Wickelfalzrohre mit Nennweite DN 200, die sich in zwei Schächten auf Nennweite DN 160 verjüngen. Die Stichleitungen zu den Lüftungsöffnungen wurden in Nennweite DN 125 ausgeführt.

4.2.2 Auslegungsluftvolumenströme

Die Auslegung der Luftvolumenströme wurde für den dreistufigen Betrieb folgendermaßen vorgenommen:

Stufe 1: 95 m³/h
Stufe 2: 150 m³/h
Stufe 3: 220 m³/h

4.2.3 Druckverluste

Die gemessenen, maximalen Druckverluste für die gesamten Verteilleitungen im Haus (ohne Lüftungsgerät und Erdwärmetauscher) betragen sowohl auf der Zuluft- wie auch auf der Abluftseite 45 bis 50 Pa.

4.2.4 Filter

Bei der Ansaugöffnung für die Erdreichvorwärmung wurde ein großzügig dimensionierter Taschenfilter (Filterklasse F6) eingesetzt. Zwei weitere Filter der Klasse G3 sind im Lüftungsgerät auf der Frischluft- und Abluftseite eingebaut.

4.2.5 Zuluftventile

Die vorgewärmte Frischluft wird über Weitwurfdüsen an den Wänden, die überwiegend in Deckennähe angeordnet sind, in die Räume eingeblasen.

4.2.6 Abluftventile

Für die Abluft werden konventionelle, runde Tellerventile ohne Filter im oberen Wandbereich eingesetzt.

4.3 Beschreibung des Wärmetauschers

Der Wärmetauscher der Fa. REWA, Type GSBE 120-35 arbeitet nach dem Gegenstromprinzip, ist aus selbstdistanzierenden Aluminiumplatten aufgebaut. Ein besonders vorteilhaftes Merkmal des Gerätes stellt die kontinuierliche, elektronisch gesteuerte Angleichung der Zuluft- und Abluftvolumina dar. Dadurch kommt es praktisch zu keinen Verlusten aufgrund von Verschiebungen in der Luftmengenbilanz.

Technische Daten des Wärmetauschers:

Luftmenge:	90 – 300 m ³ /h
Abmessungen:	L x H x T: 1700 x 700 x 305 mm
Plattenmaterial:	Aluminium
Plattenstärke:	0,2 mm
Kanalanschlüsse:	DN 160
Rückwärmezahl:	> 80 %
Leckagerate:	< 0,5 % der Nennluftmenge

4.4 Regelmöglichkeiten

Die Luftmengen sind vom Nutzer über einen dreistufigen Schalter im Vorraum vorwählbar. Ebenso können die Bewohner die gewünschte Raumlufttemperatur über einen Thermostat im Wohnzimmer vorgeben. In der Praxis hat sich gezeigt, dass der Betrieb der Lüftungsanlage auf der niedrigsten Stufe zu fast immer zufriedenstellenden Ergebnissen geführt hat.

4.5 Beschreibung des Erdreichwärmetauschers

Am südlichen Rand des Gartens, etwa 25 m vom Haus entfernt, befindet sich das Lufteinlassgehäuse für den Erdreichwärmetauscher. Es wurde in verzinktem Stahlblech mit seitlichen Regenschutzlamellen ausgeführt. Über einen Taschenfilter (Filterklasse F 6) wird die Frischluft über zwei nahtlose Kunststoffrohre aus schwarzem PE (Polyäthylen) DN 160 im Gefälle zum Keller geleitet und in den Plattenwärmetauscher eingebunden. Für eventuell anfallendes Kondensat wurde beim Eintritt der Lüftungsrohre in den Keller ein Ablauf in einen Kanal vorgesehen.

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].

5.1 Heizwärmeverteilung

Die Heizwärme wird im Haus über ein konventionelles, wärmegeprägtes Zweirohr-Heizungsnetz verteilt. Das Lüftungsgerät befindet sich unmittelbar neben dem Pufferspeicher im Technikraum, der wiederum im Keller unter der Essküche angeordnet ist. Damit kann das Nachheizregister auf kürzestem Weg mit Heizwärme versorgt werden. Die zusätzlichen Wandheizflächen im Wohnbereich und im Bad werden über zwei Schächte, in denen auch die Luftkanäle geführt werden, angefahren.

5.2 Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung

Die gesamte für das Haus erforderliche Wärme wird einerseits von einem Pelletsofen im Keller und andererseits von Sonnenkollektoren am Dach bereitgestellt. Der Pelletsofen der Fa. Ökofen mit 3-10 kW Heizleistung versorgt einen Pufferspeicher (800 l) mit innenliegendem Trinkwarmwasserspeicher (200 l), wobei die Wärme vorzugsweise in das obere Drittel des Speichers eingespeist wird. Im unteren Bereich des Speichers ist ein innenliegender Rohrwärmetauscher angeordnet, der vom 10 m^2 großen Kollektorfeld beschickt wird.

Der Pufferspeicher wurde im Technikraum ohne Wärmedämmung in Wandnähe aufgestellt und anschließend auf drei Seiten mit OSB-Platten raumhoch umbaut. Der Zwischenraum wurde mit Zelluloseflocken mit einer Mindestdämmstärke von 15 cm ausgeblasen.

Im Keller sind die wärmeleitenden Leitungen mit 3 cm Mineralwolle WLG 0,04 - außen mit Alu-Folie umhüllt – gedämmt. Innerhalb der thermischen Gebäudehülle sind die wärmeleitenden Leitungen mit 1 cm Mineralwolle WLG 0,04 gedämmt, wobei die Hohlräume in den Schächten zusätzlich mit Zelluloseflocken ausgeblasen wurden.

Da es sich um besonders kurze Leitungen handelt, die noch dazu überwiegend in den Schächten verlaufen, wurde dies vom planenden Ingenieur als ausreichend erachtet.

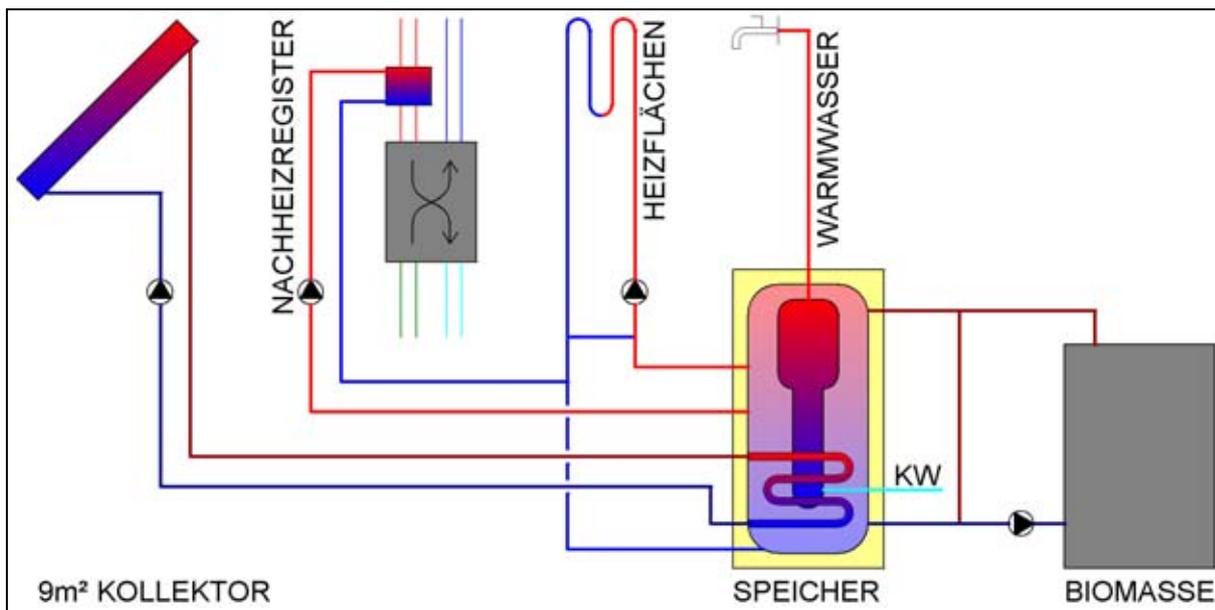


Abbildung 27: Haustechnik-Schema

6 Konzept der Warmwasserversorgung

6.1 Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung

Wie bereits unter Punkt 4.2 erwähnt wird das Warmwasser über einen im Pufferspeicher eingebauten Warmwasserspeicher mit 200 l Inhalt bereitgestellt. Als Energieträger für die Warmwasserbereitung stehen Holzpellets bzw. die Sonne zur Verfügung. Die Warmwasserverteilung im Haus erfolgt über außergewöhnlich kurze, wärmegeämmte Stichleitungen, da alle Sanitäräume und die Küche unmittelbar über dem Technikraum liegen.

6.2 Auslegungsdaten

Für die Auslegung des Warmwasserspeichers wurde ein Tagesbedarf von 50 Liter pro Person zugrunde gelegt, was bei einem Vier-Personen-Haushalt einen Gesamtwert von 200 l pro Tag ergibt.

6.3 Beschreibung der Solaranlage

Die Solaranlage besteht aus einem 10 m² großen, südorientierten Kollektorfeld, das mit etwa 20° Neigung ins Dach integriert wurde, und dem schon erwähnten 1.000 l - Pufferspeicher im Keller. Bei den Sonnenkollektoren handelt es sich um einen kostengünstigen Selbstbausatz der Fa. Haglage/Rohrau, NÖ mit einem Absorber aus schwarzchrombeschichteten Kupferstreifen. Die aus der Sonnenstrahlung gewonnene Wärme wird über einen Rohrwärmetauscher, der sich in der unteren Hälfte des Pufferspeichers innen befindet, übertragen. Geregelt wird die Solaranlage mit einem handelsüblichen Regelgerät (UVR 64 - Technischen Alternative).

6.4 Besonderheiten

Die Pelletsheizung schaltet sich nur dann ein, wenn sich das obere Drittel des Pufferspeichers unter einen einstellbaren Mindestwert abkühlt. Anschließend wird die obere Hälfte des Speichers nachgeladen und über eine Restenergienutzung (Umschaltventil im Vorlauf zwischen Pelletskessel und Pufferspeicher) der untere Teil des Pufferspeichers nachgewärmt und der Kessel auf rund 35°C abgekühlt um die Stillstandsverluste zu minimieren.

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/Erwerberrn/Bewohnern überlassen. Ausnahme ist das Projekt in Kuchl. Dort wurden die Wohnungen vom Errichter mit Haushaltsgeräten der Effizienzklasse A ausgestattet.

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 Angaben auf die einheitlich ermittelte Energiebezugsfläche (TFA) bezogen.

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

CEPHEUS		11: Horn Austria	CEPHEUS gesamt
Anzahl der Wohneinheiten (WE)		1	223
Energiebezugsfläche (TFA)	[m ²]	173	19.674
TFA / WE	[m ²]	173	88
Bauwerkskosten (inkl. Kosten f. Energieeffizienz + ern. Energie)	[€]	225.286	20.210.704
	%	100%	100%
Bauwerkskosten / m ²	[€/m ²]	1.304	1.184
Bauwerkskosten / WE	[€/WE]	225.286	110.441
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.) und erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	28.342	1.908.352
	%	13%	9%
Investitionskosten. f. Energieeffizienz u. ern. Energie / m ²	[€/m ²]	164	97
Investitionskosten f. Energieeffizienz u. ern. Energie / WE	[€/WE]	28.342	8.558
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.)	[€]	keine Angaben aber vorhanden	1.715.705
	%		8%
Investitionskosten. f. Energieeffizienz / m ²	[€/m ²]		87
Investitionskosten f. Energieeffizienz / WE	[€/WE]		7.694
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]		196.996
	%		1%
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / m ²	[€/m ²]		10
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / WE	[€/WE]		883

Tabelle 4: Kostenzusammenstellung

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

Die Energiebezugsfläche pro Wohneinheit ist bei weitem die größte der CEPHEUS – Projekte. Die angeführten Kosten basieren auf Angaben des Bauträgers. Es wurden die Summe der Bauwerkskosten und drei Positionen - die Passivhausfenster, erhöhte Dämmung und verbesserte Wärmebrückenfreiheit - als „Investitionskosten für Energieeffizienz und erneuerbare Energie“ genannt. Die Errichtungskosten für die Lüftungsanlage wurden durch den Entfall der Heizungsanlage kompensiert und deshalb nicht angeführt.

Da der Bauträger zugleich errichtender Generalunternehmer war, wurde keine Bauabrechnung nach ÖNORM1800-1 gemacht. Die interne Kalkulation konnte nicht eingesehen werden.

Die angegebenen Investitionskosten für Energieeffizienz und erneuerbare Energie bewegen sich mit 13% deutlich über dem CEPHEUS – Durchschnitt mit 9%. Dies könnte in der Ungenauigkeit der Kostenangaben begründet sein.

Die etwas über dem Durchschnitt der CEPHEUS – Projekte liegenden Bauwerkskosten pro m² werden durch den gehobenen Ausstattungsstandard verursacht.

9 Beschreibung des Bauablaufs

9.1 Zeitliche Daten

Planungsbeginn: Ende 1998
 Baubeginn: April 1999
 Bezug: Herbst

9.2 Beteiligte und Organisation des Bauablaufs

Bauherr:	Fam. Springer	Horn
Architekten:	Treberspurg & Partner	Wien
Bauphysik & Passivhausberatung:	Ingenieurbüro Wilhelm Hofbauer	Wien
Bauausführung:	Fa. Buhl GmbH	Gars am Kamp
Baumanagement:	Josef Seidl, Fa. Buhl GmbH	Gars am Kamp
Lüftungstechnik:	Fa. Lüftung Schmid	Krems

Durch das relativ gut überschaubare Einfamilienhausprojekt und die hohe Qualifikation nahezu aller Beteiligten war die Organisation des Bauablaufs relativ einfach. Das Baumanagement wurde von der Fa. Buhl, Josef Seidl durchgeführt. Die ersten Qualitätskontrollen bei der Bauausführung wurden durch das Baumanagement durchgeführt. Weitere Baustellenbesuche von Mitarbeitern des Architekturbüros und der Konsulenten sowie die durchgeführten Untersuchungen (Thermografie, n50-Drucktest, usw.) ergänzten die Qualitätssicherungsmaßnahmen.

9.3 Baudurchführung im Detail

Zum Zeitpunkt der Planung war die Auswahl an Passivhausfenstern mit einem Gesamtfenster U-Wert $<0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ noch sehr gering, auf dem österreichischem Fenstermarkt überhaupt nicht erhältlich. Daher wurden konventionelle Vollholzfenster Rahmen – soweit bauphysikalisch möglich – verbessert, produziert und eingebaut. Im Vergleich zu den mittlerweile erhältlichen Passivhausfenstern ist das Preis-/Leistungsverhältnis nicht optimal.

Bei der Bauausführung hat sich weiters herausgestellt, dass die in der Außenwandkonstruktion verwendeten Holzwolleleichtbauplatten als Putzträger aufwendig zu verarbeiten waren und in Zukunft durch andere Baustoffe ersetzt werden sollen.

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

Das beteiligte Architekturbüro und die Konsulenten brachten auf Grund ihrer langjährigen Praxis im Niedrigenergiehausbau beste Voraussetzungen für die Umsetzung des Passivhauskonzeptes mit und hatten sich bereits im Vorfeld des Projektes intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt.

Die Vorbereitung auf das Passivhaus-Bauvorhaben in Form einer internen MitarbeiterInnenqualifikation hat sich bewährt. Auf Grund dieser firmeninternen Weiterbildung war sowohl bei der ausführenden Baufirma, als auch bei der Lüftungsfirma ein hoher Wissensstand über Passivhaustechnologien vorhanden.

Wie die Ergebnisse der Qualitätssicherung zeigten, waren auch keine gravierenden Fehler in Planung und Ausführung gemacht worden.

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/m²
- 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.

Projektspezifische Eingabedaten und wichtige Annahmen für die PHPP-Berechnungen:

- Energiebezugsfläche 172,8 m²
- Außentemperaturen: regionale Klimadaten mit 86 kWh/a
- Solarstrahlung: orientierungsabhängige Werte für den Berechnungszeitraum von 225 Tagen aus langjährigen Mittelwerten für Horn [Krec] berechnet
- Luftdichtheit: gemessener Wert n₅₀ von 0,63 LW/h für die Berechnung
- Wärmebereitstellungsgrad WRG: 80%
- Wärmebereitstellungsgrad EWT: 33%
- Mittlerer Luftwechsel: projektspezifisch ermittelt zu 140 m³/h, entsprechend 0,32 LW/h

Der berechnete spezifische Heizwärmebedarf liegt bei 16,2 kWh/(m²a). Der Passivhausgrenzwert von 15 kWh/(m²a) wird damit knapp verfehlt. Eine Ursache für den im Vergleich zu den anderen CEPHEUS-Projekten hohen Wert ist der Gebäudetyp: als relativ kleines, freistehendes Einfamilienhaus hat das Projekt in Horn ein weit schlechteres A/V-Verhältnis als die übrigen Projekte. Die maximale Heizlast liegt im Mittel des Hauses bei 12,3 W/m², der Passivhausgrenzwert von 10 W/m² wird verfehlt.

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

Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Österreich
 Objekt: CEPHEUS-Austria Nr. 9
 Standort: Buhl Treberspurg Fertigteile-Passivhaus
 Gebäudetyp/Nutzung: Einfamilienhaus
 Energiebezugsfläche A_{EB}: 172,8 m²
 Standard-Personenbelegung: 4 Pers

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor ξ	G _T kWh/a	=	kWh/a
1 Außenwand massiv	170,9	0,097	1,0	86	=	1425
2 Außenwand m. hinterl.	34,3	0,102	1,0	86	=	301
3 Außenwand l. hinterl.	21,8	0,098	1,0	86	=	184
4 Außenwand leicht	27,0	0,093	1,0	86	=	216
5 Dach	135,2	0,085	1,0	86	=	988
6 Fußboden gegen Keller	119,1	0,129	0,5	86	=	661
7					=	
8 Fenster	51,5	0,803	1,0	86	=	3555

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe 7330 kWh/(m²a) 42,4

Lüftungsanlage:

wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
80%	172,8	2,50	=	432
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η_{WRG}	Wärmebereitstellungsgrad η_{EWT}	$n_{L,Anlage}$ 1/h	Φ_{WRG}	$n_{L,infiltr.}$ 1/h
33%	33%			
energetisch wirksamer Luftwechsel n_L 0,324 * (1 - 0,87) + 0,064 = 0,107				

Lüftungswärmeverluste Q_L V_L m³ * n_L 1/h * c_{Luft} Wh/(m³K) * G_T kWh/a = 1313 kWh/(m²a) 7,6

Summe Wärmeverluste Q_V (7330 + 1313) * ξ Nacht-/Wochenendabsenkung 1,0 = 8643 kWh/(m²a) 50,0

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a
1 Ost	0,28	0,53	3,2	196	=	93
2 Süd	0,55	0,53	34,6	347	=	3527
3 West	0,54	0,53	7,9	196	=	446
4 Nord	0,32	0,53	4,3	140	=	100
5 Horizontal	0,62	0,40	1,5	281	=	107

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe 4273 kWh/(m²a) 24,7

Interne Wärmequellen Q_I kh/d * Länge Heizzeit d/a * spezif. Leistung q_I W/m² * A_{EB} m² = 1959 kWh/(m²a) 11,3

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = 6232 kWh/(m²a) 36,1

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,721

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = 0,937 kWh/(m²a) 33,8

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = 5838 kWh/(m²a) 33,8

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = 2805 kWh/(m²a) 16,2

Abbildung 28: 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].

Bei diesem Projekt in Horn wurden keine detaillierte Wärmebrückenberechnungen durchgeführt, weil der Architekt DI Martin Treberspurg über langjährige Erfahrung im wärmebrückenfreien Bauen verfügt und außerdem alle Konstruktionsdetails entsprechend den Passivhaus-Empfehlungen geplant und ausgeführt 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 $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Für das Einfamilienhaus in Horn wurde am 14. 3. 2000 vom Ing. Büro Gleixner eine n_{50} -Luftdurchlässigkeitsmessung durchgeführt. Die Messung wurde mit einem Gerät der Marke Blower-Door Infiltek, Typ E-3 durchgeführt. Der Ergebniswert aus einer Unter- und Überdruckmessung betrug nach der Ausbesserung von festgestellten Leckagen $n_{50} = 0,613 \text{ h}^{-1}$ womit der Passivhausgrenzwert leicht überschritten wurde. Im Messbericht sind keine Leckageorte aufgelistet.

10.4 Ergebnisse der Infrarotaufnahmen

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

Die Thermografischen Aufnahmen des Projekts in Horn wurden am 26.02.2001 von DI Gerald Rücker mit einer ThermaCam PM575 PAL von FLIR durchgeführt. Die umfangreichen Ergebnisse sind in [Rücker] dokumentiert, es wurden sowohl Außen-, als auch Innenthermographien durchgeführt. Der beratende Fachplaner DI W. Hofbauer war während der Aufnahmen anwesend, um aufgrund seiner Kenntnisse des Bauwerkes die kritischen Stellen aufzufinden.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 21:52:27 Dateiname B0226-46.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 -0,4°C SP02 -2,3°C SP03 1,7°C SP04 -4,2°C</p>

Abbildung 29: Außenaufnahme, Nordfassade mit Eingangsbereich

Die erhöhte Temperatur der Oberfläche der Außenwand unter dem Vordach beruht auf den geringeren Abstrahlungsverlusten gegen den freien Himmel. An der Aussenwand selbst sind keine Wärmebrücken zu erkennen. Die Oberflächentemperaturen sind sehr homogen.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 21:54:00 Dateiname B0226-47.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 -1,5°C SP02 -3,8°C</p>

Abbildung 30: Außenaufnahme, Ausschnitt Ostfassade

Die ostseitige Giebelfassade zeigt ebenfalls ein durchgehend homogenes Bild. Die Qualität der hochwärmegedämmte Fassade zeigt sich in den tiefen und gleichmäßigen Oberflächentemperaturen der Außenwand.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 21:55:23 Dateiname B0226-51.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 5,5°C SP02 2,8°C SP03 1,4°C</p>

Abbildung 31: Außenaufnahme Eingangstüre, oberer Bereich

Die Temperatur des Glases der Türe ist um 1,4K höher als die daneben gemessene Oberflächentemperatur der Außenwand, wodurch die hohe thermische Qualität der Verglasung belegt ist. Der Rand zwischen Glas und Rahmen hat, verursacht durch den Glasrandverbund, eine um ca. 2K höhere Temperatur als das Glas, was die hohe thermische Qualität des Glasrandverbundes zeigt. Die erhöhten Temperaturen rund um den Türflügelrahmen zeigen eine Undichtheit an.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 21:57:34 Dateiname B0226-56.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 -2,6°C SP02 0,9°C SP03 1,6°C</p>

Abbildung 32: Außenaufnahme, Südfassade Erdgeschoss

Hinweis: Unter dem Balkon sind die Oberflächentemperaturen der Außenwand wegen der geringeren Abstrahlung zum freien Himmel höher als im Obergeschoss. Außerdem ist im Obergeschoss eine hinterlüftete Holzfassade, sodass diese beiden unterschiedlichen Oberflächentemperaturen keinen qualitativen thermischen Unterschied sichtbar machen. Leicht sichtbar sind die Stegträger der verputzten Holzwand. Man sieht damit die höhere Wärmeleitung von Holz gegenüber dem gedämmten Gefach daneben.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 22:00:52 Dateiname B0226-60.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 0,8°C SP02 0,6°C</p>

Abbildung 33: Außenaufnahme, Südfassade Erdgeschoss, linke Terrassentür mit Fixverglasung

Deutlich sichtbar ist die höhere Wärmeleitung des thermisch getrennten Glasrandverbundes. Ein konventioneller Glasrandverbund wäre um mehrere Grad wärmer.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 22:02:31 Dateiname B0226-62.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 7,2°C SP02 0,7°C</p>

Abbildung 34: Außenaufnahme, Südfassade Erdgeschoss, linke Terrassentür unten

Die thermische Qualität der Holzrahmen (SP02) zeigt sich durch die Oberflächentemperatur von 0,7 °C. Der gemessene Wert von 7,2 °C am Fußpunkt der Fenstertür (SP01) weist auf eine undichte bzw. schlecht gedämmte Stelle hin. Sowohl in der Thermografie- wie auch in der Echtfarbenaufnahme ist zu erkennen (AR01), dass dort ein Stück der Kokoswärmedämmung, die zwischen dem Holzstock und dem Mauerwerk eingebracht wurde, heraushängt. Außerdem fehlt auf der gesamten Länge der Verglasungen unten noch ein Abschlussblech.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 22:08:23 Dateiname B0226-66.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 2,0°C SP02 0,2°C</p>

Abbildung 35: Außenaufnahme, Westfassade Erdgeschoss, Terrassentür unten

Die Oberflächentemperatur des Holzrahmens (SP02) liegt mit 0,2 °C wieder relativ tief. Im Sockel unter der Fixverglasung (SP01) ist auf Grund der fehlenden Abdeckung noch eine Wärmebrücke erkennbar.

<p>IR-Daten Wert Erstellungsdatum 26.2.2001 Erstellungszeit 22:25:44 Dateiname B0226-70.img Objekt-Parameter Wert Emissionsgrad 0,98</p>	<p>Bezeichnung Wert SP01 18,0°C SP02 21,2°C SP03 15,9°C</p>

Abbildung 36: Innenaufnahme, Südfassade, Ecke Terrassentür

Die Wandoberflächentemperatur ist mit 21,2°C hoch. Beim Beschlag in der Ecke (SP01) fällt die Temperatur durch die schon in Abbildung 16 beschriebene Wärmebrücke auf 18,0 °C ab. Bemerkenswert tief sinkt die Temperatur im Glasrandbereich (SP03) mit 15,9 °C. Hauptgrund dafür sind die Edelstahl-Abstandhalter der 3-fach Wärmeschutzverglasung.

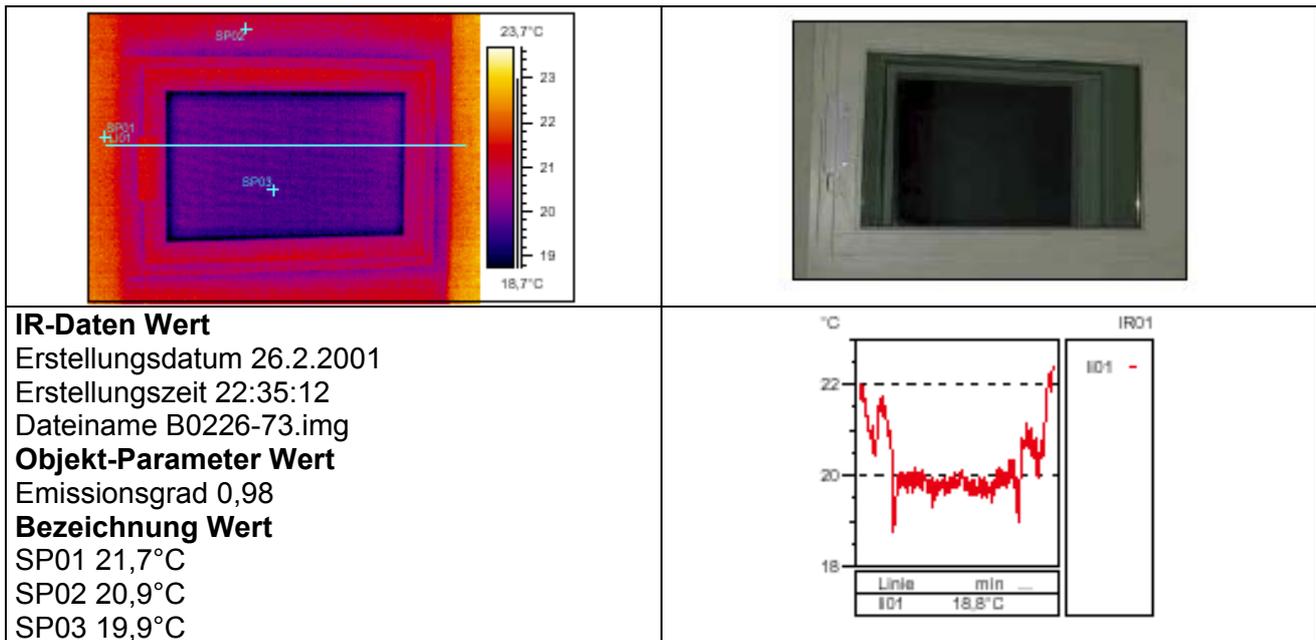


Abbildung 37: Innenaufnahme, Dachflächenfenster

Wie die hohen Oberflächentemperaturen unter anderem auch in der Verglasung zeigen, wurde mit dem Dachflächenfenster in Kastenausführung eine außerordentlich hohe thermische Qualität erreicht. Dies wird auch durch das Temperaturprofil LIO1 dokumentiert, das vergleichsweise geringe Temperaturabfälle im Fensterfals und Glasrand wiedergibt.

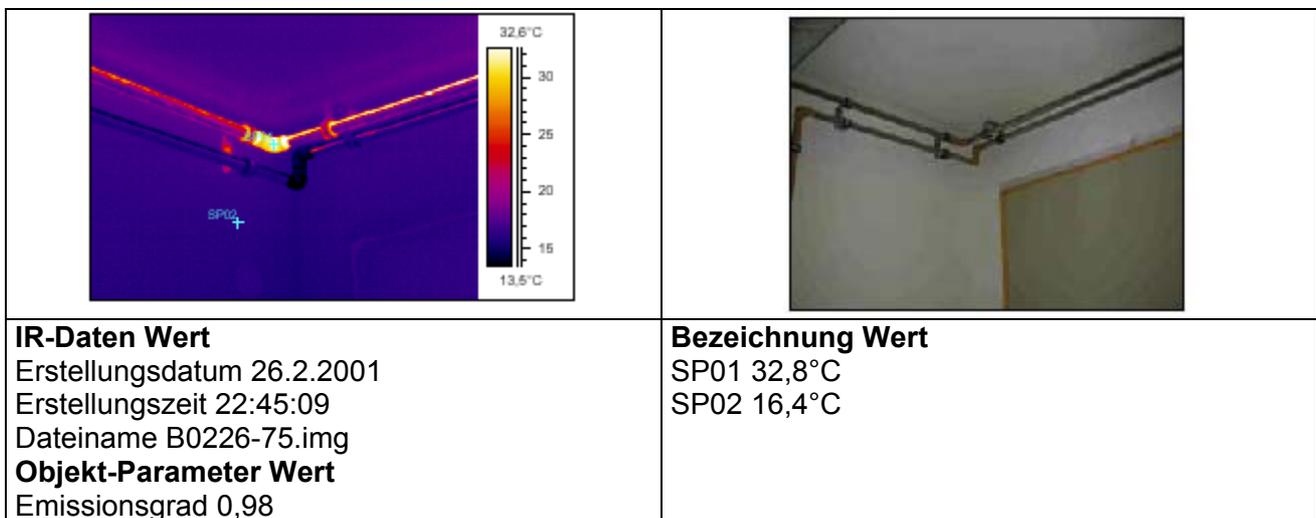


Abbildung 38: Innenaufnahme, ungedämmte Heizungsrohre im Keller

Die Kellerlufttemperatur betrug etwa 17°C, die Wandoberflächentemperatur (SP02) lag bei 16,4°C. Bei einem ungedämmten Heizungsrohr (SP01) wurde eine Temperatur von mehr als 32°C festgehalten.

10.5 Ergebnisse der Luftmengenmessungen

Auf Stufe 2 der Lüftungsanlage wurden bei allen Lüftungsöffnungen die Luftmengen gemessen und jeweils eine Summe für Zu- und Abluft gebildet. Das Ergebnis zeigte abgesehen von geringfügigen Messungenauigkeiten eine ausgezeichnete Übereinstimmung zwischen Zu- und Abluftmengen. Durch diese Messungen konnte also die Wirksamkeit des elektronischen Abgleichs der Luftmengen im Lüftungsgerät nachgewiesen werden.

11 Angaben zu Erwerberr/Bauherren bzw. Mietern

Die Eigentümer und Bewohner des freistehenden Eigenheimes sind ein Ehepaar mit 2 Kindern.

11.1 Durchgeführte Einweisungen

Die Eigentümer war sowohl während der Planung, als auch in der Umsetzung des Projekts bei wichtigen Entscheidungen miteingebunden. Sie wurden laufend über Eigenschaften und Besonderheiten von Passivhäusern informiert. Weiters brachte der Bauherr als Bauingenieur und Mitarbeiter der ausführenden Baufirma ein profundes Basiswissen des Bauwesens mit.

Die CEPHEUS-Liste über passivhaustaugliche Elektrogeräte sowie weitere Literatur über das Passivhaus wurde der Familie übergeben.

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 vorausberechneten 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 vorausberechneten 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 (November bis März) beträgt bei der gemessenen mittleren Raumlufttemperatur von 19,7°C 27,9 kWh/m².

Der auf Basis der Messungen auf das gesamte Jahr hochgerechnete und standardisierte Jahresheizwärmeverbrauch bei Innenlufttemperaturen von 20°C liegt bei 29,0 kWh/(m²a) und damit deutlich über dem Berechnungsergebnis von 16,2 kWh/(m²a). Die Einsparung gegenüber identischen Gebäuden nach Bautechnikverordnung beträgt dennoch 80%.

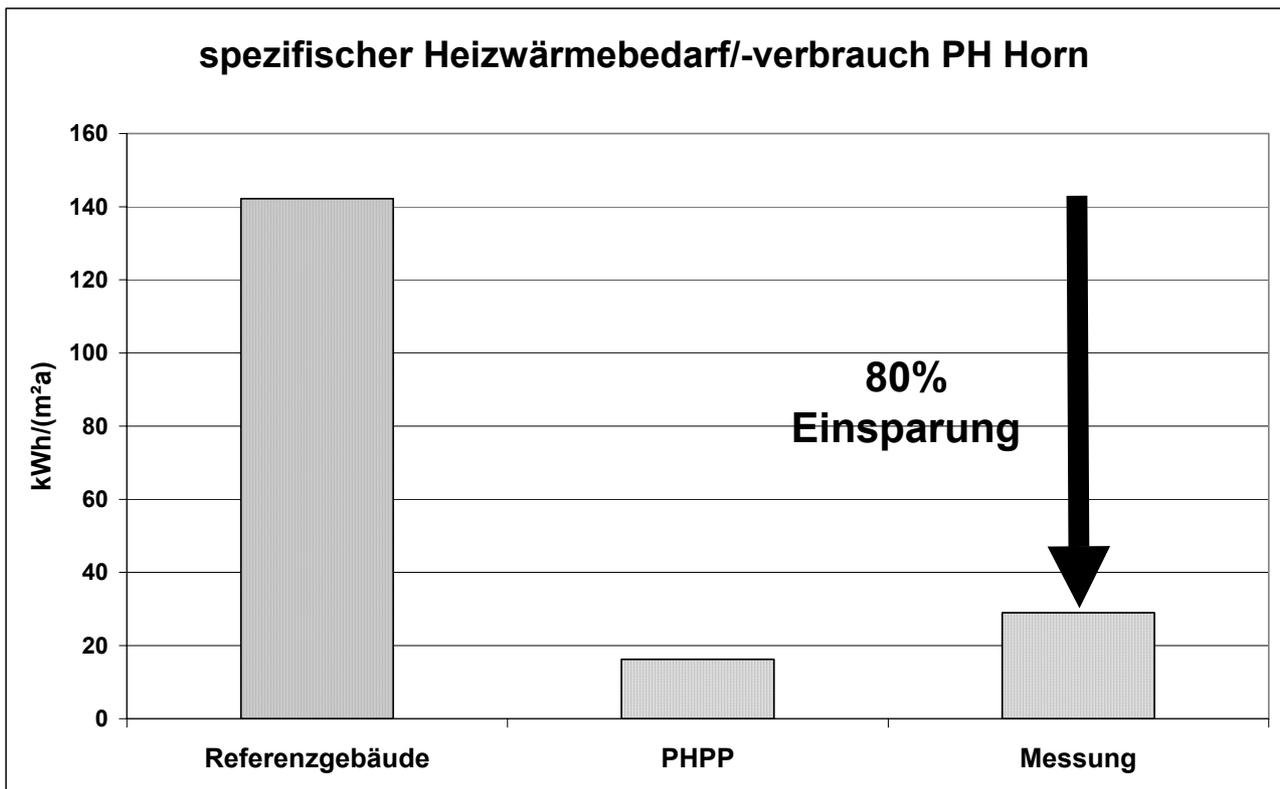


Abbildung 39: Jahresheizwärmeverbrauch berechnet und gemessen im Vergleich zu einem herkömmlichen Gebäude

Nutzwärmeverbrauch Warmwasser

Der aus den Messwerten ermittelte Jahres-Nutzwärmeverbrauch Warmwasser beträgt 32,2 kWh/(m²a).

Die gemessene Warmwasserverbrauchs-Menge liegt bei knapp 74 Litern pro Person und Tag.

Endenergieverbrauch Heizung

Der gemessene Endenergieverbrauch für die Gebäudebeheizung während der Messperiode (Okt-Mar) beträgt 32,8 kWh/m², der rechnerisch ermittelte Wert für das gesamte Jahr beträgt (ohne Korrektur der mittleren Innenraumtemperatur) 32,8 kWh/(m²a).

Endenergieverbrauch Warmwasser

Der gemessene Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung während der Messperiode beträgt 18,9 kWh/m². Der von der Messperiode auf das gesamte Jahr hochgerechnete Verbrauch beträgt 22,8 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 13,2 kWh/m². Der Anteil des Haushaltsstrombedarfs beträgt 9,7 kWh/(m²). Der hochgerechnete Jahresstromverbrauch beträgt 26,4 kWh/(m²a).

Der Verbrauch pro Wohneinheit liegt mit 4.648 kWh/a über dem österreichweiten Durchschnittswert für Einfamilienhäuser.

Primärenergieverbräuche

Der aus den Messwerten ermittelte Primärenergiekennwert für Heizung, Warmwasser und alle Stromanwendungen beträgt 71,5 kWh/(m²a). Der Passivhaus-Grenzwert von 120 kWh/(m²a) wird damit um mehr als 50% unterschritten. Gegenüber architektonisch identischen Neubauten nach Bautechnikverordnung beträgt die Einsparung 70%.

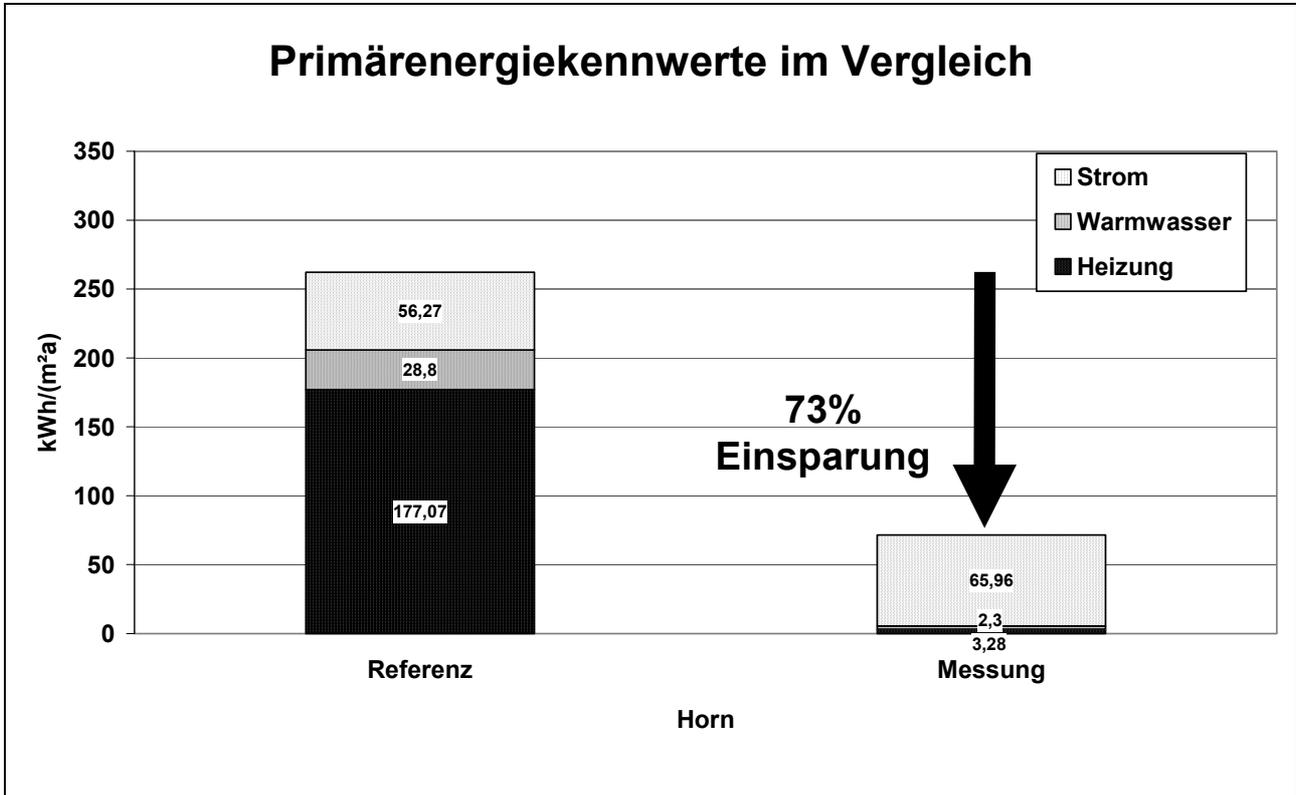


Abbildung 40: Primärenergie nach Bautechnikverordnung und Messwert

12.2 Thermischer Komfort

Mittlere Raumlufthtemperatur

Die mittlere Raumlufthtemperatur in den Wohnzimmern aller Wohnungen betrug in der Periode von November bis März 19,7°C. Auch am kältesten Tag lag die mittlere Raumtemperatur mit 20,5°C im Bereich der Rechenannahme von 20°C, die Mitteltemperatur am wärmsten Tag (Nov-Mar) lag bei 20,4°C. Abbildung 41 zeigt den Verlauf der mittleren Raumlufthtemperaturen in den Wohnzimmern (24h-Mittelwerte) während der Messperiode vom 1.10.2000 bis zum 31.3.2001

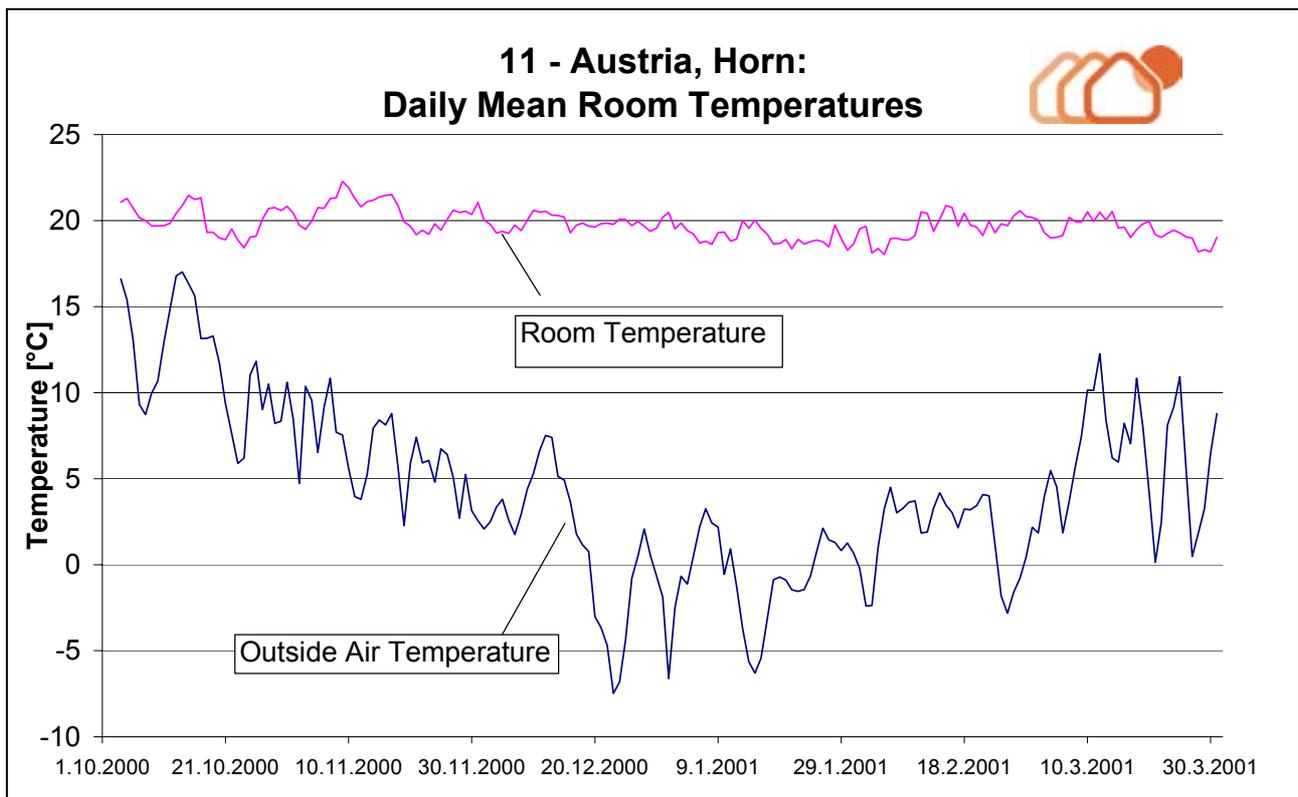


Abbildung 41: Tagesmittelwerte der Raumlufthtemperaturen

Typische strahlungsarme Winterwoche

Abbildung 42 zeigt den durchschnittlichen Temperaturverlauf aller Wohnungen am Beispiel einer typischen wolkgigen Winterwoche.

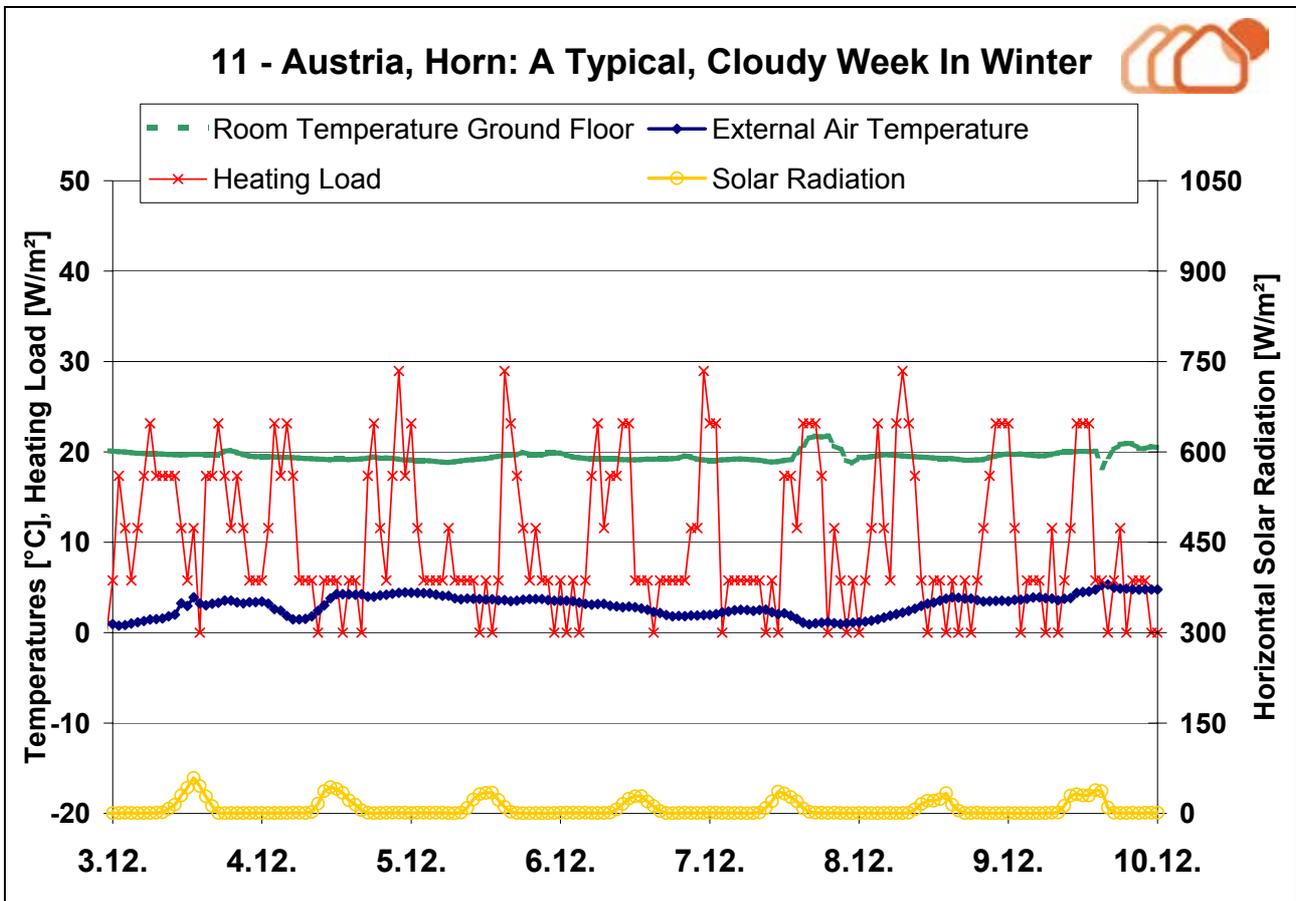


Abbildung 42: Temperaturkurve in einer typischen strahlungsarmen Winterwoche

Wie die Abbildung zeigt, ist der Einfluss der Solarstrahlung auf die Raumlufttemperaturen sehr gering.

Typische kalte und strahlungsreiche Winterwoche

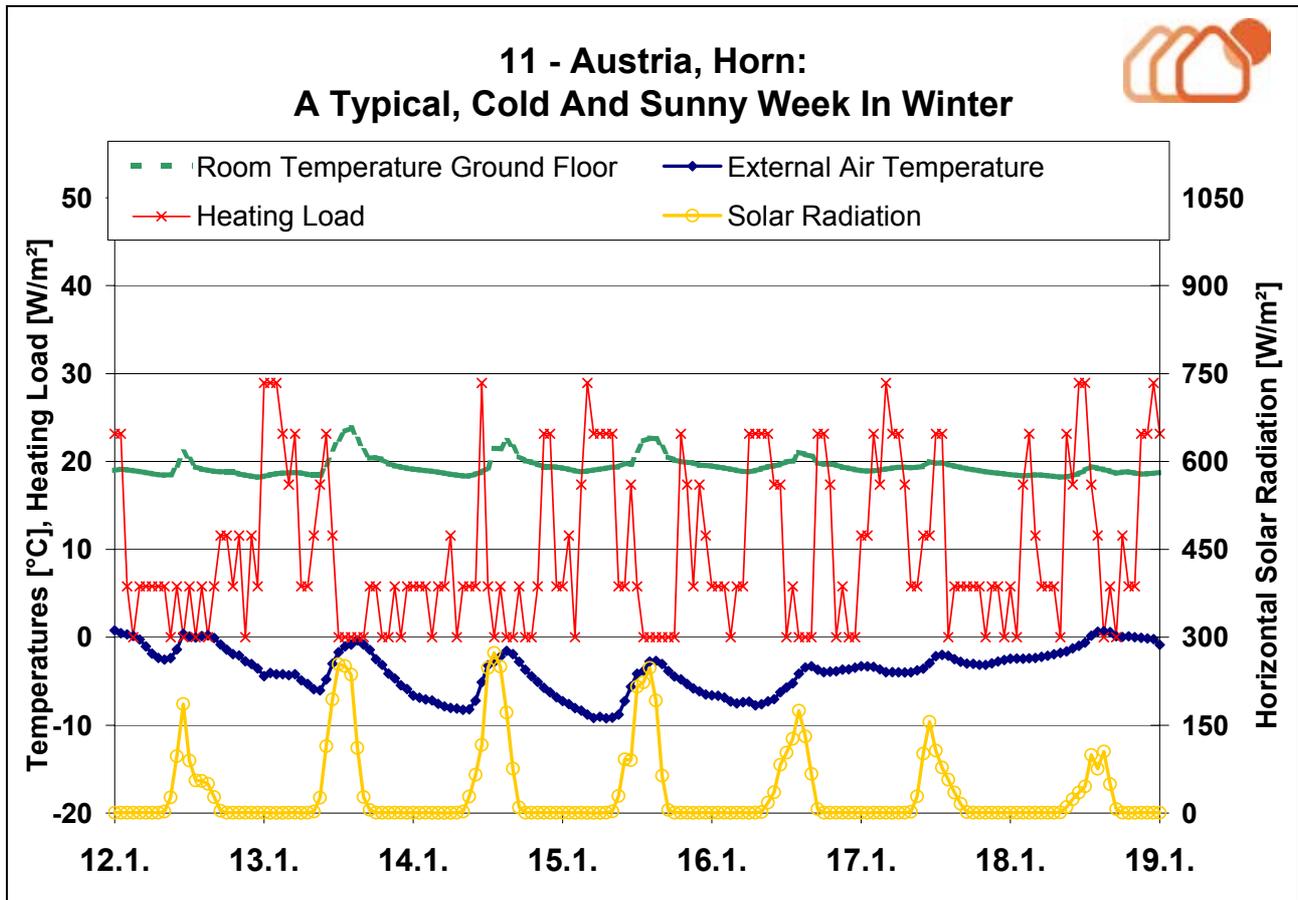


Abbildung 43: Temperaturkurve in einer typischen kalten, strahlungsreichen Winterwoche

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: 29%, Durchschnittswert der österreichischen CEPHEUS-Projekte: 27%) und im Gebäude genügend Speichermassen vorhanden sind, zeigen die Gebäude im Winter keine Überheizungsneigung.

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 44 zeigt den Verlauf der rel. Raumluftfeuchte für die Wohnung während der Messperiode von Anfang Oktober bis Ende März. Dargestellt ist auch der jeweilige Verlauf der Innenraumtemperaturen.

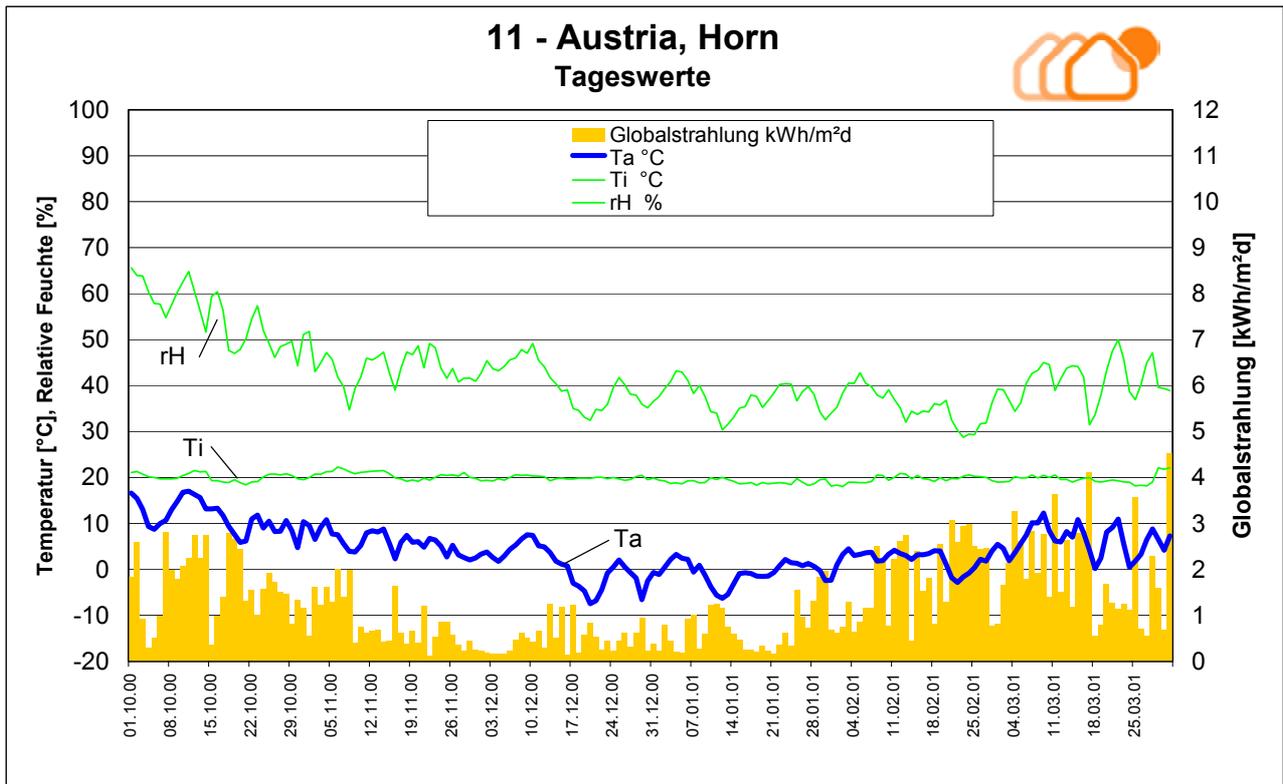


Abbildung 44: Raumlufttemperaturen und relative Luftfeuchtigkeit während der Messperiode

12.3 Heizlasten

Abbildung 45 zeigt die gemessenen 24h-Mittelwerte der Heizlast (flächengewichtet für alle 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.

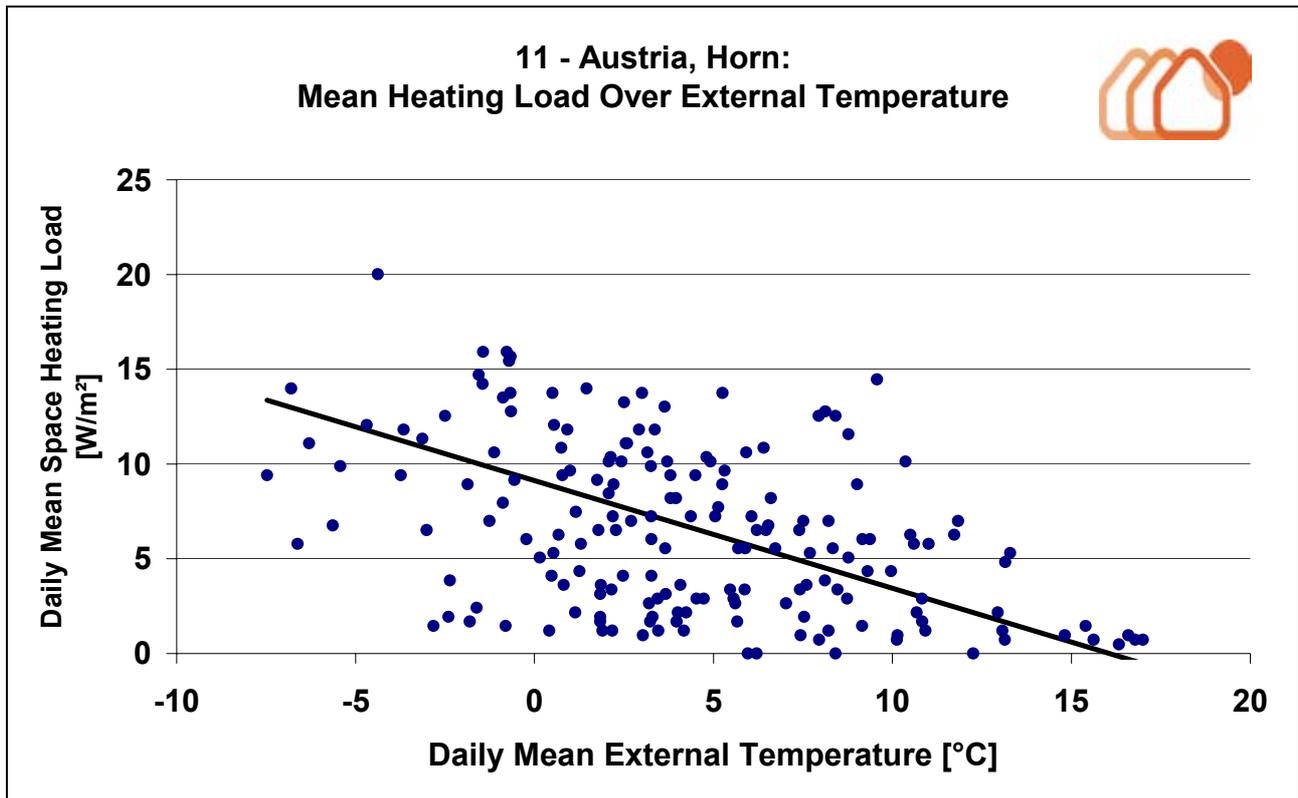


Abbildung 45: Verlauf der mittleren Heizlast

Das höchste gemessene 24-Stunden-Mittel der Heizlast liegt während der Messperiode bei $20,0 \text{ W/m}^2$. Die Ursache dieser relativ hohen gemessenen Werte konnten zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht lokalisiert werden.

13 Aktivitäten zur Informationsverbreitung

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Organisationen wurden einschlägige Informationsveranstaltungen und Besichtigungen des Passivhauses Horn durchgeführt. Weiters wurde über das Projekt in einer Reihe von Fachpublikationen berichtet.

14 Fotodokumentation



Baugrube



Errichtung der Massivwände mit dem Recyclingziegel



Montage der Holzleichtbauwände



Montage der Dachträger



Anbringung der Fassade



kurz vor Fertigstellung



Ansicht Nordost



Ansicht Südost

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	Thermographische 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@energcity.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 NÖ12 – Horn
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] 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
- [Rücker] Dipl.-Ing. Gerald Rücker
Thermografische Untersuchung eines Passivhauses
Energieversorgung Niederösterreich
26.02.2001